

ВЕСТНИК

БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

Научно-методический журнал
Издается с января 2003 г.
Периодичность издания – 4 раза в год

2023 № 3

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь журнал включен в перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным, техническим (сельскохозяйственное машиностроение) и экономическим (агропромышленный комплекс) наукам

СОДЕРЖАНИЕ

АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

Н. Н. Минина. Роль государства в повышении устойчивости деятельности сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь	5
О. А. Пашкевич. Мониторинг обеспечения сельскохозяйственных организаций кадрами: алгоритм, оценка, результаты.....	10
Н. П. Панасюга. Научные принципы государственного интервенционного регулирования аграрной сферы экономики.....	16
Е. Л. Путникова, В. А. Яцкевич. Организационно-методические положения учетного обеспечения производственных активов	21
Т. А. Тетеринец. Повышение эффективности инвестиционного обеспечения развития аграрного человеческого капитала: институциональная проекция	25
А. И. Подлипский. Рекомендации по эффективному функционированию агрохолдингов в Республике Беларусь.....	32
Н. П. Панасюга. Система экономических интервенций в агропродовольственной сфере экономики, факторы их применения, алгоритм обоснования.....	39
И. П. Лабурдова. Оценка налоговых рисков.....	47

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Т. Ф. Персикова, А. Г. Подоляк. Радиологические аспекты возврата в сельскохозяйственный оборот земель на торфяных почвах, выведенных по радиационному фактору после катастрофы на чернойбыльской АЭС .	52
Д. В. Гатальская, Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков. Оценка исходного материала люпина желтого в условиях естественного распространения антракноза и на инфекционном фоне	59
Т. В. Сачивко, В. Н. Босак. Эффективность и особенности способов размножения пряно-ароматических и эфирно-масличных культур	64
И. Р. Вильдфлуш, А. А. Кулешова. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на структуру урожая, урожайность и качество зерна яровой тритикале	70
М. А. Пастухова, Б. В. Шелюто. Базовые показатели качества консервированных травяных кормов Брестской области	75
Н. В. Степанова. Эффективность обработки семян льна-долгунца протравителями инсектицидного действия.....	80
Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик. Методические рекомендации по размножению в культуре <i>in vitro</i> сортов винограда таджикской селекции	84
С. С. Кирилкин, Б. В. Шелюто. Продуктивность эспарцета песчаного и люцерны изменчивой в зависимости от уровня минерального питания	90
И. Р. Вильдфлуш, А. А. Кулешова. Экономическая эффективность применения новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании яровой пшеницы и яровой тритикале.....	94

Д. В. Гатальская, Е. В. Равков. Оценка гибридов люпина желтого по степени доминирования, проявлению эффекта гетерозиса и трансгрессивности	98
Х. И. Бободжанова, Ш. К. Ясаулова, Н. А. Маниязова, Н. В. Кухарчик. Динамика накопления хлорофиллов в листьях винограда сорта победа в процессе культивирования <i>in vitro</i>	102
О. А. Хитрюк, В. Г. Таранухо. Формирование структуры урожайности и зерновой продуктивности сортов сои в зависимости от сроков сева в условиях северо-восточного региона Республики Беларусь	106
В. А. Рылко. Оценка эффективности новых форм комплексных удобрений и способов их внесения в посадках картофеля	111
О. А. Хитрюк, В. Г. Таранухо. Влияние сроков сева на формирование густоты стеблестоя и продолжительность вегетационного периода сортов сои в условиях северо-восточной части Республики Беларусь	116
А. В. Французенок, И. Г. Пугачева, Н. Ю. Лещина, О. Г. Бабак, А. В. Кильчевский, С. Р. Гасанов, Г. А. Гусейнзаде, З. К. Алиева. Проявление истинного гетерозиса и характер наследования признаков урожайности у гибридов томата F ₁ в открытом грунте	121
В. В. Скорина. Влияние комплексных минеральных удобрений на биометрические показатели, урожайность и качество плодов яблони	126
А. Л. Исакова. Развитие цветка черного тмина на примере сорта сунічны водар (<i>Nigella damascena L.</i>)	131
Е. В. Поух, Т. П. Кобринец, О. С. Иванова. Оценка влияния спектрального состава света на развитие растений земляники садовой (<i>Fragaria × Ananassa duch.</i>) на этапе микроразмножения в культуре <i>in vitro</i>	135
И. В. Налетов, В. С. Заяц. Активность различных форм белка мутантных образцов яровой пшеницы твёрдой <i>Triticum durum desf.</i>	139
Т. В. Мельникова. Оценка коллекционного материала озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения по морфологическим признакам	142
Е. А. Крюков, В. С. Заяц, И. В. Налетов. Индукция устойчивости растений <i>Lactuca sativa L.</i> к засолению под влиянием грибного экзогенного элиситора	147
Я. Э. Пилук, А. В. Бакановская, О. А. Пикун, А. Н. Батюкова. Оценка сортов и образцов рапса ярового на устойчивость к растрескиванию стручков	151
А. М. Пашкевич, А. И. Чайковский, Ж. А. Рупасова, К. А. Добрянская, В. С. Задаля, П. Н. Белый, Т. В. Шпитальная, Ю. В. Трофимов, Т. М. Карбанович. Влияние спектрального состава светодиодного освещения на Р-витаминный комплекс микрорезелени капусты белокачанной и гороха овощного	156
А. А. Козловский. Изучение коллекционного материала люпина узколистного по темпу начального роста. Методика отбора высокопродуктивных растений	162
Г. В. Седукова, Н. В. Крестова, С. А. Исаченко. Ограничения по плотности загрязнения дерново-подзолистой супесчаной почвы радионуклидами для производства нормативно чистых зеленых кормов на основе засухоустойчивых культур	167

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

А. С. Анищенко, О. В. Гордеенко, В. В. Гусаров, В. Н. Босак. Оценка применения устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка в полевых условиях	172
Ю. А. Ракевич. Аналитические исследования скорости движения воздуха в доильном стакане	176
А. М. Кулик, П. Ю. Крупенин. Обоснование рационального способа производства гуминовых удобрений из торфа	181
Ю. А. Ракевич. Способ определения мастита дойных коров на основе разности максимальных температур по четвертям вымени	186
И. И. Бондаренко, А. Ф. Безручко, В. Г. Костенич, А. В. Захаров, Н. В. Павлючук, М. Л. Петренко, В. А. Белоусов. Система дистанционного контроля и управления машинно-тракторного парка с помощью системы GPS мониторинга транспорта	190
П. И. Федюнин. Обеспечение безопасности конструкции транспортного средства при замене силовой установки	195

МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

О. А. Мерзлова, В. О. Ариненко. Повышение эффективности использования почвенно-земельных ресурсов посредством культуртехнической мелиорации	199
Фазиль Джафаров, Мустафа Мустафаев. Влияние норм полива и удобрений на продуктивность люцерны	204
В. И. Желязко, Е. А. Вчерашний. Оценка точности расчета водопотребления сои биоклиматическим методом	207

ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. С. Кабильджанов, Э. О. Бозоров, Ч. З. Охунбобоева. Интеллектуализация поддержки принятия решений в задачах оптимизации сложных технических систем на основе нейро-нечетких сетей ANFIS	212
--	-----

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

В. В. Великанов, А. В. Колмыков, И. В. Шафранская, Л. В. Пакуш. Константинов Сергей Александрович (к 70-летию со дня рождения)	220
---	-----

BULLETIN

OF THE BELARUSSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY

The guidance journal
is published since January, 2003
Periodicity: issued four times a year

2023 № 3

According to the order of the High Attestation Commission of the Republic of Belarus the journal has been included in the list of scientific works for publishing results of theses on agricultural, technical (agricultural machine building) and economic (agrarian economics) sciences

CONTENTS

AGRICULTURAL ECONOMICS

N. N. Minina. The role of government in increasing the stability of activity of agricultural organizations in the Republic of Belarus	5
O. A. Pashkevich. Monitoring of agricultural organizations staffing: algorithm, estimation, results	10
N. P. Panasiuga. Scientific principles of state intervention regulation of the agrarian sphere of economy	16
E. L. Putnikova, V. A. Iatskevich. Organizational-methodical provisions of accounting support of production assets	21
T. A. Teterinets. Increasing the efficiency of investment support for the development of agrarian human capital: institutional projection	25
A. I. Podlipskii. Recommendations for the efficient functioning of agro-holdings in the Republic of Belarus	32
N. P. Panasiuga. The system of economic interventions in agro-production sphere of the economy, factors of their application, algorithm of justification	39
I. P. Laburdova. Estimation of tax risks	47

FARMING AND PLANT-GROWING

T. F. Persikova, A. G. Podoliak. Radiological aspects of return into agricultural rotation of lands on peat soils, excluded from use according to the radiation factor after the Chernobyl NPS accident	52
D. V. Gatal'skaia, Iu. S. Malyshkina, E. V. Ravkov. Estimation of the initial material of yellow lupine in the conditions of natural spread of anthracnosis and on infection background	59
T. V. Sachivko, V. N. Bosak. Efficiency and features of methods of reproduction of spicy-aromatic and essential-oil crops	64
I. R. Vildflush, A. A. Kuleshova. The influence of macro-, micro-fertilizers and growth regulators on the structure of yield, productivity and quality of spring triticale grain	70
M. A. Pastukhova, B. V. Sheliuto. Basic indicators of quality of conserved grass fodder in Brest region	75
N. V. Stepanova. Efficiency of treatment of long-fiber flax seeds with insecticidal protectants	80
Kh. I. Bobodzhanova, N. V. Kukharchik. Methodical recommendations for in vitro reproduction of grape varieties of Tajik selection	84
S. S. Kirilkin, B. V. Sheliuto. Productivity of sandy sainfoin and variable alfalfa depending on the level of mineral feeding	90
I. R. Vildflush, A. A. Kuleshova. Economic efficiency of application of new forms of macro-, micro-fertilizers and growth regulators when cultivating spring wheat and spring triticale	94
D. V. Gatal'skaia, E. V. Ravkov. Estimation of yellow lupine hybrids according to the degree of domination, manifestation of heterosis effect and transgression	98

Kh. I. Bobodzhanova, Sh. K. Iasaulova, N. A. Maniiazova, N. V. Kukharchik. Dynamics of accumulation of chlorophyll in the leaves of grape variety Pobeda in the process of in vitro cultivation	102
O. A. Khitriuk, V. G. Taranukho. Formation of the structure of yield and grain productivity of soy varieties depending on the time of sowing in the conditions of the north-eastern region of the Republic of Belarus	106
V. A. Rylko. Estimation of efficiency of new forms of complex fertilizers and methods of their application in potato crops.....	111
O. A. Khitriuk, V. G. Taranukho. The influence of sowing time on the formation of stalk density and duration of vegetation period of soy varieties in the conditions of the north-eastern part of the Republic of Belarus	116
A. V. Frantsuzenok, I. G. Pugacheva, N. Iu. Leshchina, O. G. Babak, A. V. Kilchevskii, S. R. Gasanov, G. A. Guseinzade, Z. K. Alieva. Manifestation of true heterosis and the character of inheriting productivity traits in F ₁ tomato hybrids in the open ground.....	121
V. V. Skorina. The influence of complex mineral fertilizers on biometric indicators, productivity and quality of apple-tree fruit	126
A. L. Isakova. Development of black cumin flower on the example of variety Sunichny Vodar (Nigella damascena L.).....	131
E. V. Poukh, T. P. Kobrinets, O. S. Ivanova. Estimation of the influence of spectral composition of light on the development of plants of garden strawberry (Fragaria × Ananassa Duch.) at the stage of micropropagation in in vitro culture	135
I. V. Naletov, V. S. Zaiats. Activity of different forms of protein of mutant samples of durum spring wheat Triticum durum desf	139
T. V. Melnikova. Estimation of collection material of soft winter wheat of different ecological-geographical origin according to morphological indicators	142
E. A. Kriukov, V. S. Zaiats, I. V. Naletov. Induction of resistance of Lactuca sativa L. plants to salinity under the influence of fungal exogenous elicitor.....	147
Ia. E. Piliuk, A. V. Bakanovskaia, O. A. Pikun, A. N. Batiukova. Estimation of varieties and samples of spring rapeseed on the resistance to pod cracking	151
A. M. Pashkevich, A. I. Chaikovskii, Zh. A. Rupasova, K. A. Dobrianskaia, V. S. Zadalia, P. N. Belyi, T. V. Shpitalnaia, Iu. V. Trofimov, T. M. Karbanovich. The influence of spectral composition of LED lighting on P-vitamin complex of microgreens of white cabbage and vegetable peas	156
A. A. Kozlovskii. Research into collection material of narrow-leaf lupine according to the rate of initial growth. Methods of choosing highly productive plants.....	162
G. V. Sedukova, N. V. Kristova, S. A. Isachenko. Limitations on the density of contamination of sward-podzolic sandy soil by radionuclides for the production of regulatory pure green fodder on the basis of drought-resistant crops	171

MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

A. S. Anishchenko, O. V. Gordeenko, V. V. Gusarov, V. N. Bosak. Estimation of application of device for increasing the uniformity of seeds distribution along the row in field conditions	172
Iu. A. Rakevich. Analytical research into the speed of air movement in the teat cup.....	176
A. M. Kulik, P. Iu. Krupenin. Substantiation of a rational method of production of humic fertilizers from peat	181
Iu. A. Rakevich. Method of determining milking cow mastitis on the basis of difference in maximal temperatures in udder quarters	186
I. I. Bondarenko, A. F. Bezruchko, V. G. Kostenich, A. V. Zaharov, N. V. Pavliuchuk, M. L. Petrenko, V. A. Belousov. A system of remote monitoring and control of machine and tractor fleet with the help of GPS system of transport monitoring	190
P. I. Fediunin. Ensuring the safety of design of a vehicle when changing its power plant.....	195

MELIORATION AND LAND USE PLANNING

O. A. Merzlova, V. O. Arinenko. Increasing the efficiency of the use of soil and land resources through land clearance operations.....	199
Fazil Jafarov, Mustafa Mustafayev. Influence of irrigation and fertilizer norms on the productivity of alfalfa	204
V. I. Zhelyazko, E. A. Yesterday. Estimation of accuracy of calculation of soybean water consumption by bioclimatic method	207

INNOVATIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

A. S. Kabildzhanov, E. O. Bozorov, Ch. Z. Okhunboboeva. Intellectualization of decision support in the problems of optimization of complex technical systems based on neuro-fuzzy networks ANFIS.....	219
--	-----

JUBILEE DATES

V. V. Velikanov, A. V. Kolmykov, I. V. Shafranskaia, L. V. Pakush. Konstantinov Sergei Aleksandrovich (on the 70 th anniversary of his birthday)	221
--	-----

АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 338.436.33(476)

РОЛЬ ГОСУДАРСТВА В ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н. Н. МИНИНА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 14.04.2023)

В настоящее время сельское хозяйство Республики Беларусь представляет собой одну из приоритетных и стратегических отраслей экономики. Объективная необходимость и целесообразность осуществления государственной поддержки аграрной отрасли обусловлена особенностями данной отрасли и ее ролью в обеспечении продовольственной безопасности страны. Развитие сельского хозяйства в Республике Беларусь осуществляется в рамках государственных программ, которые включают приоритетные направления, финансовое обеспечение и механизмы реализации предусматриваемых мероприятий, показатели их результативности. В статье отмечены задачи и меры государственного регулирования АПК, особенности сельского хозяйства, обуславливающие объективную необходимость и целесообразность осуществления государственной поддержки данной отрасли. Изучены меры поддержки государством аграрного сектора в Республике Беларусь. Проведен анализ нормативных правовых актов, регулирующих аспекты государственной поддержки аграрного сектора Республики Беларусь. Отмечено узкое и широкое понимание термина «государственная поддержка». Рассмотрены особенности и тенденции предоставления государственной поддержки сельского хозяйства в рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС), приведен перечень наиболее распространенных мер «желтой» и «зеленой корзины», применяемых в странах-членах ЕАЭС. Определен уровень государственной поддержки в сельскохозяйственных организациях Могилевской области.

Следует отметить эффективность намеченных правительством страны преобразований, которые были осуществлены в рамках системы государственного регулирования и поддержки агропромышленного комплекса. Государственное регулирование позволит обеспечить аграрным предприятиям равные условия с другими отраслями экономики, в результате чего сельскохозяйственные товаропроизводители смогут осуществлять расширенное воспроизводство и достичь необходимого для этого уровня доходов и рентабельности. Создание условий для дальнейшего устойчивого развития АПК является одной из наиболее важных стратегических целей белорусской государственной политики.

Ключевые слова: *устойчивость, государственная поддержка, регулирование, субсидии, сельское хозяйство.*

At present, the agriculture of the Republic of Belarus is one of the priority and strategic sectors of the economy. The objective necessity and expediency of state support for the agricultural sector is due to the characteristics of this industry and its role in ensuring the country's food security. The development of agriculture in the Republic of Belarus is carried out within the framework of state programs, which include priority areas, financial support and mechanisms for the implementation of envisaged activities, indicators of their effectiveness. The article notes the tasks and measures of state regulation of the agro-industrial complex, the features of agriculture, which determine the objective necessity and expediency of implementing state support for this industry. Measures of state support for the agrarian sector in the Republic of Belarus have been studied. The analysis of normative legal acts regulating the aspects of state support of the agricultural sector of the Republic of Belarus has been carried out. A narrow and broad understanding of the term "state support" is noted. The features and trends in the provision of state support for agriculture within the framework of the Eurasian Economic Union (EAEU) are considered, a list of the most common "yellow" and "green box" measures used in the EAEU member countries is given. The level of state support in agricultural organizations of the Mogilev region has been determined.

We should note the effectiveness of the reforms planned by the government of the country, which were carried out within the framework of the system of state regulation and support of the agro-industrial complex. State regulation will provide agricultural enterprises with equal conditions with other sectors of the economy, as a result of which agricultural producers will be able to carry out expanded reproduction and achieve the level of income and profitability necessary for this. Creating conditions for the further sustainable development of the agro-industrial complex is one of the most important strategic goals of the Belarusian state policy.

Key words: *sustainability, state support, regulation, subsidies, agriculture.*

Введение

Во многих странах государство поддерживает и субсидирует сельское хозяйство. В Беларуси, несмотря на ежегодное сокращение расходов по государственной поддержке сельского хозяйства, их уровень продолжает оставаться достаточно высоким.

Государственное регулирование агропромышленного комплекса включает: научное и кадровое обеспечение; финансовую поддержку; правовое регулирование; инфраструктурное и материально-

техническое обеспечение; поддержку аграрных производителей во внешнеэкономической деятельности. Объективная необходимость и целесообразность осуществления государственной поддержки аграрной отрасли обусловлена следующими особенностями указанной отрасли: зависимость результатов производства от погодных и природно-климатических условий; длительность и сезонность сельскохозяйственных работ, низкая степень гибкости аграрной отрасли в стремительно изменяющихся условиях продовольственного рынка; значительные сроки окупаемости инвестиций и низкая инвестиционная привлекательность некоторых подотраслей сельского хозяйства; значительная сложность технологических операций по сравнению с другими отраслями экономики; высокая трудоемкость, капиталоемкость, энергоемкость аграрного производства; диспаритет цен на продукцию других сфер АПК и сельского хозяйства; низкая степень монополизации аграрного сектора по сравнению с другими отраслями экономики, что требует защиты интересов аграрных производителей от более монополизированных смежных отраслей экономики.

В научной литературе проблеме государственной поддержки аграрной отрасли уделяется значительное внимание. При этом многие авторы обращают внимание на роль государственной поддержки в обеспечении продовольственной безопасности страны, защите отечественных производителей товаров, поддержании экономического паритета между сельским хозяйством и другими отраслями экономики [1; 2; 3; 4; 5; 6]. Цель исследования – охарактеризовать роль государства в повышении устойчивости деятельности сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь.

Основная часть

Применялись общенаучные и частные методы исследования, работы отечественных и зарубежных ученых, данные ГИВЦ Национального статистического комитета Республики Беларусь.

В настоящее время сельское хозяйство Республики Беларусь представляет собой одну из приоритетных и стратегических отраслей экономики. В 2021 г. в отрасли «сельское, лесное и рыбное хозяйство» было занято 368,9 тыс. чел., или 8,61 % от числа занятых в экономике Беларуси (–118,6 тыс. чел., или –1,76 п. п. к уровню 2010 г.), в 2021 г. – соответственно 375,9 тыс. чел., или 8,70 %. Удельный вес данной отрасли в общей величине добавленной стоимости народного хозяйства Беларуси в 2021 г. составил 6,8 % (–2,1 п. п. к уровню 2010 г.). Основу сельского хозяйства составляет крупнотоварное производство, на долю которого в 2021 г. приходилось 77,5 % валовой продукции; 19,8 % обеспечивали личные подсобные хозяйства и 2,7 % – крестьянские (фермерские) хозяйства. Доля продукции растениеводства в общем объеме производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий в среднем за 2010–2015 гг. равна 48,2 %, в среднем за 2016–2021 гг. – 45,7 % (–2,5 п. п.), в сельскохозяйственных организациях – соответственно 37,2 и 35,2 % (–2,0 п. п.). В 2021 г. доля продукции растениеводства сельскохозяйственных организаций в структуре производства продукции растениеводства хозяйств всех категорий составляла 62,6 %. Агропродовольственная сфера экспортоориентированная. Сельское хозяйство обеспечивает около 15 % экспорта [7; 8].

Задачами государственного регулирования АПК являются: обеспечение продовольственной безопасности страны; обеспечение устойчивости аграрного производства; защита отечественных производителей; поддержание паритета цен между другими отраслями экономики и сельским хозяйством; улучшение обеспечения населения продовольствием; повышение занятости на селе, уровня и качества жизни населения, в том числе заработной платы работников аграрной отрасли; повышение уровня социально-экономического развития; повышение конкурентоспособности отечественной сельскохозяйственной продукции и производителей; обеспечение устойчивого развития сельских территорий; обеспечение качества отечественного продовольствия; сохранение и воспроизводство природных ресурсов, используемых для нужд аграрного производства; формирование эффективно работающего рынка аграрной продукции, обеспечивающего повышение прибыльности аграрных производителей и развитие инфраструктуры указанного рынка; создание благоприятного инвестиционного климата, рост объема инвестиций в аграрной сфере.

Развитие сельского хозяйства в Республике Беларусь осуществляется в рамках государственных программ, которые включают приоритетные направления, финансовое обеспечение и механизмы реализации предусматриваемых мероприятий, показатели их результативности. Существенными финансовыми ресурсами сельского хозяйства Беларуси являются бюджетное финансирование и льготное кредитование. Значительная часть мероприятий по государственной поддержке направлена на поддержание или восстановление платежеспособности и финансовой устойчивости сельскохозяйственных организаций. Предпринимаются попытки осуществить финансовое оздоровление сельскохозяйственных организаций путем их продажи, реорганизации, реструктуризации активов и обязательств.

В Республике Беларусь государственная поддержка агропромышленного комплекса регламентируется множеством нормативно-правовых актов. В литературе под государственной поддержкой

АПК в широком смысле понимаются меры организационного, правового, консультационного характера, реализация которых не требует финансовых затрат со стороны государства либо они несущественны и не могут быть оценены; в узком смысле – экономический и финансовый механизм либо обязательство имущественного характера.

Узкое понимание государственной поддержки АПК преобладает в Указе Президента Республики Беларусь № 347 от 17 июля 2014 г. «О государственной аграрной политике» (далее – Указ № 347) и принятых в его развитие нормативно-правовых актов. В Указе № 347 имеется классификация мер государственной поддержки АПК на прямые и косвенные. Прямые меры государственной поддержки реализуются путем финансирования за счет средств республиканского и (или) местных бюджетов:

1) общегосударственных мероприятий: предусмотренных в государственных программах в АПК; обязательного страхования с государственной поддержкой урожая сельскохозяйственных культур, скота и птицы; проведения закупочных и товарных интервенций на рынке сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия;

2) непосредственно субъектов, осуществляющих деятельность в сфере агропромышленного производства, путем: субсидирования деятельности, включая предоставление прямых выплат в расчете на единицу реализованной (произведенной) и (или) направленной в переработку сельскохозяйственной продукции на территории Беларуси либо на единицу площади земельного участка, голову скота; компенсации потерь аграрных производителей при установлении диспаритета цен на промышленную продукцию, работы и услуги, потребляемые указанными производителями, и цен на сельскохозяйственную продукцию, если полное или частичное удешевление (компенсация) стоимости сырья, продукции, работ, услуг и меры регулирования цен на сельскохозяйственную продукцию не позволили поддержать данный паритет цен; компенсации потерь банков и ОАО «Банк развития Республики Беларусь» при предоставлении на льготных условиях кредитов субъектам, осуществляющим деятельность в области агропромышленного производства.

Реализация косвенных мер государственной поддержки не предполагает непосредственного финансирования. К таким мерам относятся: регулирование цен на сельскохозяйственную продукцию, сырье и продовольствие; осуществление закупки и переработки сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия для государственных нужд в соответствии с законодательством; применение льготного режима налогообложения в сельском хозяйстве; реструктуризацию задолженности перед бюджетом, бюджетом государственного внебюджетного фонда социальной защиты населения Республики Беларусь, банками, другими организациями; предоставление гарантий Правительства Республики Беларусь, местных исполнительных и распорядительных органов по кредитам, выдаваемым субъектам, осуществляющим деятельность в области агропромышленного производства.

Реализация прямых мер государственной поддержки АПК осуществляется для достижения целей и задач государственных программ. Так, в соответствии Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 59 от 1 февраля 2021 г. (с изменениями и дополнениями по состоянию на 21 декабря 2022 г.) «О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы» предусматривается оказание государственной поддержки: субъектам, осуществляющим деятельность в области агропромышленного производства, в виде бюджетных трансфертов на возмещение части капитальных затрат по инвестиционным проектам, включенным в данную Программу; в виде компенсации потерь банкам по кредитам на строительство, в том числе реконструкцию и модернизацию, молочно-товарных ферм в рамках указанной Программы; в виде субсидии на уплату части процентов за пользование кредитами на реализацию инвестиционных проектов по реконструкции, модернизации и строительству помещений на существующих и ранее начатых строительством животноводческих объектов; на удешевление стоимости единицы льноволокна, поставляемого в счет государственных нужд; на удешевление части стоимости оригинальных и элитных семян; в виде надбавок к закупочным ценам по видам сельскохозяйственной продукции, закупаемой у населения; на удешевление стоимости: племенной продукции на содержание селекционных стад и сохранение генофонда; выращивания и реализации племенной продукции; закупки племенной продукции; на финансирование ремонтно-эксплуатационных работ по подпрограмме «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения». Финансовое обеспечение Программы составит 290032,5 млрд руб.

В соответствии с Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года одним из главных критериев сельского хозяйства является эффективность и безубыточность. Данная стратегия нацелена на создание прибыльного агробизнеса, основанного на самокупаемости и самофинансировании.

В ряде нормативно-правовых актов используется широкое понимание государственной поддержки АПК. Так, в ст. 7 Закона Республики Беларусь № 149-3 от 11 ноября 2002 г. «О личных подсобных хозяйствах» (ЛПХ) предусмотрены следующие меры по развитию и укреплению ЛПХ: оказание по-

мощи в реализации излишков произведенной в ЛПХ сельскохозяйственной продукции; ежегодное проведение мероприятий по профилактике инфекционных и инвазионных заболеваний животных, находящихся в собственности граждан, осуществляющих ведение ЛПХ; реализацию гражданам, осуществляющим ведение ЛПХ, молодняка племенного скота, птицы, минеральных и органических удобрений, средств защиты растений, посадочного материала сельскохозяйственных культур, комбикормов и зерна на кормовые цели; обеспечение потребностей граждан, осуществляющих ведение ЛПХ, в сенокосах и пастбищах для личного скота; создание сельскими (поселковыми), районными исполнительными и распорядительными органами коммунальных унитарных предприятий (с консультационными пунктами и пунктами проката сельскохозяйственной техники и т. п.) по оказанию гражданам, осуществляющим ведение ЛПХ, услуг по заготовке топлива, обработке земельных участков, возделыванию сельскохозяйственных культур и уборке урожая, заготовке кормов, реализации продукции.

В рамках ЕАЭС государственная поддержка сельского хозяйства осуществляется в соответствии с подходами, согласно Протоколу о мерах государственной поддержки сельского хозяйства. Согласно ему, страны ЕАЭС: не применяют меры, оказывающие в наибольшей степени искажающее воздействие на торговлю (запрещенные меры «красной корзины», предоставление которых связано с результатами вывоза (экспорта) сельскохозяйственной продукцией, с исключительным использованием отечественной сельскохозяйственной продукции при производстве сельскохозяйственных товаров); в пределах разрешенного уровня применяют меры, оказывающие искажающее воздействие на торговлю (меры «желтой корзины»: обязательства, принятые в качестве условия присоединения к ВТО, совпадают с обязательствами в рамках ЕАЭС: для Армении и Кыргызстана *de minimis* установлен на уровне 5 %; Казахстана – 8,5 %; России – 5 %; разрешенный уровень мер поддержки для Беларуси – 10 % от валовой добавленной стоимости произведенной сельскохозяйственной продукции); применяют без ограничений не оказывающие искажающее воздействие на торговлю меры (меры «зеленой корзины»: они должны соответствовать основным и специфическим критериям и условиям, предусмотренным Договором о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 г.). К наиболее распространенным искажающим торговлю мерам в странах ЕАЭС относятся финансирование затрат по обслуживанию кредитов; инвестиции в основной капитал; компенсация затрат на энергоресурсы, по приобретению удобрений, семян, комбикормов и др.; предоставление гарантий исполнения обязательств; поддержка племенного животноводства, птицеводства; поддержка элитного семеноводства; компенсация затрат на участие хозяйствующих субъектов в программах страхования урожая, скота, птицы; прочие продуктово-неспецифические меры государственной поддержки. С 2011 г. в Беларуси прослеживается тенденция сокращения уровня оказывающих искажающее воздействие на торговлю мер поддержки в валовой стоимости сельскохозяйственной продукции. Среди наиболее распространенных не искажающих торговлю мер в странах ЕАЭС выделяются финансирование научных исследований; борьба с вредителями и болезнями; распространение информации, консультативные услуги; инспекционные услуги; услуги, связанные с инфраструктурой; подготовка кадров; программы региональной помощи; создание государственных резервов для обеспечения продовольственной безопасности. В Беларуси среди основных, не искажающих торговлю мер, преобладает финансирование услуг, связанных с инфраструктурой, общей и специальной подготовки кадров, реализации программ региональной помощи.

Основная цель функционирования АПК в настоящее время – обеспечение продовольственной безопасности и независимости. Ее достижению способствуют инновационное развитие, экспортная ориентация отрасли, повышение устойчивости аграрного производства, воспроизводство квалифицированной рабочей силы, наращивание конкурентных преимуществ на внутреннем и внешнем рынках.

В глобальном рейтинге продовольственной безопасности за 2022 г. Беларусь занимает 55-е место как страна с благоприятными условиями обеспечения продовольствием (в 2021 г. – 36-е место, в 2019 г. – 36-е место). Для создания более устойчивой продовольственной системы нужны инвестиции в исследования и инновационные технологии, развитие инфраструктуры цепочки поставок, доступ к сельскохозяйственным технологиям.

В Беларуси высокий уровень самообеспечения по основным продовольственным продуктам. За 2022 г. темп производства валовой продукции сельского хозяйства во всех категориях хозяйств составил 103,6 %. Положительная динамика наблюдалась также в финансовых результатах [7; 8]. За январь–ноябрь 2022 г. выручка сельскохозяйственных организаций увеличилась к соответствующему периоду прошлого года на 23 % и составила почти 19 млрд руб. Отмечается рост прибыли от реализации продукции на 72 % (получено 1,8 млрд руб.). На 52 % увеличилась чистая прибыль. Рентабельность продаж оставила 9,8 % против 7,0 % в январе–ноябре 2021 г. Сократилось количество убыточных организаций с 59 до 56. Их удельный вес в общей численности организаций составил 4,6 %. Тем

не менее сохраняется значительное число убыточных предприятий без учета государственной поддержки. В сельскохозяйственных организациях Могилевской области доходы, связанные с государственной поддержкой, направленные на инвестиционную и финансовую деятельность, за 2021 г. составили 24255 тыс. руб., за 2020 г. – 17189 тыс. руб., а их удельный вес в выручке от реализации – соответственно 2,85 и 2,26 %; доходы, связанные с государственной поддержкой, направленные на приобретение запасов, оплату работ, услуг, финансирование текущих расходов, – соответственно 219671 и 93663 тыс. руб., а их удельный вес в выручке от реализации – 25,79 и 12,31 %; рентабельность по конечному финансовому результату с учетом государственной поддержки – 10,36 и 3,08 %; рентабельность по конечному финансовому результату без государственной поддержки – –17,37 и – 11,36 %. В то же время на протяжении последних нескольких лет рентабельность сельскохозяйственного производства является недостаточной для осуществления расширенного воспроизводства.

Заключение

В настоящее время системы поддержки стран ЕАЭС ориентированы на использование мер «желтой корзины» в больших объемах, чем «зеленой». Основная часть поддержки, искажающей торговлю, приходится на продуктово-неспецифические программы (около 98 % объема «желтой корзины»). В то же время отмечаются тенденции по переходу стран ЕАЭС на преимущественное использование мер, не искажающих торговлю. Несмотря на возможность использования значительного объема «желтой корзины» в соответствии с обязательствами стран ЕАЭС в рамках ВТО, смещение акцента на меры «зеленой корзины» свидетельствует о повышении эффективности предоставления субсидий для развития аграрной отрасли в долгосрочной перспективе.

Для повышения степени устойчивости сельскохозяйственных организаций Беларуси, на наш взгляд, необходимы инвестиции как за счет собственных и заемных средств предприятий, так и путем государственного финансирования для обеспечения инновационного развития и комплексной модернизации предприятий по производству сельскохозяйственной продукции, повышения эффективности аграрного производства на основе внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий, цифровых технологий, комплексной автоматизации и роботизации технологических процессов. Предлагаемый комплекс мероприятий будет способствовать повышению устойчивости аграрного производства и функционирования продовольственных рынков. Государственное регулирование позволит обеспечить аграрным предприятиям равные условия с другими отраслями экономики, в результате чего сельскохозяйственные товаропроизводители смогут осуществлять расширенное воспроизводство и достичь необходимого для этого уровня доходов и рентабельности.

Таким образом, следует отметить эффективность намеченных правительством Республики Беларусь преобразований, которые были осуществлены в рамках системы государственного регулирования и поддержки агропромышленного комплекса. Создание условий для дальнейшего устойчивого развития АПК является одной из наиболее важных стратегических целей государственной политики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булатова, Ю. И. Проблемы применения бюджетных инструментов государственной поддержки сельского хозяйства в Российской Федерации / Ю. И. Булатова // Электронный научный журнал «Вектор экономики» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.vestogeoportal.ru – Дата доступа: 05.02.2023.
2. Климин, С. И. Государственная поддержка АПК в Республике Беларусь / С. И. Климин // Вестник БГСХА. – 2021. – № 2. – С. 44–47.
3. Лазаревич, И. М. Совершенствование механизма продуктово-специфической поддержки в сельском хозяйстве Республики Беларусь в условиях международной экономической интеграции: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / И. М. Лазаревич. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2020. – 25 с.
4. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 01 февр. 2021 г., № 59 // КонсультантПлюс: Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «Юр-Спектр». – Минск, 2021.
5. Романюк, Н. Н. Развитие агропромышленного комплекса Республики Беларусь в контексте направлений Государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы / Н. Н. Романюк, Н. В. Киреенко // Актуальные проблемы устойчивого развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК: материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 3–4 июня 2021 г. – Минск: БГАТУ, 2021. – С. 25–31.
6. Ушачев, И. Государственная поддержка сельского хозяйства в России: проблемы, пути их решения / И. Ушачев, В. Маслова, В. Чекалин // АПК: экономика, управление. – 2018. – № 3. – С. 4–12.
7. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. буклет; Редкол.: И. В. Медведева, Е. И. Кухаревич, Ж. Н. Василевская [и др.]. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2022. – 35 с.
8. Статистический ежегодник Республики Беларусь 2022: стат. сб.; Редкол.: И. В. Медведева, Е. И. Кухаревич, Ж. Н. Василевская [и др.]. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2022. – 374 с.

МОНИТОРИНГ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ КАДРАМИ: АЛГОРИТМ, ОЦЕНКА, РЕЗУЛЬТАТЫ

О. А. ПАШКЕВИЧ

РНУП «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Беларусь, 220108, e-mail: volha.pashkevich@yahoo.se

(Поступила в редакцию 17.04.2023)

В статье изложены этапы алгоритма мониторинга обеспечения сельскохозяйственных организаций кадрами (сравнение штатной и списочной численности работников, анализ структуры кадров по категориям, возрасту, уровню образования, показателей движения кадров), их задачи, достигаемые критерии, перечень оцениваемых показателей и индикаторов. Его актуальность предопределена намеченными целевыми параметрами Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 г., целевыми индикаторами Государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021–2025 гг., а также необходимостью совершенствования кадровой политики сельскохозяйственных организаций. Проведен мониторинг обеспечения сельскохозяйственных организаций кадрами по результатам выполнения основных мероприятий Отраслевой программы кадрового обеспечения организаций агропромышленного комплекса «Кадры 2021–2025 годы». Проведено сравнение и анализ целевых индикаторов реализации отраслевых программ кадрового обеспечения организаций АПК, выявлены проблемы в обеспеченности руководителями, специалистами в животноводстве, в том числе в региональном разрезе. Выявленные проблемы в кадровом обеспечении предопределяют выработку направлений совершенствования кадрового потенциала, внесения коррективов в кадровую политику сельскохозяйственных организаций, что позволит привести профессионально-квалификационные характеристики работников в соответствие с требованиями рабочих мест, повысить качество установленных норм труда, поддерживать их на прогрессивном уровне. Практическая реализация результатов исследования будет способствовать совершенствованию теоретических и методологических основ организации конкурентоспособного агропромышленного производства на базе сбалансированного использования социально-трудового потенциала агропромышленного комплекса, способствовать эффективному использованию трудового и социально-экономического потенциала АПК, развитию инфраструктуры села, привлечению кадров, стимулированию и мотивации производительного труда, повышению привлекательности сельских территорий для проживания и работы.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, сельское хозяйство, кадры, образование, мониторинг, персонал, занятость.

The article outlines the stages of the algorithm for monitoring the provision of agricultural organizations with personnel (comparison of the regular and payroll number of employees, analysis of the structure of personnel by category, age, level of education, personnel movement indicators), their tasks, criteria to be achieved, a list of estimated indicators. Its relevance is predetermined by the target parameters of the National Strategy for Sustainable Development of the Republic of Belarus until 2035, the target indicators of the State Program "Agricultural Business" for 2021–2025, as well as the need to improve the personnel policy of agricultural organizations. The monitoring of the provision of agricultural organizations with personnel was carried out based on the results of the implementation of the main activities of the Sectoral Staffing Program for Organizations of the Agro-Industrial Complex "Personnel 2021–2025". A comparison and analysis of target indicators for the implementation of sectoral programs for the staffing of agro-industrial complex organizations was carried out, problems were identified in the provision of managers, specialists in animal husbandry, including in the regional context. The identified problems in staffing predetermine the development of areas for improving human resources, making adjustments to the personnel policy of agricultural organizations, which will bring the professional and qualification characteristics of workers in line with the requirements of jobs, improve the quality of established labor standards, and maintain them at a progressive level. The practical implementation of the research results will help improve the theoretical and methodological foundations for organizing competitive agro-industrial production based on the balanced use of the social and labor potential of the agro-industrial complex, promote the effective use of the labor and socio-economic potential of the agro-industrial complex, develop rural infrastructure, attract personnel, stimulate and motivate productive labor, increasing the attractiveness of rural areas for living and working.

Key words: agro-industrial complex, agriculture, personnel, education, monitoring, personnel, employment.

Введение

Для повышения конкурентоспособности субъектов хозяйствования АПК республики важное значение имеет привлечение компетентных управленческих кадров и квалифицированных кадров массовых профессий. Система аграрного образования Республики Беларусь осуществляет подготовку специалистов по ряду специальностей с высшим и средним специальным образованием. В соответствии с технико-техническим перевооружением сельскохозяйственных организаций, внедрением инновационных технологий в процессы управления и производства, создаются новые рабочие места и для их заполнения открываются новые специальности. Функционирование высокотехнологических производств, внедрение средств и инструментов цифровизации предопределяет формирование и реализацию соответствующей адаптивной кадровой политики. В сфере АПК она проводится посредством выполнения мероприятий Отраслевой программы кадрового обеспечения организаций агропромышленного комплекса «Кадры 2021–2025 годы». Вместе с тем большинство целевых индикаторов

предыдущих аналогичных программ не выполняются, о чем свидетельствует анализ. В этой связи требуется проведение научных исследований процессов обеспечения кадрами организаций АПК.

Сложившаяся демографическая ситуация, а также необходимость реализации курса на развитие конкурентоспособного и экологически безопасного сельского хозяйства и его интеллектуализацию в рамках Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 г., достижения целевых индикаторов Государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы предопределили необходимость проведения мониторинга обеспечения сельскохозяйственных организаций кадрами. Актуальность его осуществления наряду с технико-технологической модернизацией отрасли обусловлена и происходящими демографическими процессами уменьшения доли сельского населения в трудоспособном и младше трудоспособного возраста. Это влияет на кадровую ситуацию в сельскохозяйственных организациях. Наряду с этим наметился разрыв между качественным составом работников сельского хозяйства и актуальными потребностями аграрного производства. Это выступает препятствием в достижении задач государственных программ и стратегий развития белорусского государства.

В практическом плане данная проблема входит в круг научных интересов значительного числа исследователей. Так, ряд авторов видят ее решение в усилении взаимодействия учреждений образования и сельскохозяйственных организаций [1–5]. Отдельные исследователи ориентируются на выработку прогноза потребности в кадрах в условиях нового технологического уклада [6–10]. Некоторые авторы видят решение проблемы кадрового обеспечения в активизации системы дополнительного образования [11, 12]. Также акцентировано внимание на институте наставничества и менторства как механизме адаптации молодых специалистов в условиях производства [13–15]. Авторы также считают необходимым государственное регулирование процессов воспроизводства трудовых ресурсов для аграрной сферы, а также проведение мониторинга его эффективности [16–21].

Востребованность осуществления мониторинга кадрового обеспечения определяется необходимостью получения всесторонней информации в целях прогнозирования потребности в трудовых ресурсах отрасли, а также повышения обоснованности выработки и принятия управленческих решений в сфере реализации кадровой политики, что предопределяет цель настоящей публикации.

Теоретической и методологической базой исследований послужили научные труды отечественных и зарубежных авторов по вопросам кадрового обеспечения субъектов хозяйствования аграрной отрасли, нормативные правовые документы, данные ведомственной отчетности, статистические данные, экспертные оценки. В процессе исследования использовались различные методы: монографический, абстрактно-логический, обобщения и аналогий, экспертных оценок, сравнения и другие.

Основная часть

Мониторинг представляет собой систему повторных наблюдений одного или более элементов внешней среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной методикой. Основными функциями мониторинга выступают информационная, диагностическая, сравнительная и прогностическая работа. Мониторинг кадрового обеспечения является научно обоснованным методом диагностики и оценки кадров, характеризуется наблюдением и анализом многообразных связей в системе кадровых отношений. Он способствует формированию банка данных, оказывает регулятивное воздействие на кадровые процессы путем получения информации об их динамике посредством сравнения ряда индикаторов и показателей.

Основным нормативным правовым документом по реализации кадровой политики в отрасли является Отраслевая программа кадрового обеспечения организаций агропромышленного комплекса «Кадры 2021–2025 годы». Ожидаемыми показателями результативности ее реализации выступают отдельные целевые индикаторы (табл. 1). Анализ показателей предыдущей программы (в 2016–2020 гг.) свидетельствует, что они выполнены только по индикатору «Удельный вес руководящих работников и специалистов в сельскохозяйственных организациях, имеющих высшее образование». Оценка показателей выполнения текущей программы показывает рост этого же показателя в 2021–2022 гг. Проблемными остаются уровень обеспеченности сельскохозяйственных организаций руководящими работниками и специалистами, а также уровень текучести управленческих кадров. В отдельных сельскохозяйственных организациях он достигает более 20 % (Ельский, Кормянский, Хойникский, Вилейский, Крупский, Мядельский, Пуховичский, Стародорожский, Дрибинский районы).

Таблица 1. Целевые индикаторы реализации Отраслевых программ кадрового обеспечения организаций АПК

Индикатор	Значение									
	Планируе- мос 2016– 2020 г.	Фактическое на 01.01.2020 г.	Изменение, п.п.	Планируе- мос 2021–2025	Фактическое на 01.01.2021 г.	Изменение, п.п.	Фактическое на 01.01.2022 г.	Изменение, п.п.	Фактическое на 01.01.2023 г.	Изменение, п.п.
Уровень обеспеченности сельскохозяйственных организаций руководящими работниками и специалистами, %	95	91,7	–3,3	95	92,4	–2,6	91,8	–3,2	91,8	–3,2
Уровень обеспеченности сельскохозяйственных организаций руководителями, %	96	87,9	–8,1	96	89,7	–6,3	92,4	–3,6	93,4	–2,6
Текучесть руководящих работников и специалистов сельскохозяйственных организаций, %	12	14,7	+2,7	12	13,4	+1,4	14,5	+2,5	13,2	+1,2
Уровень закрепления молодых специалистов с высшим образованием в сельскохозяйственных организациях, %	55	–	–	55	–	–	–	–	–	–
Удельный вес руководящих работников и специалистов в сельскохозяйственных организациях, имеющих высшее образование, %	45	46,9	+1,9	45	47,6	+2,6	47,8	+2,8	48,7	+3,7

Примечание. Таблица составлена и рассчитана по данным Главного управления образования, науки и кадровой политики Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

Основные мероприятия программы для их анализа следует сгруппировать по основным блокам с указанием ответственных исполнителей: организационное и документальное сопровождение кадрового обеспечения; профессиональная ориентация учащихся учреждений среднего образования; привлечение молодых специалистов в организации АПК и их трудоустройство; подготовка, переподготовка, повышение квалификации кадров; подготовка научных кадров; формирование резерва кадров руководителей организаций АПК. Так, в целях совершенствования профессиональных навыков, обновления знаний в условиях инновационной деятельности организаций АПК приказом Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 29.12.2022 г. № 336 утверждено:

- установление плана-графика повышения квалификации, стажировки и переподготовки руководящих работников, специалистов и рабочих сельскохозяйственных организаций;
- обеспечение подбора кандидатур и направления их на учебу в соответствии с должностными обязанностями и тематикой проводимого обучения;
- актуализация вопросов первичного учета в отраслях животноводства и растениеводства;
- соблюдение сроков периодичности обучения руководящих работников и специалистов (не реже одного раза в 4 года);
- разработка образовательных программ непрерывного профессионального образования с учетом инновационного развития отрасли.

В настоящем исследовании мониторинг проводится для обобщения процессов познания тенденций в кадровом обеспечении АПК и выработки мер по совершенствованию кадровой политики в отрасли. Алгоритм проведения мониторинга, представленный в табл. 2, содержит последовательность этапов и их задачи, перечень критериев, оцениваемые показатели и индикаторы.

Таблица 2. Содержание мониторинга кадрового обеспечения

№ п/п	Этап	Задачи этапа	Критерий	Оцениваемые показатели и индикаторы
1	Сравнение штатной и списочной численности работников сельскохозяйственных организаций	Изучить структуру численного состава работников; выявить вакантные рабочие места; изучить изменение количества незаполненных вакансий	Соответствие штатной численности (запланированной) списочной численности работников (фактической)	Штатная численность работников; списочная численность работников; число вакансий
2	Анализ структуры кадров по категориям	Проанализировать структуру служащих (руководители и специалисты); рабочих кадров: по профессиям (рабочие животноводства, механизаторы, водители и т.д.).	Соотношение между руководителями, специалистами и рабочими кадрами; соблюдение норм управляемости	Численность руководителей, главных специалистов и специалистов по должностям, кадров рабочих профессий по профессиям
3	Анализ структуры кадров по возрасту	Изучить численность персонала по возрастным группам, категориям трудоспособности	Формирование равновесной структуры персонала по возрасту, что свидетельствует об осмысленном выборе работников с адекватным возрастом и образованием	Численность работников в возрасте до 31 года, возрасте от 31 года до общего установленного пенсионного, ОПВ и старше
4	Анализ структуры	Выявить наличие более высоко-	Соответствие уровня обра-	Численность работников

	кадров по уровню образования	кого или недостаточного уровня образования и квалификации работников (для управленческого аппарата – по уровню образования, для рабочих кадров – по уровням квалификации)	зования и квалификации работников сложности выполняемой работы	по уровням образования: высшее, среднее специальное, профессионально-техническое, среднее
5	Анализ показателей движения кадров	Проанализировать показатели движения персонала в разрезе категорий	Достижение уровня текучести в 3–5 % (естественное обновление персонала)	Численность выбывших работников в течение года по категориям персонала

Примечание: 1 – Таблица составлена автором; 2 – ОПВ – общеустановленный пенсионный возраст.

Мониторинг количественного и качественного состава руководителей и специалистов сельскохозяйственных организаций показывает, что на начало 2023 г. в них работало 48,2 тыс. чел. (91,8 % потребности). В региональном разрезе наиболее сложная ситуация в кадровом обеспечении сложилась в сельскохозяйственных организациях Гомельской области (89,5 % потребности). Что касается обеспеченности кадрами руководителей сельскохозяйственных организаций, то в целом по республике на 01.01.2023 г. оставались вакантными 72 рабочих места. Кроме того, именно в этой категории служащих сложились самые высокие показатели текучести в 2022 г. – 21,2 %. Это свидетельствует о существующих проблемах в организации и оплате труда руководителей сельскохозяйственных организаций.

Анализ первых двух лет реализации мероприятий Отраслевой программы кадрового обеспечения организаций агропромышленного комплекса «Кадры 2021–2025 годы» показывает, что в целом ситуация с обеспеченностью специалистами в животноводстве остается сложной (табл. 3). Это вызвано хроническим и систематическим недобором абитуриентов по итогам вступительной кампании в учреждения высшего аграрного образования на специальности аграрного профиля отраслевого направления. Он объясняется низкой престижностью и тяжелыми условиями труда этой категории специалистов в сельскохозяйственных организациях. Наряду с этим слабый кадровый потенциал, неспособный работать в новых условиях ведения сельскохозяйственной деятельности, формирует и недостаточная подготовка абитуриентов в учреждениях системы общего среднего образования.

Таблица 3. **Выбытие специалистов животноводства из сельскохозяйственных организаций и числа вакантных рабочих мест в 2020–2022 гг.**

Наименование должности	Для сравнения: Реализация мероприятий Отраслевой программы кадрового обеспечения организаций агропромышленного комплекса «Кадры 2016–2020 годы»			Реализация мероприятий Отраслевой программы кадрового обеспечения организаций агропромышленного комплекса «Кадры 2021–2025 годы»					
	2020 г.			2021 г.			2022 г.		
	Выбыло за год, % от списочной численности	Вакансии		Выбыло за год, % от списочной численности	Вакансии		Выбыло за год, % от списочной численности	Вакансии	
Количество, ед.		% к списочной численности	Количество, ед.		% к списочной численности	Количество, ед.		% к списочной численности	
Главный зоотехник	17,4	250	22,6	22,8	232	21,9	19,8	246	24,3
Главный ветврач	14,1	252	22,1	19,9	242	22,1	17,7	265	25,0
Зоотехник	15,1	369	14,5	17,3	364	14,4	16,0	376	14,8
Ветврач	16,8	602	14,3	18,6	686	15,3	14,8	556	17,7
Ветфельдшер	–	–	–	–	–	–	15,6	302	16,5

Примечание. Таблица составлена и рассчитана по данным Главного управления образования, науки и кадровой политики Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

Для решения проблемы обеспеченности кадрами сельскохозяйственных организаций Витебской области была принята Концепция кадровой политики в организациях агропромышленного комплекса Витебской области на 2020–2030 гг., в разработке которой принимали участие сотрудники сектора трудовых и социальных отношений Государственного предприятия «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси». В ней детально проанализированы состояние и проблемы с кадрами в агропромышленном комплексе Витебской области, обоснована необходимость разработки концепции, приведены показатели планируемого выпуска учащихся из учреждений общего среднего образования Витебской области в 2020–2030 гг., прогнозные данные перспективной потребности в подготовке и повышении квалификации специалистов с высшим и средним специальным образованием, рабочих кадров для организаций АПК Витебской области на этот период. Наряду с этим разработаны

основные мероприятия реализации Концепции кадровой политики в организациях агропромышленного комплекса Витебской области на 2020–2030 гг.

В рамках мониторинга нами проведена оценка изменения показателей обеспеченности сельскохозяйственных организаций Витебской области руководящими работниками и специалистами в разрезе районов в 2020 г. и 2022 г. По результатам оценки установлено следующее:

– выявлена группа сельскохозяйственных организаций районов Витебской области, у которых показатели числа вакантных рабочих мест ниже областного и республиканского уровней (Верхнедвинский, Витебский, Докшицкий, Лепельский, Лиозненский, Оршанский, Полоцкий, Шарковщинский);

– проблемными в кадровом обеспечении являются сельскохозяйственные организации, расположенные в Бешенковичском, Глубокском, Дубровенском, Миорском, Сенненском, Ушачском районах.

Учитывая сложности в привлечении ветврачей и зоотехников в сельскохозяйственные организации Витебский областной исполнительный комитет в 2020 г. принял решение (Решение Витебского областного Совета депутатов от 4.02.2021 г. № 197 «О дополнительной мере социальной поддержки»), согласно которому таковым молодым специалистам, которые согласятся работать в сельскохозяйственной организации в течение пяти лет, дополнительно из областного бюджета выплачивается первые три года работы по 1000 рублей ежемесячно. Нами проведен мониторинг показателей динамики выбытия специалистов животноводства из сельскохозяйственных организаций Витебской области и числа вакантных рабочих мест в 2020–2022 гг. Несмотря на принятые меры, показатели выбытия остались достаточно высокими, и также имеется большое число вакантных рабочих мест. Кроме того, результативность вышеназванной меры социальной поддержки можно будет оценить только по итогам мониторинга кадрового обеспечения по данным 2023 г.

Кадры массовых профессий для сельского хозяйства, их подготовка, повышение квалификации в условиях технического и технологического переоснащения отрасли являются актуальной задачей. Так как они должны освоить и эффективно управлять процессами функционирования сложного технологического оборудования на комплексах, молочно-товарных фермах.

Анализ количественных показателей обеспеченности и выбытия кадров рабочих профессий показывает достаточно высокий уровень обеспеченности кадрами на 01.01.2023 г. в среднем по республике: трактористы-машинисты – 91 %, водители – 91 %, рабочие, обслуживающие животноводство – 95 %, операторы машинного доения – 94 %. Однако высок и показатель выбытия их из сельскохозяйственных организаций – 15–18 %. Для повышения мотивации труда рабочих кадров важно совершенствование организации нормирования труда с учетом технологии содержания животных, механизации рабочих процессов, предусмотренных на комплексах, фермах.

Заключение

1. Разработан алгоритм мониторинга процессов кадрового обеспечения с использованием данных ведомственной отчетности «Сведения о количественном и качественном составе руководящих работников и специалистов сельскохозяйственных организаций», текущей и годовой статистической отчетности, отчетности по труду сельскохозяйственных организаций, который включает учет и анализ таких организационно-кадровых характеристик, как количественный и качественный состав персонала (численность работников различных профессиональных и должностных категорий, возрастной состав, состав персонала по уровню образования); нормативно-правовая и методическая документация; наличие вакансий и продолжительность их заполнения; практика подбора, отбора, оценки, обучения персонала.

2. Осуществлена оценка кадрового потенциала сельскохозяйственных организаций, как по количественным, так и по качественным показателям. При этом выявлено, что основные задачи, решаемые в ходе проведения мониторинга, заключаются в уточнении потребности в работниках, формировании кадровой политики в разрезе регионов, возможности прогноза направлений профессиональной подготовки кадров с учетом потребностей производства. Это в свою очередь актуализирует вопросы нормирования.

3. Имеющийся материал, полученный по результатам проведения мониторинга, будет использован для разработки направлений совершенствования кадрового потенциала, внесения коррективов в кадровую политику сельскохозяйственных организаций, что позволит привести профессионально-квалификационные характеристики работников в соответствии с требованиями рабочих мест.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» (подпрограмма 9.7 «Экономика АПК») задание 7.1 «Разработка теоретических и методологических основ организации конкурентоспособного агропромышленного производства, на основе сбалансированного использования социально-трудового и земельного по-

тенциала АПК, развития корпоративного управления, создания и функционирования, крупных кооперативно-интеграционных структур (№ГР 20211007).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириллов, Н. А. Опыт взаимодействия аграрного вуза с сельскохозяйственными организациями / Н. А. Кириллов // Аграрная Россия. – 2022. – № 1. – С. 45–48.
2. Комин, А. Э. Формирование кадрового потенциала для агропромышленного комплекса – взгляд работников вуза / А. Э. Комин, И. Н. Ким, И. И. Бородин // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 4. – С. 45–56.
3. Новиков, В. Г. Вызовы кадрового обеспечения агросферы и проблемы развития многоуровневой системы профессионального агрообразования / В. Г. Новиков // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2022. – №12. – С. 104–113.
4. Пашкевич, О. А. Методические аспекты профессиональной ориентации молодежи на выбор занятости в сельском хозяйстве / О. А. Пашкевич, О. М. Недюхина, В. В. Мангутова // Сб. науч. тр. «Проблемы экономики». – Горки: УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – Вып. 2 (35). – С. 118–132.
5. Фадеева, О. М. Роль научной деятельности аграрных вузов в инновационном развитии регионов и опережающем росте агропромышленного комплекса / О. М. Фадеева [и др.] // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – Vol. 65. – № 1. – С. 37–41.
6. Ефимова, Л. А. Образование – драйвер развития человеческого капитала в сфере труда аграрного сектора экономики / Л. А. Ефимова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2022. – №4. – С. 121–130.
7. Петухова, М. С. Прогноз потребности в высококвалифицированных кадрах аграрного сектора Новосибирской области в условиях нового технологического уклада / М. С. Петухова, С. В. Коваль // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – Vol. 65. – № 1. – С. 53–56.
8. Санду, И. С. Кадровый потенциал как фактор инновационного развития АПК / И. С. Санду, Г. М. Демишкевич, Н. Е. Рыженкова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2022. – №12. – С. 114–123.
9. Старостина, Л. Кадровая пробоина. Аграрное образование перестало отвечать потребностям отрасли? / Л. Старостина // Агротехника и технологии. – 2022. – № 3. – С. 10–15.
10. Хомяков, Д. Люди и инновации. Кто и как будет работать на селе / Д. Хомяков // Агротехника и технологии. – 2022. – № 3. – С. 16–17.
11. Самарханов, Т. Г. Пути повышения роли дополнительного аграрного образования в условиях цифровизации и инновационного развития АПК / Т. Г. Самарханов, Г. М. Демишкевич // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2022. – № 12. – С. 58–64.
12. Солодовник, А. И. Совершенствование кадрового потенциала в экономике знаний путем получения дополнительного образования специалистами ветеринарного направления / А. И. Солодовник, С. А. Скробнев, Н. В. Сахно, А. В. Шадская // Вестник аграрной науки. – 2022. – № 6. – С. 131–135.
13. Дамбинов, С. А. Особенности поколения Z на рынке труда / С. А. Дамбинов // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2022. – Том: 1. – № 10. – С. 99–102.
14. Муртазина, Г. И. Менторинг (наставничество) как технология развития трудового потенциала сотрудников / Г. И. Муртазина, И. Н. Плесовских // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. – № 6. – Т. 2. – С. 11–17. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2022.06.02.002>.
15. Сёмин, А. Н. Адаптация молодых специалистов к работе в хозяйствующих субъектах, размещённых на сельских территориях / А. Н. Сёмин // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2022. – №8. – С. 45–49.
16. Демишкевич, Г. М. Мониторинг кадровой обеспеченности АПК как инструмент реализации кадровой политики отрасли / Г. М. Демишкевич // Актуальные проблемы инновационного развития и кадрового обеспечения АПК: м-лы VII Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 4–5 июня 2020 г.) / редкол.: Н. Н. Романюк [и др.]. – Минск, БГАТУ, 2020. – С. 11–14.
17. Леликова, Е. И. Государственное регулирование воспроизводства трудовых ресурсов в сельском хозяйстве / Е. И. Леликова // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – №6. – С. 38–42.
18. Полякова, Л. П. Кадры для села – основное направление в развитии сельских территорий / Л. П. Полякова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2022. – №4. – С. 131–142.
19. Репринцева, Е. В. Управление кадровым потенциалом страны / Е. В. Репринцева, Е. Н. Фурман // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии – 2022. – №5. – С. 166–172.
20. Шарипов, С. А. Кадровый потенциал как институциональный фактор инновационного развития регионального АПК / С. А. Шарипов, Н. Л. Титов, Г. А. Харисов // АПК: экономика, управление. – 2022. – №7. – С. 41–47.
21. Широкоград, И. И. Отраслевая система высшего аграрного образования как фактор повышения территориальной доступности образовательных услуг в субъектах Российской Федерации / И. И. Широкоград [и др.] // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – Vol. 65. – № 1. – С. 25–27.

НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНТЕРВЕНЦИОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АГРАРНОЙ СФЕРЫ ЭКОНОМИКИ

Н. П. ПАНАСЮГА

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: 85nata_p@mail.ru*

(Поступила в редакцию 10.05.2023)

В статье рассматривается целесообразность выявления научных принципов в системе теоретического поиска, а также их практическое значение. На основе анализа литературных источников и опыта централизованного экономического управления выявлены основные научные принципы государственного интервенционного регулирования аграрной экономики, которые выступают как базовые факторы и условия эффективности управленческого воздействия. Принципы сгруппированы по признакам сферы проявления причин, предопределяющих их необходимость, – эндогенные, экзогенные, интеграционные. Основным итогом проведенного исследования является авторская классификация принципов государственного интервенционного регулирования аграрной сферы экономики. В доступной для восприятия табличной форме раскрыто их содержание.

В числе эндогенных выделены следующие принципы: обеспечения государственного экономического суверенитета; продовольственной безопасности; оптимальности; приоритета экономических рычагов; защиты внутреннего рынка; открытости («транспарентности»); приоритета характеристик безопасности, доступности и качества товаров; мобильности трудовых ресурсов, повышения их производительности; сбалансированности и пропорциональности; инвестиционной привлекательности; инновационности.

В числе экзогенных выделены следующие принципы: суверенного равенства государств; невмешательства; открытости во внешней политике; безопасности; законности; сотрудничества (открытого диалога).

В числе интеграционных выделены следующие принципы: общности (равности), безбарьерности; единства; комплексности; взаимовыгодности; преемственности; равенства интересов сторон.

Ключевые слова: *принципы государственного интервенционного регулирования, аграрная сфера, эндогенные, экзогенные, интеграционные принципы.*

The article discusses the expediency of identifying scientific principles in the system of theoretical search, as well as their practical significance. Based on the analysis of literary sources and the experience of centralized economic management, the main scientific principles of state interventional regulation of the agrarian economy are identified, which act as basic factors and conditions for the effectiveness of managerial influence. The principles are grouped according to the signs of the sphere of manifestation of the reasons that predetermine their necessity – endogenous, exogenous, integration. The main result of the study is the author's classification of the principles of state intervention regulation of the agrarian sector of the economy. Their content is disclosed in an accessible tabular form.

Among the endogenous principles, the following principles are singled out: ensuring state economic sovereignty; food security; optimality; priority of economic levers; protection of the internal market; openness ("transparency"); priority of safety characteristics, availability and quality of goods; mobility of labor resources, increasing their productivity; balance and proportionality; investment attractiveness; innovation.

Among the exogenous principles, the following principles are singled out: the sovereign equality of states; non-intervention; openness in foreign policy; security; legality; cooperation (open dialogue).

Among the integration principles, the following principles are singled out: community (equality), barrier-free; unity; complexity; mutual benefit; succession; equality of interests of the parties.

Key words: *principles of state intervention regulation, agrarian sector, endogenous, exogenous, integration principles.*

Введение

Установление принципов управления экономическими процессами в любой сфере экономики является важной частью теоретического поиска, позволяет на основе обобщения результатов ученых и эмпирического опыта выявить наиболее важные условия обеспечения действенного целенаправленного воздействия на функционирование экономической системы.

Научные принципы, по нашей оценке, следует рассматривать как основополагающие факторы и условия управленческого воздействия. Они отличаются относительным постоянством, слабо зависят от конъюнктурных колебаний. Безусловно, рыночные, демографические или социальные изменения могут предопределять появление новых факторов, имеющих принципиальное значение для устойчивого развития. Например, развитие сельского хозяйства как сферы приложения труда способствует сохранению сельских населенных пунктов, поддержанию порядка на сельских территориях, предотвращает обезлюдивание регионов. Ранее риски сокращения сельского населения не были столь выражены. В настоящее время приоритетное развитие сельского хозяйства стало важнейшим принципом обеспечения экономического суверенитета белорусского государства.

Научные работники и специалисты органов государственного управления используют принципы как важнейшие требования, задающие фарватер формирования экономического механизма регулирования аграрной сферы экономики, выбора определенных рычагов влияния на интересы субъектов хозяйствования и потребителей агропродовольственной продукции.

Учитывая изложенное, соблюдение принципов имеет важное значение при организации эффективной системы государственного регулирования, поскольку они априори закладывают рамки для решения задач и достижения наилучших результатов.

Цель исследования – изучить литературные источники относительно содержания сведений о принципах государственного регулирования аграрной сферы, их назначение, классификацию, при этом на основе выполненных нами исследований уточнив, дополнив и предложив авторскую интерпретацию.

Основная часть

Нами проанализированы литературные источники, в которых рассматриваются принципы государственного регулирования экономики в целом и АПК в частности, а также их классификации. Среди основных следует выделить работы следующих ученых – В. Г. Гусакова, З. М. Ильиной, В. И. Бельского [1, с. 35–45; 2; 3, с. 7–11], В. Н. Шимова, Г. А. Королёнка [4, с. 316–318], В. П. Герасенко [5, с. 46–53]. Так, ими выделены следующие принципы регулирования аграрной сферы:

- 1) приоритета обеспечения продовольственной безопасности на всех уровнях управления;
- 2) аграрного протекционизма – создание благоприятных условий экономического, правового и административного характера, направленных на стимулирование повышения конкурентной устойчивости местных товаропроизводителей с учетом региональных особенностей формирования продуктовых рынков;
- 3) обеспечения единства социальных и экономических задач – создание условий для повышения уровня жизни населения;
- 4) сочетания интересов государства, производителей и потребителей – обеспечение экономической и физической доступности качественных продуктов питания населению, создание условий для устойчивого роста предложения, что соответствует интересам государства в части формирования резервных фондов, использования преимуществ межрегионального разделения труда и экспорта, обеспечения продовольственной безопасности;
- 5) дифференцированного подхода – соответствие направлений, форм и методов государственного регулирования рыночных процессов на региональном уровне как общегосударственной, так и региональной экономической политики, учитывающей особенности развития территорий;
- 6) программно-целевого регулирования – координация прогнозирования и индикативного планирования, разработка программ, направленных на обеспечение устойчивого функционирования продовольственного рынка и достижение динамичного равновесия платежеспособного спроса и предложения;
- 7) экономического регулирования – использование транспарентных инструментов регулирования, постоянная их корректировка, а также исключение прямого административного вмешательства в аграрное производство.

Р. С. Габдуалиева [6, с. 25–27] формулирует наиболее важные с ее точки зрения принципы, определяющие содержание регулирующего воздействия государства на аграрную сферу экономики: единства экономических и социальных целей; сочетания индикативности и директивности управления аграрной экономикой; программного регулирования макро- и микроэкономического характера; мобилизации внутренних резервов на уровне отрасли, региона, предприятия; санации предприятий.

П. Ф. Парамонов [7] также выделяет следующие принципы государственного регулирования сельского хозяйства: а) сочетания экономических и социальных целей – предполагает, что меры государственного регулирования должны учитывать ценностные ориентации и поведение различных групп населения; б) сочетания директивности и индикативности – заключается в вариативности методов воздействия на предприятия разных форм собственности при приоритетности индикативности в рыночных условиях; в) стабилизации агропродовольственного рынка – выражается в необходимости смягчения колебаний спроса и предложения.

В. Г. Брыжко и М. Н. Бейлин [8, с. 66] выделяют такие принципы государственного регулирования сельского хозяйства, как:

1. Организации первостепенного учета общенациональных, государственных, а также основных общественных интересов; обязательного приоритета динамичного развития сельскохозяйственного производства.

2. Соответствия современным экономическим условиям; обеспечения условий развития многоукладного и конкурентоспособного отечественного сельского хозяйства; создания равных условий всем субъектам сельскохозяйственной деятельности независимо от форм собственности и хозяйствования.

3. Соблюдения требований законодательства в сфере регулирования аграрных отношений; обеспечения устойчивой связи с функциями и процессом управления сельским хозяйством.

4. Комплексного характера регулирующих действий; единства экономических, нормативно-правовых, административных, институциональных методов государственного регулирования сельского хозяйства.

5. Ориентации на достижение максимального совокупного экономического, экологического и социального эффекта в результате реализации системы государственного регулирования сельского хозяйства.

6. Стабильности, последовательности, непрерывности действий по государственному регулированию сельского хозяйства; научной обоснованности системы регулирования.

7. Практической ценности системы государственного регулирования сельскохозяйственного производства.

Приняв за основу указанные данные, нами уточнены и выделены наиболее актуальные принципы государственного регулирования, а также проведена их систематизация в зависимости от характера факторов их проявления, соответственно, предложена авторская классификация с выделением трех групп: 1 группа – принципы, определяемые внутренними факторами (эндогенные); 2 группа – принципы, определяемые внешними факторами (экзогенные); 3 группа – интеграционные (табл. 1).

Таблица 1. Принципы государственного интервенционного регулирования

Группа	Название принципа	Содержание принципа
1 группа. Эндогенные (внутренние)	Обеспечения государственного экономического суверенитета	Подчеркивает необходимость самостоятельной и независимой экономической политики, как условие её эффективности, а также суверенитета государства, как ценностного ориентира белорусского народа
	Продовольственной безопасности	Сводится к тому, что любое государство обязано обеспечить право каждого человека на доступ к безопасным для здоровья и полноценным продуктам питания в соответствии с правом на адекватное питание и правом на свободу от голода. Данный принцип закреплён в «Римской декларации по всемирной продовольственной безопасности» (1996). Продовольственная безопасность – одна из главных целей аграрной и экономической политики любого государства
	Оптимальности	Сущность заключается в том, что развитие экономики должно предусматривать максимальное удовлетворение потребностей населения при имеющихся ресурсах с учетом их рационального использования
	Приоритета экономических рычагов	Выражается в повышении эффективности системы государственного управления, основанной преимущественно на рыночных инструментах регулирования
	Защиты внутреннего рынка	Основан на защите отечественных товаропроизводителей в сфере АПК от вызовов внешней среды, на предотвращении несправедливой конкуренции со стороны импортеров, роста импорта, на поддержке экспорта
	Открытости («транспарентности»)	Предусматривает информационную открытость, понятность целей, задач, планов и результатов деятельности, вовлеченность гражданского общества, подотчетность органов власти. Принцип предопределяет требование открытости органов государственной власти, осуществляющих интервенционное регулирование, которые должны действовать транспарентно для общества, обеспечивать режим гласности, предоставлять обществу возможность свободно использовать и оценивать полученную информацию. При этом предоставляемая информация должна быть полной, достоверной, объективной, интуитивно понятной абсолютному большинству граждан и актуальной
	Приоритета характеристик безопасности, доступности и качества товаров	Заключается в производстве и обеспечении высококачественными товарами, их доступности для всех граждан
	Инвестиционной привлекательности	Определяет создание надежных правовых условий, обеспеченных национальным законодательством и международными соглашениями; предоставление инвесторам гарантий, стимулов, преференций
	Мобильности трудовых ресурсов, повышения их производительности	Предполагает подвижность, способность трудовых ресурсов приспосабливаться к изменяющимся условиям производства, новой технике, профессиональное развитие, повышение производительности труда, следование за трудовой конъюнктурой

	Сбалансированности и пропорциональности	Заключается в балансовой увязке показателей, установлении пропорций и обеспечении их соблюдения
	Инновационности	Определяет создание новых продуктов и освоение новых технологий, конкурентных на мировом рынке
2 группа. Экзогенные (внешние)	Суверенного равенства государств	Основан на том, что все государства пользуются суверенным равенством. Они имеют одинаковые права и обязанности и являются равноправными членами международного сообщества, независимо от различий экономического, социального, политического или иного характера
	Невмешательства	Означает, что ни одно государство или группа государств не имеет права вмешиваться прямо или косвенно по какой бы то ни было причине во внутренние и внешние дела любого другого государства
	Открытости во внешней политике	Предусматривает установление обширных внешних связей со всеми миролюбивыми государствами
	Безопасности	Подразумевает, что каждое государство должно разрешать свои международные споры с другими государствами мирными средствами таким путем, чтобы не подвергать угрозе международный мир и безопасность
	Сотрудничества (открытого диалога)	Выражается в готовности вести открытый диалог и сотрудничество с государствами, объединениями, институтами, средствами массовой информации и т.д. по всем возникающим социально-экономическим вопросам
	Законности	Основан на соблюдении и почитании законов другой страны
3 группа. Интеграционные	Общности (равности), безбарьерности	Предполагает общность (равность) социально-экономических условий, создание безбарьерной среды и равных условий для субъектов хозяйствования интеграционного образования
	Единства	Определяет единую законодательную базу хозяйствования, не противоречащую нормам и законам каждой из стран интеграционного образования
	Комплексности	Сводится к тому, что процессы в экономике до такой степени тесно взаимосвязаны, что решение поставленных задач необходимо исполнять комплексно
	Взаимовыгодности	Выражается в обеспечении социально-экономических интересов каждой стороны интеграционного образования, определении "точек роста" по конкретным экономическим направлениям для достижения совместной выгоды. Например, в Беларуси производятся незаменимые аминокислоты с учетом потребности российского рынка, в данной связи создание альтернативных производств нецелесообразно
	Преимственности	Предусматривает преимущество принятых решений
	Равенства интересов сторон	Означает, что все заинтересованные стороны должны иметь право изложить точку зрения по существу дела, и их точка зрения должна приниматься во внимание

Примечание: составлено автором на основании собственных исследований.

Первая группа принципов – закладывают основу для государственного регулирования аграрного рынка внутри страны. Вторая группа принципов начинает свою работу уже за пределами определенного государства. Данная группа выделена нами в связи с необходимостью восстановления и совершенствования международной правовой системы, в том числе касательно аграрного рынка. Беларусь – страна с открытой экономикой, объем внешней торговли которой превышает валовый внутренний продукт. В данной связи важно добиваться соблюдения странами-партнерами принципов равноправного сотрудничества на взаимной основе. Третья группа принципов – имеют более широкие задачи и направления и охватывает значительные масштабы относительно первой и второй групп.

Безусловно, автор не ставил задачу перечислить все факторы и условия обеспечения эффективно-интервенционного регулирования. Нами на основании проведенных исследований выделены лишь принципиальные, имеющие устойчивый характер и основополагающее значение.

Заключение

Аграрная сфера является важнейшей отраслью АПК. Ее непрерывную деятельность и устойчивое развитие обеспечивает управленческий процесс, эффективность которого в условиях динамично изменяющейся внешней среды во многом предопределяет согласованность управленческих решений, методов и механизмов с объективными научными принципами государственного регулирования.

Предлагаемая нами система принципов является адаптивной к условиям внутренней и внешней среды, учитывает оказываемое на Республику Беларусь санкционное давление со стороны недружественных стран и развитие интеграционных процессов на Евразийском пространстве. Следование им призвано повысить эффективность экономического регулирования АПК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусаков, В. Г. Основные объективные законы, закономерности и принципы рыночной экономики / В. Г. Гусаков. – Минск: Ин-т экономики НАН Беларуси, Центр аграр. экономики, 2006. – 59 с.

2. Ильина, З. М. Эффективность отраслей сельскохозяйственного производства: региональный аспект / З. М. Ильина, В. И. Бельский // Агрэоэкономика. – 2005. – № 11. – С. 26–35.
3. Стабилизация развития агропромышленного производства Республики Беларусь / под ред. В. Г. Гусакова, З. М. Ильиной. – Минск: Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси, 2004. – 195 с.
4. Шимов, В. Н. Устойчивое развитие экономики Беларуси: теоретические и организационные аспекты / В. Н. Шимов; под ред. В. Н. Шимова, Г. А. Королёнка. – Минск: БГЭУ, 2006. – 427 с.
5. Герасенко, В. П. Формирование механизма устойчивого развития региона / В. П. Герасенко. – Минск: БГЭУ, 2005. – 224 с.
6. Габдуалиева, Р. С. Принципы государственного регулирования сельского хозяйства / Р. С. Габдуалиева // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2005. – № 11-1. – С. 23–27.
7. Парамонов, П. Ф. Организационно-экономические проблемы адаптации сельскохозяйственных товаропроизводителей к рыночным условиям хозяйствования: монография / П. Ф. Парамонов. – Краснодар: КГАУ, 2002. – 548 с.
8. Брыжко, В. Г. Принципы государственного регулирования сельского хозяйства региона / В. Г. Брыжко, М. М. Бейлин // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 2 (94). – С. 65–67.

**ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
УЧЕТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ АКТИВОВ****Е. Л. ПУТНИКОВА, В. А. ЯЦКЕВИЧ**

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: putnikova705@mail.ru*

(Поступила в редакцию 18.05.2023)

В статье рассматриваются проблемные вопросы учетного обеспечения производственных активов в связи с принятием национального стандарта бухгалтерского учета и отчетности «Запасы», разработанного исходя требований международных стандартов финансовой отчетности. Акцентировано внимание на выборе единицы бухгалтерского учета запасов, которая может самостоятельно избираться организацией, но при этом должно обеспечиваться формирование полной и достоверной информации об этих запасах, а также надлежащий контроль за их наличием и движением. Также предложено использование справедливой стоимости для оценки запасов, списываемых на затраты производства сельскохозяйственной продукции, что способствует формированию более объективных показателей себестоимости полученной продукции и финансовых результатов от ее производства (маржинальный доход, операционный чистый доход) и реализации (себестоимость реализации, прибыль или убыток от реализации). На основе проведенного исследования указывается на перевод бумажного документооборота в электронный. В целях перехода к применению нового национального стандарта, отмечаются направления совершенствования учета для корректировки на начало года состава запасов, стоимости запасов и суммы резерва, если он создавался. Исходя из мнений авторов проведена сравнительная характеристика в порядке формирования себестоимости приобретаемых и выбывающих запасов. Обоснован переход на применение нового стандарта используя перспективный или ретроспективный варианты. Намечены конкретные практические рекомендации для упрощения направлений перехода на национальный стандарт организациям АПК и внесения изменений и дополнений в положение об учетной политике.

Ключевые слова: *национальный учет, производственные активы, оценка, стоимость, бухгалтерский учет.*

The article discusses the problematic issues of accounting for production assets in connection with the adoption of the national accounting and reporting standard "Inventory", developed on the basis of the requirements of international financial reporting standards. Attention is focused on the choice of inventory accounting unit, which can be independently chosen by the organization, but at the same time, the formation of complete and reliable information about these reserves, as well as proper control over their presence and movement, should be ensured. It is also proposed to use fair value to assess inventories written off to the costs of production of agricultural products, which contributes to the formation of more objective indicators of the cost of goods received and financial results from its production (marginal income, operating net income) and sales (cost of sales, profit or loss from sales). On the basis of the study, we suggest transferring the paper workflow to the electronic one. In order to switch to the application of the new national standard, directions for improving accounting are noted to adjust the composition of reserves, the cost of reserves and the amount of the reserve, if it was created, at the beginning of the year. Based on the opinions of the authors, a comparative characteristic was carried out in the order of formation of the cost of acquired stocks and those disposed of. The transition to the application of the new standard using prospective or retrospective options is justified. Specific practical recommendations have been outlined to simplify the directions for the transition to the national standard for agribusiness organizations and the introduction of amendments and additions to the provision on accounting policies.

Key words: *national accounting, production assets, valuation, cost, accounting.*

Введение

Эффективное функционирование сельскохозяйственных организаций в современных экономических условиях зависит от гибкости и восприимчивости системы управления к изменениям факторов внутренней и внешней среды. Здесь особую роль играет система учета, выполняющая задачи планирования, контроля и информационного обеспечения учета производственных активов в организациях.

Понимание сущности и особенностей взаимодействия процесса потребления производственных активов и процесса производства сельскохозяйственной продукции возможно лишь только с помощью системы учета, дающей возможность наиболее полно отражать технологические, организационные и экономические особенности учета формирования производственных активов и проанализировать внутривозрастные связи подразделений, оценив финансовые возможности организаций агропромышленного комплекса. в современной среде организаций АПК Особое значение приобретают вопросы совершенствования учетного обеспечения производственных активов, которые воздействуют на эффективность функционирования и наличие их оптимального количества для обеспечения производственного процесса организации в целом.

Основная часть

Основной информационной базой для управления производственными активами, являются данные бухгалтерского и оперативного учета, которые не всегда отвечают требованиям управления. Это требует формирования объективных и полноценных направлений обеспечения управления производ-

ственными активами. В настоящей обстановке развитие «цифровизации» в современной экономике может стать причиной необходимости замены бумажных носителей на иные формы фиксации, представления и передачи данных с учетом новых возможностей техники и технологий. Необходимо продолжить поиск мер, которые позволяют различным отраслям сельского хозяйства сократить количество первичных документов и повысить информативность в процессе заполнения или обработки.

Первичный учет и постоянное совершенствование технологий обработки экономической информации образуют единый информационный массив, используемый во всех видах бухгалтерского учета или других системах управления [1, с. 23].

На сегодняшний день существует ряд утвержденных форм первичной документации и порядок их обработки, которые применяются в сельскохозяйственных организациях. К достоинствам этих документов, на наш взгляд, относятся единообразие и представление стандартных реквизитов, и аналитический характер ключевой учетной информации; к недостаткам же относится громоздкость, избыточность реквизитов, большое количество используемых форм и дублирование информации.

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О бухгалтерском учете и отчетности», каждая хозяйственная операция подлежит оформлению первичным учетным документом [2]. У организации есть выбор использования необходимых форм первичной документации в ред. постановления Совмина от 30.12.2022 № 962, а также ранее применяемых. Для этого необходимо учитывать содержание организационной структуры и обязательные реквизиты, предусмотренные законодательством. Перечень разработанных форм и их содержание должны быть отражены в учетной политике организации.

Многие ученые выступают за унификацию форм первичной документации и использования собственных разработок документов только на тех участках учета, где такие формы до сих пор не разработаны.

Требование минимума реквизитов первичного документа, сформулированное некоторыми авторами, противоречит требованиям оперативности и информативности современного учета, характеризующегося применением компьютерных и облачных технологий при фиксации, хранении и передаче информации.

На наш взгляд, использование этих документов в разработанном виде в условиях ручного учета в настоящий момент требует уточнения для современного развития документирования фактов хозяйственной жизни по наличию и движению производственных активов и соответствующего информационного обеспечения.

Нами предлагается перевод бумажного документооборота в электронный, несмотря на то, что это трудоемкое направление современного бухгалтерского учета. Особенности электронного документооборота являются относительно простые договорные отношения с контрагентом, скорость обработки и исправления данных, их немедленная доставка по назначению, а ошибки при заполнении реквизитов документа сведены к минимуму.

Однако, у электронного документооборота существуют недостатки:

- доступ к информации только с помощью технических средств;
- сложность в определении лица как создающего, так и подписывающего документ;
- доступ к информации в электронных документах и внесение изменений в их содержание;
- необходимость подготовки печатной копии для контролирующих органов и сторон сделки.

В то же время развитие «цифровизации» в современной экономике актуализирует проблему замены бумажных носителей на иные формы фиксации, представления и передачи данных, соответствующих новым возможностям техники и технологий. Это требует продолжения поиска мер, позволяющих организациям АПК сократить количество первичных документов, повысить информативность, снизить трудоемкость их заполнения и ускорить процесс обработки [1, с. 27].

Проблема при первичном учете в организации – это единица измерения производственных активов. На основании Национального стандарта бухгалтерского учета и отчетности «Запасы» (далее – НСБУ 64 «Запасы») [3] единица бухгалтерского учета запасов выбирается организацией самостоятельно таким образом, чтобы обеспечить формирование полной и достоверной информации об этих запасах, а также надлежащий контроль за их наличием и движением. В зависимости от характера запасов, порядка их приобретения и использования единицей материально-производственных запасов может являться наименование (номенклатурный номер), однородная группа (укрупненный номенклатурный номер), партия, отдельный объект. После принятия к бухгалтерскому учету запасов допускаются изменения единиц их бухгалтерского учета.

В организации на основе документов складского учета должен обеспечиваться своевременный учет производственных активов, отвечающий требованиям полного, непрерывного и достоверного отражения наличия и движения материальных и производственных запасов.

Нормы НСБУ 64 и МСФО (IAS) 2 «Запасы» не только дают определение запасов, но и устанавливают правила оценки производственных запасов и отражения их в отчетности. Запасы, приобретенные со стороны, в бухгалтерском учете сельскохозяйственных организаций при признании отражаются по первоначальной стоимости. Порядок формирования себестоимости приобретаемых запасов представлен в табл. 1.

Таблица 1. Порядок формирования себестоимости приобретаемых запасов

Способ приобретения	Порядок формирования себестоимости запасов
Приобретенные запасы	Фактическая себестоимость, включающая стоимость запасов по ценам приобретения и другие затраты, непосредственно связанные с их приобретением
Запасы, внесенные собственником имущества (учредителями, участниками) в счет вклада в уставный капитал	Стоимость, определенная на основании заключения и отчета об оценке, составленного исполнителем оценки, с которым организацией заключен договор на оказание соответствующих услуг, или акта о внутренней оценке (в случае проведения оценки этих запасов организацией самостоятельно)
Запасы, полученные безвозмездно или в обмен на другие активы	Справедливая стоимость этих запасов на дату принятия к бухгалтеру, а при невозможности достоверного ее определения – стоимость, по которой эти запасы числились в бухгалтерии передающей стороны на дату передачи
Запасы, полученные при выбытии основных средств и других долгосрочных активов, при их ремонте, реконструкции (модернизации, реставрации), проведении иных аналогичных работ, а также в виде возвратных отходов	Чистая стоимость реализации (в случае, если эти запасы предполагается реализовать) или условная оценка
Излишки запасов, выявленных при инвентаризации (за исключением запасов, произведенных в организации)	Их стоимость, определенная на основании заключения и отчета об оценке, составленного исполнителем оценки, с которым организацией заключен договор на оказание соответствующих услуг, или акта о внутренней оценке (в случае проведения оценки этих запасов организацией самостоятельно)
Излишки запасов, произведенных в организации, выявленных при инвентаризации	В порядке, установленном для незавершенного производства и готовой продукции

Примечание: Составлена авторами по данным источника [3].

Оценка производственных запасов в организациях АПК занимает важное место в системе функционирования экономики страны. Исходя из национальных, российских и международных стандартов нами сделана сравнительная характеристика способов оценки выбывших запасов, представленная в табл. 2.

Таблица 2. Сравнительная характеристика способов оценки выбывших запасов

НСБУ 64«Запасы»	ФСБУ 5/2019«Запасы»	МСФО (IAS) 2 «Запасы»
Запасы оцениваются по определенному виду или группе запасов одним из способов: – по стоимости каждой единицы; – по средней стоимости; – по стоимости первых по времени поступления запасов	Способы оценки МПЗ по видам	Запасы должны оцениваться по наименьшей из двух величин: – по себестоимости – по чистой цене продажи

Примечание: Составлена авторами по данным источников [4, 6,].

Как свидетельствуют данные табл. 2 различные стандарты не запрещают применение разнообразных способов оценки запасов, списываемых на себестоимость выпускаемой продукции. Нами выявлена наиболее выгодная оценка производственных запасов при их списании в затраты производства, т.е. способ оценки по справедливой стоимости запасов, который позволяет учитывать рост цен на приобретаемые (заготавливаемые) запасы из-за инфляции и по другим причинам, формировать реальные затраты на запасы в составе других затрат на производство сельскохозяйственной продукции. Оценка же запасов по их исторической стоимости (по способу средней себестоимости или по способу ФИФО) при списании их на затраты производства сельскохозяйственной продукции ведет к искусственному снижению себестоимости этой продукции и к искажению финансовых результатов от ее продажи.

Согласно НСБУ 64 возможны два варианта изменения стоимости запасов на отчетную дату:

- фактическая себестоимость запасов;
- чистая стоимость реализации запасов.

При наличии документального подтверждения признаков обесценения запасов (моральное устаревание, физическое повреждение, снижение справедливой стоимости, сужение рынков сбыта и другие) и возможности достоверного определения суммы их обесценения на отчетную дату на основании ре-

шения руководителя организации создается резерв под снижение стоимости запасов (далее – резерв) в сумме превышения первоначальной стоимости запасов над их чистой стоимостью реализации, определяемой в порядке, установленном положением об учетной политике организации. При уменьшении чистой стоимости реализации запасов сумма созданного по ним резерва увеличивается на сумму этого уменьшения. При увеличении чистой стоимости реализации запасов сумма созданного по ним резерва восстанавливается (полностью или частично). При этом первоначальная стоимость запасов за вычетом суммы восстановленного резерва не должна превышать увеличенную чистую стоимость реализации этих запасов. Резерв не создается по материалам, если готовую продукцию, в производстве которой эти материалы будут использованы, предполагается реализовать по стоимости, равной или превышающей ее фактическую себестоимость.

Корректировка стоимости запасов может производиться как за счет создания резерва, так и непосредственно путем корректировки стоимости запасов. Обязательно учитывая назначение запасов [5, с. 37].

Следовательно, каждый отчетный период в отношении запасов следует производить корректировку по наименьшей стоимости: фактической или чистой стоимости реализации.

Переход на применение НСБУ 64 будет осуществлен сельскохозяйственными организациями в ближайшей перспективе. Следует обратить внимание, что такой переход возможен двумя способами.

Первый вариант – отражаем переход ретроспективно. Для этого необходимо совершить следующие действия: корректировку остатков по счетам учета запасов, нераспределенной прибыли и т.п.; пересчет сравнительных показателей за два предыдущих года, которые отражаются в отчетности за первый год применения нового стандарта.

На начало года корректируются состав запасов, стоимость запасов и сумма резерва, если он создавался.

Второй вариант – переход происходит перспективно, когда новые правила учета применяются относительно новых фактов хозяйственной жизни, которые произошли после вступления в силу НСБУ 64. В этом случае нет необходимости при составлении бухгалтерской отчетности пересчитывать показатели [7, с. 49].

Указанные направления и пути дальнейшего совершенствования учетного обеспечения производственных активов и внесение практических рекомендаций по и применению в бухгалтерскую деятельность организаций АПК, по нашему мнению, повысит результативность учета.

Заключение

Ввиду того, что от действенного и рационального использования производственных активов зависит конечный финансовый результат необходимо компетентно организовать бухгалтерский учет и отразить оценку материальных запасов исходя из требований законодательства и накопленного международного опыта. Обусловлено это значительными изменениями в нормативном уровне белорусской системы бухгалтерского учета в связи со вступлением в силу новых национальных стандартов, базирующихся на требованиях международных стандартов финансовой отчетности. В конечном итоге, модификация положения об учетной политике в части методики учета производственных активов позволит в полной мере обеспечить своевременное и постоянное отражение информации о наличии и расходовании запасов, как в бухгалтерском учете, так и ее справедливое формирование в формах финансовой отчетности

ЛИТЕРАТУРА

1. Егорова, Л. Г. Развитие документационного обеспечения учета запасов на молокоперерабатывающих предприятиях / Л. Г. Егорова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2020. – Т. 3, № 1. – С. 22–35.
2. О бухгалтерском учете и отчетности [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 12 июля 2013 г., №57-3: в ред. Закона Респ. Беларусь, 17.07.2017 г., №52-3 // Бизнес-инфо: аналит. правовая система / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2022.
3. Об утверждении Национального стандарта бухгалтерского учета и отчетности «Запасы» [Электронный ресурс]: утв. постановлением Министерства финансов Республики Беларусь от 28.12.2022 № 64 // КонсультантПлюс. Беларусь, Нац. центр правовой информации Республики Беларусь. – Минск, 2022.
4. Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 5/2019 «Запасы» [Электронный ресурс]: Приказ Минфина России от 15.11.2019 № 180н. // Доступ из СПС «Консультант Плюс».
5. Одинцова, Т. М. Проблемы учета и оценки материально-производственных запасов / Т. М. Одинцова, А. С. Прокопенко // International Scientific Review. – 2016. – № 21(31). – С. 36–40.
6. Путникова, Е. Л. Сравнительная характеристика учета производственных активов с международной практикой / Е. Л. Путникова, В. А. Трубкина // Аграрная наука – сельскому хозяйству: – г. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ. – 2022. – С. 135–136.
7. Хайруллина, О. И. Новации в бухгалтерской оценке производственных запасов сельскохозяйственной организации / О. И. Хайруллина // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2021. – № 2. – С. 45–49.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ АГРАРНОГО ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА: ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ ПРОЕКЦИЯ

Т. А. ТЕТЕРИНЕЦ

Государственное научное учреждение «Институт экономики
Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220072, e-mail: talad79@mail.ru

(Поступила в редакцию 31.05.2023)

Проведенные теоретические и эмпирические исследования позволяют констатировать, что устойчивое приращение аграрного человеческого капитала возможно в условиях гармоничного развития города и села. Наличие существенных дифференциаций в состоянии инфраструктуры, количества и доступности социальных объектов, условий профессиональной и повседневной жизнедеятельности, идеологии и культуры населения выступает объективным ограничителем качественной и количественной аккумуляции человеческого капитала в аграрной сфере. Реализация действенной институциональной модели инвестиционного обеспечения развития человеческого капитала в контексте рурализации, основанной на преобразовании социально-экономических и организационно-управленческих предпосылок его формирования, будет осуществима в условиях трансформации сложившихся подходов аграрного менеджмента. Центральным звеном предлагаемых преобразований выступает координация и взаимодействие органов государственного управления, рыночных структур, социальных и производственных организаций с целью разностороннего развития аграрного социума. Действенность решения данной задачи обуславливает необходимость применения системного подхода, нацеленного на сбалансированность входящих и выходящих компонент, в совокупности формирующих итоговую величину аграрного человеческого капитала.

Ключевые слова: инвестиции, эффективность, институциональная модель, человеческий капитал, аграрный сектор, сельские территории.

The theoretical and empirical studies carried out allow us to state that a sustainable increase in agricultural human capital is possible in the conditions of harmonious development of the city and the countryside. The presence of significant differentiations in the state of infrastructure, the number and accessibility of social facilities, the conditions of professional and everyday life, the ideology and culture of the population act as an objective limiter of the qualitative and quantitative accumulation of human capital in the agricultural sector. The implementation of an effective institutional model of investment support for the development of human capital in the context of ruralization, based on the transformation of the socio-economic and organizational and managerial prerequisites for its formation, will be feasible in the context of the transformation of the existing approaches to agricultural management. The central link of the proposed transformations is the coordination and interaction of government bodies, market structures, social and industrial organizations with the aim of diversifying the development of the agrarian society. The effectiveness of solving this problem necessitates the use of a systematic approach aimed at balancing the incoming and outgoing components, which together form the final value of agricultural human capital.

Key words: investment, efficiency, institutional model, human capital, agricultural sector, rural areas.

Введение

Совершенствование методического инструментария анализа и оценки эффективности функционирования человеческого капитала в аграрной сфере способствовало формированию объективного представления о его состоянии, перспективах приращения и направлениях развития. Проведенные дополнительные исследования позволили выявить наличие существенных резервов, выражаемых величиной недоиспользования человеческого капитала в аграрной сфере в контексте сложившихся социально-экономических трансформаций [1]. Данные обстоятельства актуализируют задачу поиска инструментов и выработки мер повышения эффективности инвестиций в развитие аграрного человеческого капитала.

Институциональная модель инвестиционного обеспечения развития аграрного человеческого капитала базируется на перманентном взаимодействии и взаимодополнении трех основных составляющих: интеллектуализация человеческого капитала, инфраструктура сельских территорий, идеологизация аграрного социума. Каждое из отмеченных звеньев раскрывается комплексом компонент, обеспечивающих повышение эффективности финансовой поддержки развития человеческого капитала в аграрной сфере [2–4].

Исходные составляющие человеческого капитала образуются в процессе инвестиционного обеспечения формирования и развития человеческого капитала, представляя собой входящий поток финансовых ресурсов, направленных на развития институциональных условий и предпосылок его устойчивого приращения. Выходная компонента аграрного человеческого капитала является результатом и мерилем эффективности входных потоков, создаваемая в процессе трансформации накопленного потенциала в реальные активы и доходы сельского населения.

Основная часть

Обеспечение перманентности воспроизводства аграрного человеческого капитала отражает сбалансированность и действенность взаимодействия входящих и исходящих компонент, тем самым, характеризуя эффективность управления его инвестиционным обеспечением (рис. 1).

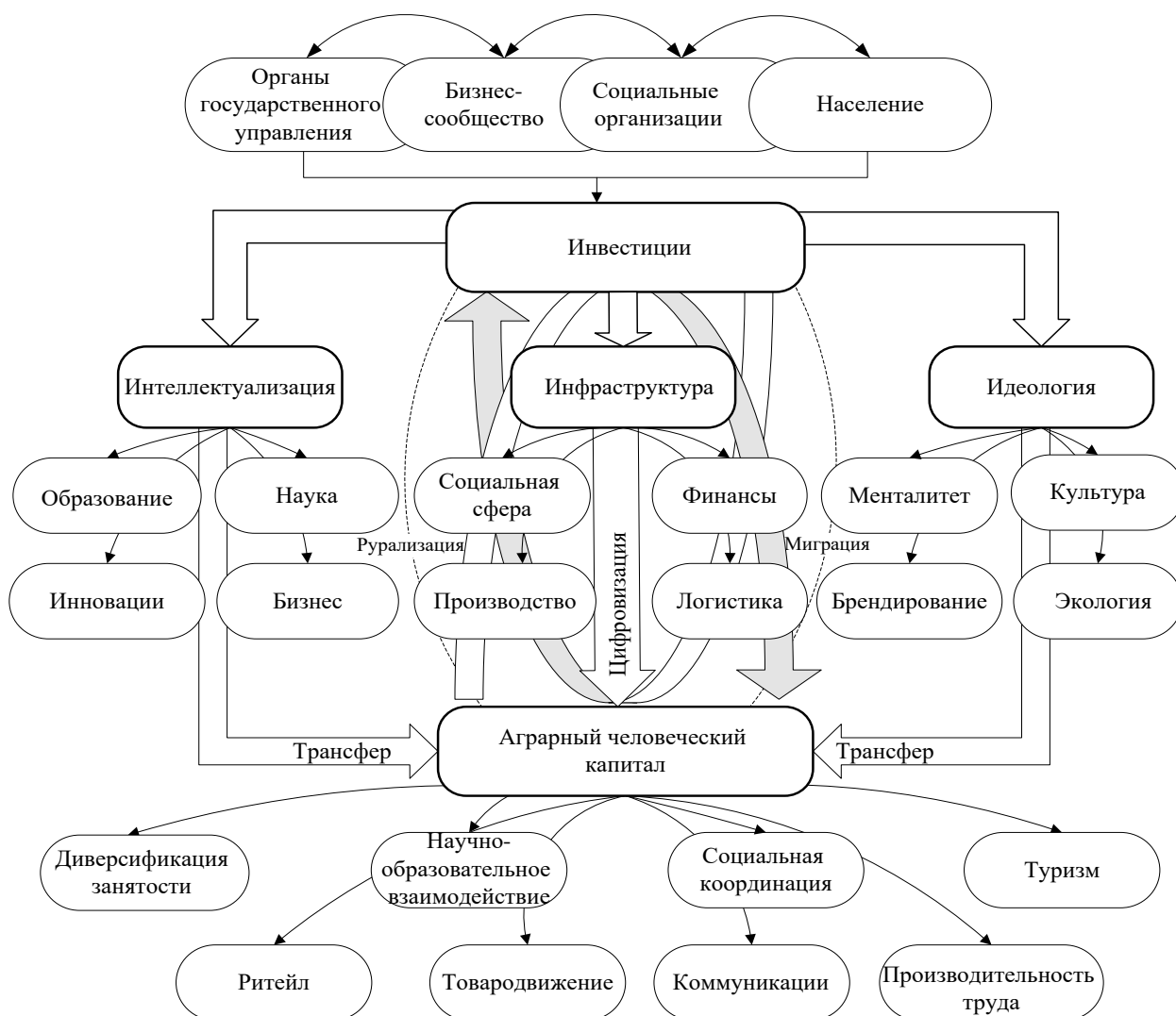


Рис. 1. Институциональная модель инвестиционного обеспечения развития аграрного человеческого капитала.
Примечание: Составлено автором.

Решение поставленной задачи инициирует создание многосубъектной системы управления, координирующей совместное участие органов государственного управления, предпринимательских структур, социальных и производственных организаций, сельского населения в этом процессе. Придерживаясь концептуальной идеи рурализации человеческого капитала, основанной на неэндогенных принципах развития сельских территорий, реализация представленной институциональной модели позволяет расширить доступность инвестиционного обеспечения формирования человеческого капитала и способствует повышению уровня аграрного менеджмента, ориентированного на повышение эффективности управления. В этом контексте трансформируется традиционный образ мышления «субъект-объект» вследствие одновременного замещения этих понятий [5–6]. Аграрный человеческий капитал, проявляемый не только количественным выражением человеческих ресурсов, но и качественными характеристиками сельского социума, является не только объектом, но и субъектом, обеспечивающим его воспроизводство на расширенной основе.

Трансформация социально-экономических и организационно-управленческих условий формирования и накопления аграрного человеческого капитала расширяет потенциал саморазвития, активизирует участие в общественной жизни аграрного социума, укрепляет идеологические идеи, стимулирует внутреннюю мотивацию, приумножает возможности образования и переобучения, способствует диверсификации занятости. Совершенствование институциональных условий управления развитием человеческого капитала не только способствует повышению уровня капитализации его потенциала, но и создает предпосылки интеллектуального, культурного, духовного преобразования аграрного социума, тем самым, решая фундаментальную проблему обеспечения устойчивости саморазвития человека.

Одним из противоречий современного общества являются разногласия между растущими запросами людей и несбалансированностью социально-экономического развития. Институциональная модель инвестиционного обеспечения развития человеческого капитала направлена на достижение общего процветания посредством увеличения уровня доходов сельского населения, сохранения духовной культуры и традиций, укреплении внутренней мотивации, ликвидации образовательной дифференциации, социальной обеспеченности, информационно-коммуникационных диспропорций сельских и городских территорий [7].

Проведенные ранее исследования наряду с глубоким изучением литературных источников позволяют выделить интеллектуальные инфраструктурные и идеологические магистрали интенсивной капитализации человеческого потенциала, в совокупности формирующие единый механизм управления его развитием [8-9]. Соответственно, способы повышения эффективности инвестирования развития аграрного человеческого капитала целесообразно рассматривать сквозь призму единства и взаимосвязи выявленных направлений. Выявленные магистрали институциональной модели инвестиционного обеспечения развития аграрного человеческого капитала реализуются посредством инновационного, координационного, экологического, публичного и солидарного импульсов, суть которых заключается в следующем:

- инновационный вектор предполагает оптимизацию инвестиционной структуры агропромышленного производства в отраслевом и видовом разрезе, преобразование традиционных способов ведения сельского хозяйства, культивирование новых видов экономической деятельности, развитие сферы услуг, модернизацию инфраструктуры сельских территорий;

- координационный импульс ориентирован на преимущественное использование внутреннего трудового, инвестиционного, финансового потенциала и технологических преимуществ наиболее крупных административно-территориальных единиц с последующим перераспределением ресурсов менее ресурсоемким территориям;

- экологичное развитие включает инвестиционное обеспечение продвижения экологически чистых методов производства и жизнедеятельности, защиты экологических ресурсов, сбалансированного экономического развития и охраны окружающей среды;

- публичный вектор способствует развитию межтерриториального социально-экономического сотрудничества, активизации участия аграрного социума в общественной, политической, гражданской, экономической жизни; продвижению социального предпринимательства в аграрной сфере, инвестиционное обеспечение публичных и общественных инициатив;

- солидарный курс подразумевает сокращение разрыва дифференциации доходов городского и сельского населения, социальной инфраструктуры территорий, условий трудовой и повседневной деятельности, совершенствование системы социального обеспечения, повышение доступности образовательных, финансовых, транспортных и прочих видов социальных услуг [10].

Преимуществом предлагаемой институциональной модели совершенствования инвестиционных условий развития аграрного человеческого капитала выступает стимулирование эффективного использования внутреннего потенциала сельских территорий, реализацию их конкурентных преимуществ, рациональное использование внешних ресурсов, повышение собственных возможностей развития. Такой подход раскрывается концептуальными идеями и принципами рурализации человеческого капитала во взаимосвязи с нео-эндогенными направлениями развития сельских территорий и раскрывается адресностью и использованием преимущественного внутренних научных, социальных, образовательных, инвестиционных и иных ресурсов. Реализация институциональной модели позволит расширить возможности более гибкого принятия управленческих решений, обусловленных сложившимися социально-экономическими условиями развития аграрных территорий. Предлагаемые направления повышения эффективности управления развитием аграрного человеческого капитала представляют собой комплексное и системное решение повышения результативности инвестиционного менеджмента.

Формирование и приращение человеческого капитала обусловлено инвестиционной политикой государства, которая в разрезе секторов и предприятий принимает различные формы. Развитие сфер образования и здравоохранения, культуры, науки и искусства, спорта и туризма, поддержание благоприятной экологической обстановки, модернизация инфраструктуры и цифровизация сельских территорий обусловлены интенсивностью и эффективностью финансирования. Поиск решений, механизмов и инструментария совершенствования инвестиционной политики, ориентированной на развитие, накопление и сохранение человеческого капитала, преобразования аграрного социума в сложившихся условиях трансформации агропродовольственного регионального сектора, выходит на первоочередной план.

Важным вопросом, определяющим эффективность социального инвестирования развития аграрного человеческого капитала, является выбор и структурирование источников финансирования, конкретизация и систематизация инструментария, учитывающего особенности формирования и трансформации аграрного социума. Действенность решения этой задачи предопределяется выработкой направлений и механизмов повышения эффективности инвестиций в развитие аграрного человеческого капитала, сущность которых заключается в следующем:

1. Формирование многокомпонентной инвестиционной модели управления развитием человеческого капитала, основанной на перманентном и функциональном механизме взаимодействия органов государственного управления, предпринимательских структур, социальных организаций и сельского населения [11].

Доминирующая роль органов государственного управления в реализации политики социального инвестирования развития человеческого капитала, сельских территорий, повышения уровня занятости и доходов населения имеет некоторые существенные недостатки, обусловленные усредненным подходом понимания специфики развития отдельных территорий, сложившимся потенциалом, обеспеченностью ресурсами культурными различиями и т.д. Подобная односубъектная модель ограничивается доступностью инвестиционных ресурсов и в ряде случаев оказывается малоэффективной. Соответственно, коллаборация субъектов рынка, общественных организаций и населения является объективным условием совершенствования государственной системы повышения эффективности инвестиций в развитие человеческого капитала. Степень совершенства и уровень возможностей системы зависят от согласованности работы трех важнейших механизмов: государственных органов, рыночных структур и общества. Принимая во внимание доминирующую роль государственного управленческого сектора, одновременное стимулирование предпринимательских структур и представителей аграрного социума, существенно повысить действенность и эффективность инвестиционного обеспечения развития человеческого капитала.

Формирование многокомпонентной модели выступает генеральной линией эффективного менеджмента капитализации человеческого потенциала. Трансформация институциональных условий кардинально меняет и расширяет границы управления человеческими ресурсами, сельскими территориями, социальной средой, инфраструктурой, находящимися в тесной взаимосвязи и взаимозависимости. Совершенствование теоретико-методологических предпосылок его устойчивого накопления формирует новый подход осознания значимости, сферы влияния, глубины проникновения и степени воздействия на социально-экономические процессы территориально-отраслевого развития, результативности инвестиционного менеджмента развития аграрного человеческого капитала.

2. Интеграция потенциала субъектов институциональной модели, базирующаяся на максимально эффективном использовании их инвестиционных ресурсов [12].

Отмеченные ранее субъекты институциональной модели по своей сути многокомпонентны. Правительственные структуры в лице органов государственного управления формируют стратегию, определяют тактические направления социально-экономической политики государства, территориального развития, обладают политическими преимуществами и государственной властью. Содействуя ее реализации, создают макросреду для поддержки и увеличения доходов населения, совершенствуют систему социальной защиты, повышая устойчивость к различным социальным рискам; создают условия взаимодействия рыночных субъектов и общественных организаций, осуществляют общее руководство реализации государственных программ и проектов.

Рынок, как институциональная платформа компиляции капитала, технологий, информации, обладает потенциалом и инструментарием активизации инвестиционного обеспечения развития территорий, предоставляя необходимые финансовые ресурсы. Зарубежный опыт повышения эффективности инвестиций свидетельствует о действенности установление партнерских отношений агропромышленных организаций и хозяйств населения, руководителями сельских советов. Результатом такого взаимодействия является предоставление финансовой и материально-производственной поддержки, создание новых рабочих мест, вовлечение в сферу трудовых отношений все большего количества населения, реализация обучающих программ, развитие ритейла. Таким образом, рынок, как площадка взаимодействия предпринимательских структур и населения, оказывает существенное влияние на интенсивность капитализации человеческого потенциала, в полной мере раскрывая свою социально-экономическую роль повышения эффективности социальных инвестиций.

Социальные организации, в числе которых можно выделить некоммерческие организации, социальные службы, общества защиты прав потребителей, профессиональные союзы, учреждения образования, здравоохранения, культуры, науки, охраны окружающей среды и прочие, вносят весомый вклад в развитие духовности, культурного наследия, сохранения традиций, адаптации традиционных

жизненных укладов сельского населения к трансформациям современного общества. Немаловажная роль общественного сектора проявляется в организации идеологической работы, пропагандировании сельского образа жизни, реализации и продвижении экологических, рекреационных, туристических проектов и программ в разрезе аграрных территорий. Обладая профессиональными преимуществами, ресурсным потенциалом, они достаточно точно, оперативно, гибко оперируют в таких областях, как юридическое консультирование, организация финансовой поддержки и взаимодействия с бизнесом, государственными структурами. Обладая кадровым потенциалом, навыками и компетентностью в решении поставленных задач, финансовыми ресурсами, социальные организации способствуют устойчивому развитию сельских территорий, появлению новых рабочих мест, развитию малого и среднего предпринимательского сегмента посредством адресной и целевой помощи, тем самым, формируют институциональные предпосылки приращения и сохранения аграрного человеческого капитала. Усиление коммуницирования и взаимодействия социальных организаций, представителей бизнес-среды, органов государственного управления будет способствовать накоплению человеческого потенциала, активизации способностей к саморазвитию, интеграции аграрного социума в современное прогрессивное общество.

Приоритеты инновационного развития аграрного сектора выдвигают на передний план задачи инвестиционного обеспечения развития человеческого капитала, акцентирующие свое внимание на совершенствовании процессами подготовки и переподготовки кадров, повышении уровня организации и качества научного обеспечения агропромышленного производства, формировании нового информационного пространства в разрезе сельских территорий. Востребованность непрерывного воспроизводства и постоянного пополнения знаний и компетенций предопределяют необходимость продвижения системы непрерывного аграрного образования, охватывающей не только учащихся образовательных учреждений, но и все сельское население.

Следует отметить весомость институциональных направлений развития человеческого капитала в аграрной сфере, ориентированных, в первую очередь, на повышение эффективности социально-экологических и импакт-инвестиций в развитие человеческого капитала посредством продвижения социального предпринимательства, венчурной филантропии. Заслуживает внимания, широко применяемый в зарубежной практике, механизм государственно-частного партнерства, позволяющий «оживить» инвестиционный поток в научно-образовательном и социальном сегментах аграрной экономики, модернизировать инфраструктуру сельских территорий. Его классические подходы, ориентированные преимущественно на реализацию инфраструктурных проектов, весьма капиталоемкие и слабо трансформируемые в социальные объекты сельских селенных пунктов. Модификация имеющегося инструментария посредством совершенствования финансового механизма льготирования и возвратности средств позволит активизировать инвестированные потоки в этой сфере.

Одной из наиболее прогрессивных форм инвестиционного обеспечения развития человеческого капитала выступает корпоративное финансирование. Точечное инвестирование максимально ориентировано на восполнение потерь, обусловленных устареванием знаний, актуализацию их новых видов и форм, адаптацию работников к новым условиям инновационного и прогрессивного производства. Сформированный таким образом индивидуальный человеческий капитал, интегрируясь в корпоративную среду, интенсивно прирастает не только за счет количественного фактора, но и кумулятивного приращения на основе слияния интеллектуальных форм отдельных индивидов. Параллельно с этим происходят процессы его перемещения и консолидации в разрезе территорий и отраслей, обеспечивая его прирост на мезо и макроэкономическом уровнях. Реализация идеи активизации корпоративного инвестирования в аграрном секторе возможна в условиях действенной трансформации отношений собственности и адаптации рынка финансового капитала к реалиям и потребностям современного общества. Указанные преобразования будут способствовать совершенствованию механизма инвестирования в развитие инновационного человеческого капитала и на этой основе способствовать его приращению в аграрной сфере.

3. Поляризация институционального инструментария инвестиционного менеджмента развития аграрного человеческого капитала посредством коллаборации, взаимодействия и взаимодополнения инфраструктурных, информационных и идеологических направлений [13].

В сложившихся условиях динамичного социально-экономического развития современного общества теоретические основы аграрного менеджмента человеческого капитала существенно расширяют границы его концептуального осмысления, выходя за рамки преимущественной капитализации имеющихся знаний, опыта, компетенций. Управление развитием человеческого капитала ориентировано на осознание многокомпонентной сущности этого понятия, раскрывающейся симбиозом материаль-

ного, идеологического, культурного, образовательного, духовного и научно-технического мотивирования его накопления и приращения.

В этом контексте теоретические и практические подходы к пониманию сущности капитализации человеческого потенциала претерпели существенные преобразования. Измерение уровня доходности сельского населения преимущественно экономическими показателями не позволяет в полной мере задействовать всю совокупность факторов, определяющих направления развития человеческого капитала. Накопленный запас упущенных выгод, не раскрытый потенциал духовности, гражданской и культурной бедности существенно ограничивает возможности капитализации человеческого капитала, лимитирует поиск путей повышения уровня доходов сельского населения. В этой связи наиболее действенными и востребованными направлениями инвестиционного обеспечения развития аграрного человеческого капитала являются:

- улучшение производственных и повседневных условий жизнедеятельности сельского населения, информационно-коммуникационная модернизация инфраструктуры аграрных территорий, модернизация системы аграрного образования, здравоохранения, жилищного фонда, культурно-досуговой индустрии с целью повышения уровня социальной справедливости и гармонии;

- стимуляция активного вовлечения в общественный процесс сельского населения посредством идеологической пропаганды, гражданского просвещения с целью повышения уровня юридической, экономической и финансовой грамотности, повышение субъективного осознания своего потенциала и возможностей его практической реализации;

- развитие индивидуальных и корпоративных предпринимательских инициатив аграрного социума, оказание адресной социально-экономической поддержки продвижения фермерства, рекреационно-туристической индустрии, содействие диверсификации аграрной экономики посредством расширения спектра несельскохозяйственных видов деятельности;

- поддержка и расширение потенциала социальных организаций с целью ускорения адаптации различных слоев сельского населения к прогрессивным социально-экономическим и информационным трансформациям современного общества при одновременном сохранении его традиционности, самобытности, экологичности.

4. Продвижение нео-эндогенного подхода управления развитием сельских территорий посредством инвестиционного стимулирования самовоспроизводства и саморазвития человеческого капитала [14].

Исследования показывают, что преимущественно внешнее инвестирование развитие человеческого капитала посредством бюджетных инструментов повышения уровня доходов являются недостаточно эффективными. Обеспечение устойчивости полученных результатов актуализирует задачу трансформации социально-экономической системы с позиции комплексного взаимодействия как территориальных органов управления, так и населения. Создание действенных стимулов развития предпринимательских инициатив, расширение возможностей капитализации человеческого потенциала, мотивации повышения уровня образования выступает важнейшим направлением сохранения стабильности полученных результатов и их дальнейшего роста. В числе таковых можно отметить следующее:

- закрепление в программных документах направлений, обеспечивающих развитие сельских территорий, способствующих снижению диспропорций состояния социально-экономической инфраструктуры города и села;

- увеличение бюджетного финансирования затрат, ориентированных на обеспечение доступности и качества медицинского обслуживания в сельских населенных пунктах, как основного фактора, определяющего потенциал здоровья населения;

- развитие и адаптация образовательной системы, учитывающей демографический потенциал аграрных регионов, продвижение программ неформального и информального обучения местного населения в контексте формируемого спроса компетенций на рынке труда;

- усиление государственной поддержки предпринимательских инициатив, продвижение несельскохозяйственных видов деятельности на всех уровнях управления;

- модернизация транспортно-логистической инфраструктуры сельских территорий, как важнейшего фактора движения трудового, финансового, производственного и прочих видов капитала;

- продвижение материальных и нематериальных способов стимулирования саморазвития сельского населения посредством активного взаимодействия местных органов управления, агропромышленных предприятий, социальных организаций с целью сокращения интеллектуальных потерь человеческого капитала.

5. Повышение качества инвестиционного управления развития человеческого капитала в сельской местности [15].

Накопление аграрного человеческого капитала в равной степени как социальная политика в области повышения доходов населения актуализирует задачу совершенствования системы социального менеджмента и расширения возможностей местных органов самоуправления в сельской местности. Снижение уровня централизации, административного воздействия на процесс принятия решений, расширение индикативных подходов управления развитием территорий способствуют повышению качества аграрного менеджмента, накоплению социального капитала, улучшению коммуникации государственных структур, представителей предпринимательского сектора, социальных организаций и населения.

Заключение

Концептуальные основы управления развитием человеческого капитала, базирующиеся на положениях рурализации, акцентируют внимание на весомости мероприятий, обеспечивающих повышение эффективности социально-экономических и экологических инвестиций. Проведенное исследование позволило выявить высокую значимость финансового обеспечения информационно-коммуникационного обеспечения сельских территорий, модернизаций социальной инфраструктуры села, цифрового оснащения всех секторов жизнедеятельности аграрного социума. Как показывают эмпирические обследования, материальные способы стимулирования концентрации человеческого капитала и миграционного притока населения в аграрные регионы являются малоэффективными. Переструктурирование инвестиционных потоков в сферу самофинансирования формирования и развития человеческого капитала преимущественно посредством увеличения оплаты труда, в некоторой степени способствуют увеличению стоимостной величины аграрного человеческого капитала, но не обеспечивают тождественной эффективности использования. Сложившаяся ситуация выдвигает на передний план задачи определения инвестиционных ориентиров инвестиционного управления развитием человеческого капитала в аграрной сфере белорусской экономики.

Агрегирующим направлением повышения эффективности инвестиций в развитие человеческого капитала в русле концепции рурализации выступает цифровизация сельских территорий как объективное условие активизации «обратной» волны и сосредоточения высокопроизводительных и профессиональных кадров в сельских регионах.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тетеринец, Т. А. Измерение эффективности функционирования человеческого капитала в аграрном секторе Беларуси / Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2023. – Т. 61. – № 2. – С. 109–119. DOI:10.29235/1817-7204-2022-61-2-109-119.
2. Kostyaev, A. I. Institutional and social Aspects of Land Concentration and Production in Agroholding / A. I. Kostyaev, G. N. Nikonova // Russian electronic scientific journal. – 2018. – №2 (28). – P. 8–26. DOI:10.31563/2308-9644-2018-28-2-8-47.
3. Lowe, P., Murdoch, J., Ward, N. Beyond endogenous and exogenous models: Networks in rural development, in J.D. van der Ploeg and G. van Dijk (eds.) Beyond Modernisation: the Impact of Endogenous Rural Development. Van Gorcum: Assen, 1995. – 296 p.
4. Mantino, F. La riforma delle Politiche di sviluppo rurale 2014-2020. Rivista / F. Mantino [Электронный ресурс] // Agriregioni Europa. – 2013. – Vol. – 9. – №12. – Режим доступа: <https://agriregionieuropa.univpm.it/it/content/article/31/35/la-riforma-delle-politiche-di-sviluppo-rurale-2014-2020>. – Дата доступа: 23.05.2023.
5. Рау, В. В. Пути возрождения сельских территорий России / В. В. Рау, Л. В. Скульская, Т. К. Широкова // Проблемы прогнозирования. – 2022. – № 1(190). – С. 114–124. DOI:10.47711/0868-6351-190-114-124.
6. Бондаренко, Л. Город и деревня: дистанция и пути ее преодоления / Л. Бондаренко // АПК: экономика, управление. – 2020. – № 12. – С. 103–117.
7. Павлова, Ю. Биоэкополис – институт социально-экономического развития сельских территорий / Ю. Павлова, Т. Ворожейкина // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 3. – С. 88–92.
8. Чирич, А. В. Методика оценки эффективности инвестиций в социальную инфраструктуру села Республики Беларусь. / А. В. Чирич // Аграрная экономика. – 2021. – №10. – С. 83–92. DOI:10.29235/1818-9806-2021-10-83-92.
9. Колмыков, А. В. Основные цели, задачи и функции устойчивого социально-экономического развития административных районов как кластерных организаций / А. В. Колмыков // Проблемы экономики: сборник научных трудов / УО «Белорусская государственная орден Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»; ред. кол.: Л. В. Пакуш [и др.]; – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – №1 (32). – С. 54–61.
10. Тетеринец Т. А. Мотивация как инструмент рурализации человеческого капитала // Аграрная экономика. – 2023. – № 3. – С. 83–96. – ВАК РБ. – DOI:10.29235/1818-9806-2023-3-83-96.
11. Подузов, А. А. О соотношении уровня материальной обеспеченности и субъективного качества человеческой жизни / А. А. Подузов, В. С. Языкова // Проблемы прогнозирования. – 2021. – № 5. – С. 86–100. DOI:10.47711/0868-6351-188-86-100.
12. Проблемы и перспективы социально-экономического развития сельских территорий: региональный аспект. – М.: Издание Государственной Думы, 2021. – 320 с.
13. Соколова, А. И. Современные тенденции развития местных территорий: от урбанизации к рурализации / А. И. Соколова // Градостроительное право. – 2021. – № 2. – С. 44–48.
14. Лукашин, Н. А. Информационные технологии и инфраструктура сельских территорий / Н. А. Лукашин // Креативная экономика. – 2021. – Том 15. – № 6. – С. 2603–2614. DOI:10.18334/ce.15.6.112193.
15. Коломейченко, А. С. Информационное обеспечение процессов управления в АПК / А. С. Коломейченко // Молодой ученый. – 2017. – № 15.1 (149.1). – С. 10–12.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ФУНКЦИОНИРОВАНИЮ АГРОХОЛДИНГОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А. И. ПОДЛИПСКИЙ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213410, e-mail: antipod.x@mail.ru

(Поступила в редакцию 05.06.2023)

Одной из важнейших тенденций интеграционных процессов в сфере белорусского аграрного бизнеса является холдингизация – рост количества и значимости структур холдингового типа. Роль холдингов за последние 10 лет стала во многом определяющей, о чем свидетельствует проведенный анализ показателей и различных аспектов их деятельности. За рассматриваемый период отмечаются относительная стабилизация процессов создания холдингов и упорядочение их структуры. Одной из основных черт интеграционных процессов является наличие у государства контрольного пакета акций абсолютного большинства головных компаний агрохолдингов. Исследования свидетельствуют, что показатель рентабельности агрохолдингов не превышает среднего по сельскохозяйственным организациям, несмотря на то, что подавляющее количество участников – переработчики сельскохозяйственного сырья, что говорит о невысокой эффективности данной формы объединения. Использование преимущественно горизонтальной формы интеграции при создании агрохолдингов с участием государства также является основанием полагать, что их потенциал использован далеко не полностью, поскольку лишь завершенность технологической цепочки с замкнутым циклом производства сырья – промышленная переработка – торговля может обеспечить максимальные конечные результаты как для самого формирования, так и для агробизнеса в целом. В связи с этим в статье предложены рекомендации, основанные на глубоком изучении интеграционных процессов в аграрном бизнесе Республики Беларусь и роли в них холдинговых структур, анализе закономерностей их развития, законодательной базы. Предложенные подходы также базируются на авторских методиках, расчетах, которые по мнению автора должны способствовать более полной реализации потенциала холдинговых структур в сфере аграрного бизнеса.

Ключевые слова: агропромышленная интеграция, рекомендации, аграрный бизнес, эффективность, агрохолдинг.

One of the most important trends in the integration processes in the sphere of the Belarusian agricultural business is holdingization – an increase in the number and importance of holding-type structures. The role of holdings over the past 10 years has become largely decisive, as evidenced by the analysis of indicators and various aspects of their activities. During the period under review, there is a relative stabilization of the processes of creating holdings and streamlining their structure. One of the main features of the integration processes is that the state has a controlling stake in the absolute majority of parent companies of agricultural holdings. Studies show that the profitability of agricultural holdings does not exceed the average for agricultural organizations, despite the fact that the vast majority of participants are processors of agricultural raw materials, which indicates the low efficiency of this form of association. The use of a predominantly horizontal form of integration when creating agricultural holdings with the participation of the state is also a reason to believe that their potential is far from being fully used, since only the completeness of the technological chain with a closed cycle of raw material production – industrial processing – trade can provide maximum final results both for the formation itself and for agribusiness in general. In this regard, the article proposes recommendations based on a deep study of integration processes in the agricultural business of the Republic of Belarus and the role of holding structures in them, an analysis of the patterns of their development, and the legislative framework. The proposed approaches are also based on the author's methods, calculations, which, according to the author, should contribute to a more complete realization of the potential of holding structures in the field of agricultural business.

Key words: agro-industrial integration, recommendations, agricultural business, efficiency, agricultural holding.

Введение

Анализ интеграционных процессов в Республике Беларусь позволяет выделить две основные группы интеграционных формирований – вертикально интегрированные предприятия типа агрокомбинатов, ставшие интеграционной структурой по инициативе руководства самих предприятий, путем организации переработки и сбыта конечному потребителю, а также интеграционные формирования холдингового типа. При этом проведенная оценка деятельности указанных формирований показала более высокую степень эффективности деятельности агрокомбинатов по сравнению с агрохолдингами, что связано с рядом причин. Белорусские холдинги – явление сравнительно новое. Законодательные основы для данной формы организации субъектов хозяйствования, как уже отмечалось в предыдущей главе, были приняты в 2009 году, а в апреле 2010 года был зарегистрирован первый холдинг. Таким образом, за рассматриваемый период наблюдается явная тенденция холдингизации национальной экономики. На начало 2021 года в Беларуси зарегистрировано 89 холдингов, из них 20 – относящихся к сфере аграрного бизнеса. Количество холдингов за исследуемый период выросло более чем в 5 раз. В данную статистику не включены формирования холдингового типа, создаваемые в Витебской области начиная с 2016 года.

Основная часть

Невысокая эффективность агрохолдингов даже в сравнении со средними показателями по сельскохозяйственным предприятиям Республики Беларусь позволяет сделать вывод о неиспользовании в полной мере инструментов и преимуществ холдингов, в том числе предусмотренных законодательством [2]. Одним из примеров агрохолдингов является холдинг «Купаловское», который был зарегистрирован Министерством экономики Республики Беларусь 4 июля 2017 года. Представляет собой горизонтально интегрированную структуру, в состав которой вошли: три сельскохозяйственные организации, находящиеся на территории Шкловского района, в том числе ОАО «Амкодор-Шклов», ЗАО «Большие Славени», ОАО «Новгородищенское» и ООО «Купаловское» – управляющая компания холдинга, которое создано и зарегистрировано в едином государственном реестре юридических лиц и индивидуальных предпринимателей 04.08.2017 года. В 2022 году ОАО «Амкодор-Шклов» было переименовано в ОАО «Любиничи-Агро». Общая земельная площадь по холдингу на момент создания составляла 24,6 тыс. га (27,1 % всей территории района). Общая площадь сельскохозяйственных угодий по холдингу – 22,6 тыс. га (27,4 % к общей площади земель района), из них пашня – 17,6 тыс. га (27,1 %). Уровень распаханности – 77,9 %. Специализация холдинга базируется на производстве продукции мясомолочного скотоводства с развитым производством зерна. Доля реализации КРС и молока за 2017 год в общем объеме реализации составляла 12,0 % и 54,5 % соответственно.

Проведенный анализ деятельности холдинга «Купаловское» показал, что данное формирование имеет достаточно стабильный, но невысокий уровень эффективности, не превышающий среднереспубликанские показатели, что также свидетельствует об отсутствии ярко выраженного положительного эффекта от интеграции. В соответствии с изученными и выявленными в деятельности холдинга тенденциями, состоянием производства отдельных участников, а также имеющимися возможностями и инструментами, предусмотренными Указом №385 «О создании и деятельности холдингов» предложены рекомендации, которые будут способствовать проявлению и росту синергетического эффекта от совместной деятельности участников агрохолдинга по мере усовершенствования и углубления их взаимодействия.

1. В целях формирования оптимальной структуры управления холдинга «Купаловское» предлагается присоединить ОАО «Новгородищенское» к управляющей компании холдинга «Купаловское». По состоянию на начало 2023 года ООО «Купаловское» – управляющая компания холдинга не имеет в собственности производственных средств, штат представлен тремя сотрудниками: генеральным директором, главным экономистом и водителем. Присоединение ОАО «Новгородищенское» к ООО «Купаловское» – управляющая компания холдинга будет способствовать получению эффекта от высвобождения должностей: директора, главного экономиста ОАО «Новгородищенское», водителя. Первоначальный эффект (Э) от оптимизации структуры управления холдинга, связанный с высвобождением вышеперечисленных должностей может составить порядка 47 тыс. руб.

Денежные средства, полученные от экономии целесообразно направить на выплаты стимулирующего характера сотрудникам, а также на оплату за дополнительно выполняемую работу, связанную с совершенствованием деятельности агрохолдинга. Предполагаемый рассчитанный эффект является дополнительным в рамках предлагаемых мер по совершенствованию управленческой структуры холдинга. Основной эффект будет связан с:

- оптимизацией структуры управления;
- минимизацией транзакционных издержек участников холдинга;
- не допущением дублирования функций управляющей компании холдинга и управления сельского хозяйства Шкловского райисполкома, участников холдинга;
- консолидацией основных финансовых потоков в управляющей компании холдинга ООО «Купаловское» для обеспечения оптимального их распределения между дочерними компаниями и устойчивого функционирования холдинга в целом.

2. На текущем этапе функционирования холдинга, входящие в холдинг предприятия характеризуются различным технико-технологическим и финансово-экономическим уровнем своего развития. Анализ систем оплат труда субъектов холдинга показал, что в них существуют различия, диспропорции, которые не способствуют мотивации труда работников, созданию условий для продуктивной внутренней конкуренции и в конечном счете эффективному функционированию структуры как единой системы. В связи с этим целесообразно разработать единые принципы, критерии и механизмы материального стимулирования работников с учетом актуальных экономических возможностей дочерних предприятий. Предлагаемый алгоритм совершенствования системы оплаты труда внутри структуры представлен на рис. 1.



Рис. 1. Алгоритм совершенствования системы оплаты труда в агрохолдинге «Купаловское»

Унификацию положений об оплате труда всех участников холдинга целесообразно провести в соответствии с примерным положением об оплате труда Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Анализ систем оплат труда участников холдинга «Купаловское» показал, что ставки первого разряда в них существенно отличаются и находятся в диапазоне: от 41 до 75,2 рублей в месяц. Разработка единой тарифной сетки и согласование ставок первого разряда предприятиями-участниками будет способствовать повышению мотивации труда, созданию равных условий для работников и субъектов, упрощению и совершенствованию системы внутрихолдинговых расчетов за промежуточную продукцию, в которых в большинстве случаев заложены затраты на оплату труда. На заключительном этапе предлагаемого алгоритма возможно введение единой системы оплаты труда для всех участников.

3. С целью формирования единой производственной, инвестиционной, логистической политики, а также повышения эффективности коммерческой деятельности по закупкам управляющей компанией холдинга следует организовывать и широко применять инструмент участия субъектов холдинга в процедурах совместных закупок товаров (работ, услуг). В соответствии с пунктом 5.3 Указа № 385 «О создании и деятельности холдингов» управляющей компании для этого необходимо провести следующие виды работ:

- разработку соглашения о совместном участии в процедуре закупки, определяющего права, обязанности и ответственность участников;
- оценку соответствия требованиям, установленным законодательством и условиями процедур закупок к участникам закупок, осуществляющим поставку товаров (работ, услуг);

– подачу предложения от имени участников холдинга, совместно участвующих в закупках, одним из участников, определяемым в соглашении о совместном участии в процедуре закупки, от имени всех участников такого соглашения;

– заключение договора по результатам процедур закупок с одним из участников холдинга, действующим от имени всех участников соглашения о совместном участии в процедуре закупки. При этом участники такого соглашения несут солидарную ответственность по обязательствам, возникшим в связи с заключением этого договора [1].

4. Разработка положения об определении порядка формирования централизованного фонда за счет отчислений из чистой прибыли и направлений его использования в контексте Указа № 385 с целью совершенствования взаимоотношений участников холдинга и повышения инвестиционного потенциала всей структуры.

В соответствии с законодательством, денежные средства централизованного фонда, зачисленные на специальный счет управляющей компании (собственника), специальные счета дочерних компаний, имеют целевое назначение и могут направляться на:

– осуществление централизованных закупок машин и оборудования, отнесенных, с последующей их безвозмездной передачей в соответствии с порядком, предусмотренным указом, иным участникам холдинга;

– финансирование капитальных вложений производственного назначения;

– выплату денежных средств, необходимых для совершения платежа по аккредитиву;

– погашение задолженности по договорам финансовой аренды (лизинга);

– совершение платежей по договорам финансирования под уступку денежного требования (факторинга);

– другие цели.

Поскольку формирование централизованного фонда происходит за счет чистой прибыли участников, использование данного инструмента целесообразно, когда хотя бы большая часть участников имеет положительное значение чистой прибыли. В случае с агрохолдингом «Купаловское», где в 2021 году две из трех организаций были убыточными, формированию фонда должны предшествовать преодоление убыточности его участников, достижение устойчивого уровня эффективности производства за счет мер, рассмотренных в следующей рекомендации.

5. Для повышения экономической эффективности производственной деятельности агрохолдинга «Купаловское» целесообразно реализовать следующие направления:

а) обеспечение неукоснительного выполнения технологических регламентов при выращивании КРС, производстве молока, возделывании сельскохозяйственных культур;

б) создание прочной кормовой базы, предполагающую совершенствование технологий заготовки и хранения кормов, скормливание животным кормов наивысшего качества по научно обоснованным нормам. Одной из основных причин проблем в животноводстве участников холдинга является нехватка полноценных концентрированных кормов. Так, не в полной мере реализовано взаимовыгодное сотрудничество хозяйств холдинга с ОАО «Александрийское», в том числе в части изготовления комбикормов для нужд холдинга. Для совершенствования системы кормопроизводства и повышению эффективности животноводства целом по холдингу целесообразно разработать и реализовать проект по покупке комбикормового мини завода, который позволит покрыть потребность участников холдинга в качественных концентрированных кормах (не менее 12 тысяч тонн). В связи с высокой закредитованностью ОАО «Любичиничи-Агро» (бывшее ОАО «Амкодор-Шклов») и ОАО «Новгородищенское» инвестиционный проект целесообразно реализовать за счет собственных и заемных средств ЗАО «Большие Славени». Обеспеченность полноценными концентратами позволит участникам холдинга выйти на устойчивый уровень эффективности производства и станет основой для дальнейшего развития всей структуры;

в) в области повышения эффективности производства продукции растениеводства перспективным видится создание единого механизированного отряда на базе участников холдинга. Данная мера будет способствовать соблюдению оптимальных сроков проведения агротехнических работ, особенно в напряженные периоды посевной и уборочной кампании. Объединение усилий по комплектованию механизированных отрядов необходимой техникой является преимуществом холдинговых структур и возможно исходя из законодательно разрешенных процедур безвозмездного оказания услуг участниками холдинга друг другу. Оказание услуг по проведению агротехнических мероприятий целесообразно сопровождать внутренними договорами, а также фиксировать актами выполненных работ, на основе рассчитанных и согласованных с управляющей компанией калькуляций стоимости услуг по выполнению определенного вида работ;

г) оптимизация отраслевой структуры холдинга за счет рационального использования имеющихся производственных ресурсов, учета специализации участников структуры и ее углубления для более эффективной деятельности всего формирования. Согласно статье 9 и приложению 2 Указа № 385 у участников холдинга есть право в пределах формирования передавать в безвозмездное пользование имущество использовать объекты интеллектуальной собственности, принадлежащих иным участникам холдинга, на безвозмездной основе, также деньги и ценные бумаги, товары, продукцию, выполненные работы, оказанные услуги. При этом эти объекты не включаются в состав внереализационных доходов при исчислении налога на прибыль и единого налога для производителей сельскохозяйственной продукции. Для такого уже более глубокого взаимодействия субъектов холдинга, при котором происходит оптимизация и некоторое перераспределение ресурсов необходимо:

- разработать положения по формированию схем взаиморасчетов участников за промежуточную продукцию, передаваемую в рамках организации единого замкнутого технологического цикла;
- определить порядок формирования внутрикорпоративной ценовой политики.

С целью обоснования оптимальной отраслевой структуры агрохолдинга «Купаловское», была составлена и решена расширенная экономико-математическая задача. Важным моментом является согласование общей обеспеченности ресурсами, а также рациональное использование сельскохозяйственных площадей, в том числе пахотных земель. Прогнозные значения урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животных основаны на плановых показателях ООО «Купаловское – управляющая компания холдинга».

В качестве критерия оптимальности взята прибыль от реализации агрохолдинга, которая равна сумме прибылей его участников.

Информация об использовании основных производственных ресурсов в соответствии с результатами решения экономико-математической задачи представлена в табл. 1.

Таблица 1. Использование производственных ресурсов

Показатели	Ресурсы		Расчет в % к факту
	Факт	Расчет	
ОАО «Новгородищенское»			
Пашня, га	6048	6048	100,0
Естественные сенокосы и пастбища, га	451	451	100,0
Улучшенные сенокосы и пастбища, га	1238	1238	100,0
Запасы годового труда, чел.-час.	245000	253445	103,3
ОАО «Любичи-Агро»			
Пашня, га	7294	7294	100,0
Естественные сенокосы и пастбища, га	310	310	100,0
Улучшенные сенокосы и пастбища, га	1092	1092	100,0
Запасы годового труда, чел.-час.	551000	552852	100,4
ЗАО «Большие Славени»			
Пашня, га	4305	4305	100,0
Естественные сенокосы и пастбища, га	288	288	100,0
Улучшенные сенокосы и пастбища, га	1197	1197	100,0
Запасы годового труда, чел.-час.	215000	222724	103,3

Перспективные параметры функционирования предприятия предполагают полное использование земельных ресурсов хозяйства. При этом необходимо привлечение дополнительного годового труда около 18 тыс. чел.-час, что составляет около 1,5 % от общего объема отработанного времени за отчетный период.

Также, в соответствии с решением экономико-математической задачи для внутрихолдинговой оптимизации производственных ресурсов целесообразно:

- ОАО «Новгородищенское» сконцентрироваться на производстве кукурузы на зерно, при этом увеличив посеvy данной культуры до 911 га (более чем в 10 раз по сравнению с фактической площадью), а также на производстве сена из всего получаемого предприятием объема многолетних трав;
- ОАО «Любичи-Агро» увеличить площадь посева зерновых на 31 %, за счет снижения площади рапса и отказа от производства зерна кукурузы и сена из многолетних трав;
- ЗАО «Большие Славени» увеличить площадь посева зерновых на 35 % и так же, как ОАО «Новгородищенское» производить сено из всей полученной от посевов многолетних трав зеленой массы;
- значительно сократить во всей рассматриваемых предприятиях посеvy кукурузы на силос.

В соответствии с полученным решением для кормления животных нужно закупить комбикорма извне для нужд ОАО «Новгородищенское» – 3402 т, для ОАО «Любичи-Агро» – 5848 т, а также

необходимо осуществить централизованную закупку сена со стороны объемом 2536 т для потребностей всего холдинга.

Структура посевных площадей сформирована на основе учета перспективных размеров животноводческих отраслей, представленных в табл. 2.

Таблица 2. **Поголовье животных в агрохолдинге «Купаловское»**

Вид животных	Фактическое поголовье, гол.	Расчетное поголовье, гол.	Расчет к факту, %
ОАО «Новгородищенское»			
Коровы	2557	2600	101,7
Молодняк КРС	3484	3287	94,3
ОАО «Любичи-Агро»			
Коровы	2980	3100	104,0
Молодняк КРС	3249	3192	98,2
ЗАО «Большие Славени»			
Коровы	1282	1300	101,4
Молодняк КРС	5367	5500	102,5

Таким образом, на перспективу рекомендуется увеличить поголовье коров во всех предприятиях-участниках, а также поголовье КРС на откорме в ЗАО «Большие Славени» до имеющихся возможностей, обусловленных мощностью предприятий и наличием скотомест. При этом целесообразно сократить поголовье КРС на выращивании и откорме в ОАО «Новгородищенское» и ОАО «Любичи-Агро» на 5,7 и 1,8 % соответственно.

Основные показатели эффективности по участникам и структуре, которые отражают эффект от оптимизации в целом, приведены в табл. 3.

Таблица 3. **Финансовые результаты деятельности участников агрохолдинга**

Показатели	Факт	Расчёт	Расчет к факту, %, ± п.п., тыс. руб.
ОАО «Новгородищенское»			
Выручка, тыс. руб.	16333	18186	111,4
Затраты на производство, тыс. руб.	16031	17884	111,5
Прибыль, тыс. руб.	302	302	100
Уровень рентабельности продаж, %	1,7	1,7	+0,0 п. п.
ОАО «Любичи-Агро»			
Выручка, тыс. руб.	18978	21502	113,3
Затраты на производство, тыс. руб.	18861	20701	109,8
Прибыль, тыс. руб.	117	801	683,8
Уровень рентабельности продаж, %	0,6	3,7	+3,1 п. п.
ЗАО «Большие Славени»			
Выручка, тыс. руб.	13218	16809	127,2
Затраты на производство, тыс. руб.	11371	10623	93,4
Прибыль, тыс. руб.	1847	6186	334,7
Уровень рентабельности продаж, %	14,0	36,8	+22,80 п. п.
Агропромышленный холдинг «Купаловское»			
Выручка, тыс. руб.	48529	56495	116,4
Затраты на производство, тыс. руб.	46263	49590	107,2
Прибыль, тыс. руб.	2266	6905	304,7
Уровень рентабельности продаж, %	4,7	12,2	+7,5 п. п.

Таким образом, использование результатов развернутой экономико-математической модели по оптимизации отраслей, структуры сельскохозяйственных угодий, ресурсов предприятий агрохолдинга позволит увеличить общую прибыль более чем в 3 раза, а рентабельность на 7,5 п. п. за счет роста данных показателей в первую очередь в ЗАО «Большие Славени». При этом эффективность ОАО «Новгородищенское» планируется на фактическом уровне, в ОАО «Любичи-Агро» планируется рост рентабельности продаж на 3,1 п. п., в ЗАО «Большие Славени» – на 22,8 п. п. Значительный рост эффективности и в частности массы прибыли в ЗАО «Большие Славени» создает предпосылки для становления данной организации в качестве инвестиционного лидера, «буксира» на этапе стабилизации финансового состояния всей структуры. Так в качестве следующего шага после оптимизации отраслевой структуры согласно результатам решения экономико-математической задачи можно рассматривать отмеченную выше рекомендацию по приобретению оборудования ЗАО «Большие Славени» для производства собственных комбикормов, мощностью достаточной для обеспечения данным видом корма всего холдинга.

Заключение

Таким образом, предложены рекомендации по эффективному функционированию агрохолдингов на примере «Купаловское». Рекомендации включают подходы к формированию оптимальной органи-

зационной структуры холдинга, совершенствованию системы оплаты труда, как важнейшего фактора мотивации сотрудников, использование возможности совместного участия предприятий структуры в процедурах закупки, порядок формирования централизованного фонда, подходы к повышению эффективности производственной деятельности агрохолдинга. Данные рекомендации, основанные на глубоком анализе состояния структуры в целом и отдельных ее участников, на законодательстве, регламентирующем деятельность холдингов в Республики Беларусь будут способствовать повышению экономической эффективности деятельности холдинга «Купаловское» за счет использования потенциала от интеграции, выражающемся в возникновении синергетического эффекта и в перспективе реализации первоначально планируемой стратегии данного холдинга – организацию собственной переработки и создание структуры с замкнутым циклом производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. О создании и деятельности холдингов [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 7 октября 2021 г., № 385 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P32100385> – Дата доступа: 03.05.2023.

2. Подлипский, А. И. Оценка эффективности деятельности интеграционных структур в агропромышленном комплексе Республики Беларусь / Актуальные проблемы инновационного развития агропромышленного комплекса Беларуси: сборник научных трудов по материалам XIII Международной научно-практической конференции: в 2 ч. Ч. 2, Горки, 4–5 февраля 2021. – С. 98–104.

3. Подлипский, А. И. Рекомендации по созданию эффективных интеграционных структур в агробизнесе Республики Беларусь / А. И. Подлипский // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2022. – № 3. – С. 21–27.

4. Фрейдин, М. З. Обоснование целесообразности и выбор форм интеграции субъектами агробизнеса Республики Беларусь / М. З. Фрейдин, А. И. Подлипский // Аграр. экономика. – 2021. – № 1. – С. 53–61.

СИСТЕМА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНТЕРВЕНЦИЙ В АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ СФЕРЕ ЭКОНОМИКИ, ФАКТОРЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ, АЛГОРИТМ ОБОСНОВАНИЯ

Н. П. ПАНАСЮГА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: 85nata_p@mail.ru

(Поступила в редакцию 15.06.2023)

Как показал анализ научной литературы, по большинству вопросов интервенционной повестки позиции ученых совпадают. Это касается причин и последствий государственных интервенций, форм их реализации. Вместе с тем следует констатировать, что системное изложение различных аспектов экономических интервенций пока не выработано. В статье дополнены имеющиеся теоретико-методологические разработки, проведена авторская систематизация форм интервенций, уточнены критерии их применения с учетом возможных негативных последствий, на которых сделан особый акцент, предложен пошаговый алгоритм обоснования применения интервенций.

Авторская группировка интервенционных рычагов включает: финансово-инвестиционные интервенции; товарные и ценовые интервенции; ресурсные интервенции; организационно-экономические интервенции. К финансово-инвестиционным интервенциям нами относятся меры, предусматривающие непосредственную и косвенную поддержку АПК, которая связана с получением денежных ресурсов или сокращением издержек субъектов хозяйствования. Товарные и ценовые интервенции объединяют меры, направленные на сбалансирование рыночного спроса и предложения, а также регулирование цен в случаях, если товарного балансирования с участием государства недостаточно. Организационно-экономические интервенции включают меры организационного, управленческого характера, которые способствуют консолидации финансовых ресурсов субъектов хозяйствования с целью повышения экономической эффективности производства, сбыта и инвестирования. В отдельную группу нами выделены ресурсные интервенции – меры в сфере приобретения и повышения отдачи основополагающих активов АПК.

Важнейшими факторами применения экономических интервенций выделены: недопущение искажения условий ведения хозяйственной деятельности, нивелирования ответственности субъектов хозяйствования за ее результаты, подавления предпринимательской и управленческой инициативы на местах; эффект от экономических интервенций должен превышать общественные издержки по их проведению; интервенционное воздействие должно обеспечивать учет интересов всех заинтересованных и реализовываться в строгом соответствии с законодательством; меры интервенционного воздействия должны предусматривать повышение уровня жизни сельского населения, сохранение традиционного сельского уклада; интервенционное воздействие должно учитывать всевозможные последствия, которые могут проявляться в течение длительного периода.

Ключевые слова: экономические интервенции, агропродовольственная сфера, финансово-инвестиционные интервенции; товарные и ценовые интервенции; ресурсные интервенции; организационно-экономические интервенции.

As the analysis of the scientific literature has shown, the positions of scientists coincide on most issues of the intervention agenda. This concerns the causes and consequences of state interventions, the forms of their implementation. At the same time, it should be noted that a systematic presentation of various aspects of economic interventions has not yet been developed. The article supplements the existing theoretical and methodological developments, the author systematizes the forms of interventions, clarifies the criteria for their application, taking into account possible negative consequences, which are emphasized, and proposes a step-by-step algorithm for justifying the use of interventions.

The author's grouping of intervention levers includes: financial and investment interventions; commodity and price interventions; resource interventions; organizational and economic interventions. Financial and investment interventions include measures that provide direct and indirect support for the agro-industrial complex, which is associated with obtaining financial resources or reducing the costs of business entities. Commodity and price interventions combine measures aimed at balancing market demand and supply, as well as price regulation in cases where commodity balancing with the participation of the state is not enough. Organizational and economic interventions include measures of an organizational, managerial nature that contribute to the consolidation of financial resources of business entities in order to increase the economic efficiency of production, marketing and investment. We singled out resource interventions as a separate group - measures in the field of acquiring and increasing the return on the fundamental assets of the agro-industrial complex.

The most important factors in the application of economic interventions are: prevention of distortion of the conditions for doing business, leveling the responsibility of business entities for its results, suppression of entrepreneurial and managerial initiatives on the ground; the effect of economic interventions must exceed the social costs of their implementation; intervention impact should ensure that the interests of all stakeholders are taken into account and be implemented in strict accordance with the law; intervention measures should include raising the standard of living of the rural population, preserving the traditional rural way of life; intervention impact should take into account the possible consequences that may occur over a long period.

Key words: economic interventions, agro-food sector, financial and investment interventions; commodity and price interventions; resource interventions; organizational and economic interventions.

Введение

Экономические интервенции рассматриваются нами в качестве инструментов *активного* государственного воздействия на развитие агропромышленного производства, функционирование агропродовольственного рынка, которые применяются в процессе решения тех или иных значительных задач государственного регулирования. Как правило, обособленно интервенционные рычаги применяются

весьма выборочно и редко. Даже если нормативные решения предусматривают реализацию определенного инструмента, он встраивается в систему уже действующих рычагов интервенционного воздействия. При выборе интервенционного рычага крайне важно учитывать время и продолжительность его применения.

Цель исследования – разработать систему экономических интервенций в агропродовольственной сфере экономики, проанализировать и конкретизировать факторы их применения с учетом вероятных негативных последствий, предложить алгоритм обоснования применения интервенций.

Основная часть

Отличительным признаком интервенции в системе рычагов государственного регулирования агропромышленного производства, как показали выполненные нами исследования, является их активный характер, т.е. они применяются целенаправленно для достижения конкретных целей. Ранее нами установлено, что *интервенции должны обладать выраженным свойством корректировки экономических явлений, пропорций, в том числе рыночных, развивающихся с отклонениями от целевого (планового, рационального) сценария [1].*

В данной связи систематизация экономических интервенций должна строиться на признаках, характеризующих их форму, а не целевое назначение, как в основном принято при структурировании механизма государственного регулирования агропромышленного производства. Исходя из этого нами предлагается следующая группировка интервенционных рычагов: финансово-инвестиционные интервенции; товарные и ценовые интервенции; ресурсные интервенции; организационно-экономические интервенции.

К *финансово-инвестиционным интервенциям* нами относятся меры, предусматривающие непосредственную и косвенную поддержку АПК, которая связана с получением денежных ресурсов или сокращением издержек субъектов хозяйствования. К ним прежде всего следует причислять прямые бюджетные дотации (расходы) на поддержку доходов от основной деятельности, инвестиционные субвенции (предоставление средств на приобретение инвестиционных товаров) производителям сельскохозяйственных товаров; меры реструктуризации задолженности; меры удешевления заемных ресурсов и предоставления таких ресурсов за счет бюджетных источников, иные подобные меры.

Весьма значимой научной и практической проблемой является оценка эффективности таких интервенций, поскольку они сопряжены с выделением централизованных средств или недополучением их в бюджет, причем важно обеспечить прогноз не только краткосрочного эффекта, но и среднесрочных и долгосрочных последствий государственного вмешательства в деятельность субъектов хозяйствования. Такая оценка должна учитывать многофункциональность сельского хозяйства. Его роль гораздо шире задач обеспечения продовольственной безопасности и устойчивой коммерческой деятельности по производству агропродовольственных товаров.

Наши исследования показывают, что практически невозможно выработать универсальную методику оценки эффективности экономических интервенций в контексте альтернативного выбора того или иного рычага и определения необходимой силы его воздействия. В каждой конкретной ситуации необходимо учитывать множество факторов, доминирующее положение которых от случая к случаю изменяется.

Товарные и ценовые интервенции объединяют меры, направленные на сбалансирование рыночного спроса и предложения, а также регулирование цен в случаях, если товарного балансирования с участием государства недостаточно.

Товарные интервенции, как известно, широко применяются в мировой практике. Разработана нормативная база их использования и в Беларуси. Вместе с тем для локального практического использования есть объективные трудности. Наша страна является членом Евразийского экономического союза, на территории которого функционирует единый рынок товаров и услуг, перемещение и реализация продукции осуществляется без ограничений (за исключением предусмотренных и допускаемых международными договорами).

В данной связи закупочные либо реализационные интервенции, осуществляемые на рыночных принципах (с задействованием биржи, интернет-аукционов как вариант) не обеспечат необходимого эффекта. Названные аспекты товарных интервенций в основном известны. Однако проблематика регулирования рынка с использованием указанного направления интервенционного воздействия гораздо шире. В зависимости от конкретных условий способов использования товарные интервенции приобретают выраженные отличительные черты.

На основании изучения мировой практики и теоретических источников нами выделены следующие их виды:

в части закупочных интервенций:

закупочные интервенции, которые осуществляются государством (государственным агентом) на рыночных условиях, то есть закупочная структура выступает как обычный субъект хозяйствования, приобретая продукцию на свободном рынке у поставщиков, предлагающих лучшие условия продажи. Государство действует исходя из прогноза рыночной конъюнктуры, упреждая избыток продукции на рынке и сопутствующее падение цен. Для этого обеспечивается мониторинг производства (в том числе видов на урожай в стране, экономическом сообществе и мире в целом), рыночных запасов, ведется с использованием различных научных методов оценка потенциальных конъюнктурных сдвигов;

закупочные интервенции, которые проводятся по гарантированным ценам, то есть в случае, когда рыночная цена падает до уровня этого интервенционного индикатора (как отмечалось выше, открытый доступ к рынку нерезидентов может нивелировать действенность такого интервенционного рычага);

квотные закупочные интервенции. Приобретение агропродовольственных товаров осуществляется не только по гарантированным ценам, но и в размере распределенных между поставщиками квот (в межгосударственных интеграционных структурах требуется согласованность действий стран или проведение закупок по единым правилам);

залоговые операции. Применяются для связывания товарной массы в пики сезонного предложения на рынке путем оплаты хранения продукции и гарантирования сбыта по залоговым ценам (ставкам). Реализуются за счет бюджетных и кредитных ресурсов;

в части реализационных интервенций (применяются для сдерживания необоснованного роста цен на сельскохозяйственные товары в случае недостаточного предложения продукции рыночными агентами):

реализационные интервенции (бирже, оптовом рынке, аукционе) по рыночным ценам. Осуществляются для повышения экономической доступности агропродовольственных товаров.

Для реализационных интервенций характерны те же аспекты и ограничения, что и для закупочных интервенций. Так, увеличение предложения может повысить заинтересованность зарубежных покупателей в приобретении подешевевшей продукции. Это нивелирует действенность применяемых государством мер. В данной связи применение реализационных интервенций целесообразно синхронизировать в рамках экономического сообщества, мандат которого предусматривает свободное перемещение сельскохозяйственных товаров в его границах. При определенных условиях может вводиться запрет на экспорт продукции. Если это невозможно по юридическим причинам, государство вводит дополнительные условия, что позволяет нам выделить другие виды реализационных интервенций;

реализационные интервенции, предусматривающие продажу сельскохозяйственного сырья биржевой номенклатуры (зерно, сахар, сухое молоко, животное масло) из государственных ресурсов непосредственно крупным отечественным потребителям – комбинатам хлебопродуктов, мясокомбинатам, кондитерским предприятиям и т.д. Таким образом обеспечивается насыщение товарами по доступным ценам розничного рынка. Расширение ассортимента доступных товаров выступает сдерживающим фактором для активности крупных зарубежных трейдеров. Такая практика может трактоваться как противоречащая нормам ВТО, поскольку создает преимущества для национальных товаропроизводителей (мера «желтой корзины»). Однако Беларусь не является членом Всемирной торговой организации и имеет запас по наращиванию субсидий, оказывающих влияние на торговлю в рамках Евразийского экономического союза. При проведении таких интервенций в указанном контексте считаем целесообразным обеспечивать равномерное (квотное) распределение продукции между заинтересованными для поддержки широкого круга субъектов хозяйствования. Предоставление дешевого сырья может сопровождаться требованием к ценам на изготовленную из него продукцию;

реализационные интервенции, проводимые при повышении рыночных цен выше установленного предела (индикатива). В этом случае сочетаются товарные и ценовые интервенции. Данный вид вмешательства характерен для стран Европейского союза и в научной литературе рассматривается как классический. Вместе с тем, по нашей оценке, при автономном применении он имеет определенные недостатки. Интервенции призваны покрыть текущий недостаток продукции на рынке, вызванный форс-мажорными обстоятельствами для производителей. Цена должна обеспечивать достаточные стимулы для сохранения привлекательности аграрного бизнеса (покрытия издержек и формирования конкурентной прибыли). Низкая интервенционная цена может снизить привлекательность производства и перевести текущий конъюнктурный дисбаланс в системный. В этом случае государство может даже не сформировать интервенционные фонды.

Поддержание высоких цен, наоборот, приводит к перепроизводству и необходимости закупочных интервенций в повышенных объемах. В этой связи важен мониторинг издержек, рынка, последствий научно-технического прогресса с целью оценки рыночного предложения и спроса. Практика показывает, что несмотря на высокий кадровый и финансовый потенциал даже в Европейском союзе эту работу долгое время не могли должным образом организовать. Проблема перепроизводства решалась

не рыночными инструментами, а квотированием, которое осуществлялось в отношении молока, сахарной свеклы и других продуктов.

Большинство исследователей рассматривают товарные интервенции в контексте поддержания доходов товаропроизводителей и экономической доступности сельскохозяйственных товаров в условиях неэластичности спроса на агропромышленную продукцию. Ими упускается из вида возможность задействования товарных интервенций как механизма противодействия злоупотреблению субъектами хозяйствования доминирующим положением на товарных рынках. В данном контексте необходимо отметить следующее.

По нашей оценке, тенденция монополизации рынка является естественным следствием его либерализации и в отсутствие противодействия (или слабого предупреждения) со стороны государства приводит к усилению сегментирования, рыночного доминирования.

В данной связи монопольное положение субъекта хозяйствования не должно рассматриваться само по себе как исключительно негативное явление, так как доминирование в большинстве случаев обеспечивается эффективной научно-технической, инновационной и маркетинговой политикой компании (фирмы). Негативный подтекст оно приобретает только при злоупотреблении – завышении цен, подавлении конкурентов [2].

Товарные и ценовые интервенции являются действенным способом противодействия злоупотреблениям монопольным положением на рынке, в частности, при развитии государством или прогосударственными структурами деятельности, которая монополизирована недобросовестными субъектами хозяйствования. В АПК такие субъекты проявляют себя в сфере импорта важных ресурсов – белкового сырья и премиксов, оболочки для колбасных изделий, биологических заквасок, ветеринарных препаратов и т.д. Противодействие им может быть обеспечено путем развития собственного производства или организации альтернативного импорта, чтобы добиться снижения цен.

В отдельную группу нами выделены *ресурсные интервенции* – меры в сфере приобретения и повышения отдачи основополагающих активов АПК.

По нашей оценке, такие меры хоть и подобны закупочным интервенциям по своей форме, но имеют иную природу – обеспечивать стратегическое решение продовольственного вопроса государства. В отличие от товарных интервенций, предусматривающих преимущественно закупки и реализацию сельскохозяйственных товаров, объектом ресурсных интервенций выступают основополагающие активы – основные и в определённой мере оборотные средства, задействованные в процессе производства и продвижения сельскохозяйственных товаров, а также нематериальные активы.

К мерам государственного регулирования, применяемым в Беларуси, которые имеют признаки ресурсных интервенций, следует отнести прежде всего мелиорацию сельскохозяйственных земель, в том числе химическую – известкование сельскохозяйственных угодий.

К данной группе интервенций, по нашей оценке, необходимо причислить финансирование научно-технической, опытно-конструкторской и иной деятельности с целью последующей передачи (предоставления) результатов, в том числе товаров и услуг агропромышленным организациям. Потребность в научных исследованиях для обеспечения устойчивого развития агропромышленного производства является непреходящей. Это связано с необходимостью постоянной адаптации производства климатическим изменениям, распространением нетипичных для регионов болезней и вредителей, повышением их вредоносности в результате мутаций, глобального потепления. Помимо исследований прорывного характера, связанных с генной инженерией, промышленным применением нанотехнологий, расширением сфер биотехнологического приложения (в частности, при продуцировании незаменимых аминокислот), требуется уточнение, казалось бы, устоявшихся позиций – сроков сева, способов обработки почвы и ухода за посевами. Существенную экономию обеспечивает развитие и применение технологий точного земледелия, включая задействование беспилотных агрегатов. По оценкам ученых БГСХА, окупаемость устройств точного беспилотного вождения, установленных на энергонасыщенных тракторах, не превышает одного года при средних параметрах рабочей нагрузки.

Ресурсные интервенции включают и возможные меры по созданию и поддержке стратегических финансовых, производственных и торгово-логистических предприятий. Под определение ресурсных интервенций подпадают и такие инструменты как финансовое участие государства в формировании уставного капитала компаний, осуществляющих деятельность в агропромышленной сфере.

Ресурсные интервенции, как показывает практика, могут осуществляться в форме преференциальной передачи государственных активов негосударственным белорусским компаниям, занимающим стратегическое положение на отечественном и зарубежном рынках с целью усиления их потенциала.

По нашей оценке, к ресурсным интервенциям следует отнести и государственные меры по поддержке социальной инфраструктуры села. Создание благоприятных условий не только для работы, но и для проживания является одним из столпов аграрной политики белорусского государства.

Организационно-экономические интервенции включают меры организационного, управленческого характера, которые способствуют консолидации финансовых ресурсов субъектов хозяйствования с целью повышения экономической эффективности производства, сбыта и инвестирования.

Такие меры не предполагают прямой передачи государственных ресурсов субъектам хозяйствования. Их содержание сводится к тому, чтобы добиться согласованного развития различных звеньев в хозяйственной цепочке движения товаров и денежных потоков с целью увеличения возможностей самофинансирования и саморазвития.

К организационно-экономическим интервенциям относятся решения по директивному формированию сырьевых зон, перераспределению земельных ресурсов между субъектами хозяйствования для повышения отдачи сельскохозяйственных угодий, созданию агропромышленных объединений в различных организационно-правовых формах (в том числе с участием финансовых структур), обеспечивающий контроль прохождения продукции от поля до прилавка.

На практике организационно-экономические интервенции часто сочетаются с финансово-инвестиционными – государство дает возможность «очистить баланс» корпоративных структур от накопившихся долгов, накопить ресурсный потенциал для развития.

Но, как известно, этот «долговой» мотив часто является основным для инициаторов организационных решений. Финансовая устойчивость корпоративных структур сохраняется до того момента, пока не наступает время возвращать отсроченные долги. К такой ситуации, как правило, приводит недостаточная оценка возможных негативных последствий принимаемых решений, их игнорирование и непринятие мер по упреждению.

В данной связи на основании проведенных исследований нами обобщены и дополнены условия и критерии (факторы) экономических интервенций. Акцент сделаем на ограничениях и негативных последствиях, так как позитивный эффект интервенций изучен и подробно описан в научной литературе.

Итак, *важнейшими факторами их применения* выделены:

1. Недопущение искажения условий ведения хозяйственной деятельности, нивелирования ответственности субъектов хозяйствования за ее результаты, подавления предпринимательской и управленческой инициативы на местах.

Искажение условий хозяйственной деятельности может произойти в случае создания с помощью государственных субсидий необъективных преимуществ определенной отрасли сельского хозяйства, предприятию или региону. Ускоренно развиваясь с учетом предпочтений на фоне повышения предельной доходности производства, вовлекая в оборот менее плодородные земли и другие активы пониженного качества сфера экономических интервенций может столкнуться с проблемами при прекращении поддержки. Среднесрочные конъюнктурные риски сводятся к невозможности рассчитаться по займам, привлеченным в условиях бюджетной поддержки, которая обеспечивает повышенную доходность бизнеса, а также возможным сложностям в обеспечении иных контрактных обязательств.

Системные риски состоят в утрате долгосрочной конкурентоспособности, отходе от адаптивной специализации и искажении систем ведения сельского хозяйства. Следует также учесть, что в стремлении «сорвать куш» при высокой доходности может быть стимулировано «хищническое земледелие» – стремление выжать из земли максимум, не обеспечив восполнение ее плодородия.

Искажение условий хозяйственной деятельности может произойти и в связи с необъективными ценовыми и товарными интервенциями. Непосредственное ограничение цен, либо формирование избыточного предложения по той или иной товарной группе может побудить субъекты хозяйствования к сокращению производства, вынужденной необъективной корректировке ассортимента.

Сельскохозяйственное производство отличается достаточно высокой инерционностью по отношению к изменению ценовых величин и пропорций. Существенный оклик предложения на повышение доходности молока, например, может быть обеспечен через 2 года – по мере увеличения поголовья коров с учетом ограниченных возможностей закупки маточного поголовья на мировом рынке. Некоторые меры по расширению стада могут быть приняты на хозяйственном уровне и в более сжатые сроки – за счет снижения уровня отбраковки первотелок, увеличения периода продуктивного использования скота. Но долгосрочные последствия таких шагов при слабой племенной и зоотехнической работе могут быть отрицательными в связи со снижением генетического потенциала следующих поколений КРС.

Подобную низкую динамичность изменения предложения следует ожидать и при действиях государства, направленных на снижение цен предложения сельскохозяйственной продукции. Товаропроизводители продолжают поставлять товары на традиционный рынок, так как альтернативное использование невозможно или затруднительно (зерно, сахарная свекла могут быть использованы для производства топливного этанола или бутанола, молочный белок – для производства биоразлагаемых полимеров, применяемых в обувной и швейной промышленности, и т.д.). Но уже в следующем сельско-

хозяйственном сезоне скорректируют свою производственную программу. Негативные последствия при этом будут усугубляться необходимостью дополнительных издержек на адаптацию производственного процесса, разработку технической документации и сертификацию товаров.

В данной связи, как отмечают многие исследователи [3, 4] регулирующие государственные органы должны учитывать отложенную реакцию на конъюнктурные изменения в результате интервенционного воздействия.

Государственные экономические интервенции призваны устранять рыночные несовершенства, корректируя и дополняя действия рыночного механизма, снижая риски и формируя условия устойчивого развития. Недостаточно обоснованные меры могут подавлять предпринимательскую и управленческую инициативу на местах, что недопустимо. Особенно это касается организационно-экономических интервенций.

Таким образом, интервенционное воздействие не должно нарушать иерархические связи, приводить к размытию ответственности руководителей всех уровней за результаты хозяйственной деятельности, сдерживать деловую инициативу на местах, что в перспективе может привести даже к падению качества кадрового потенциала. Эти требования относятся, как показывают выполненные нами исследования, к важнейшим факторам осуществления экономических интервенций.

2. Эффект от экономических интервенций должен превышать общественные издержки по их проведению.

Баланс должен строиться на оценке соотношения совокупных выгод и альтернативных затрат, учитывающих альтернативную маржинальность затраченных ресурсов.

Ключевым критерием эффективного функционирования АПК, как известно, следует считать достижение продовольственной безопасности. В динамике продовольственная безопасность обеспечивает условия для хозрасчётной окупаемости затрат совокупности субъектов продовольственного комплекса, хотя на каком-то этапе или в отдельном звене (чаще всего в сельском хозяйстве в силу особенностей воспроизводственного процесса) рентабельное функционирование может не обеспечиваться.

3. Интервенционное воздействие должно обеспечивать учет интересов всех заинтересованных и реализовываться в строгом соответствии с законодательством. Правовые нормы целесообразно декларировать и принимать заблаговременно, чтобы дать возможность адаптации к их введению.

По нашей оценке, эти условия в основном соблюдаются. Практически изжита практика принятия решений «задним числом», проводится оценка регулирующего воздействия правовых актов по наиболее чувствительным для бизнеса вопросам. Органы государственного управления, парламентарии организуют круглые столы для обсуждения новаций.

В данном контексте также важно руководствоваться международными договорами, участником которых является наша страна.

Указанные критерии касаются и вопросов обеспечения справедливой конкуренции. Меры финансово-экономической поддержки не должны приводить к созданию индивидуальных или групповых преимуществ. Такие преимущества могут возникать непреднамеренно, например, в связи с реализацией региональных программ поддержки товаропроизводителей, в соответствии с которыми субъекты хозяйствования определенного региона могут оказаться в более выгодном положении в сравнении с товаропроизводителями иных областей. С целью упреждения такой ситуации нами рекомендуется разработать и закрепить порядок согласования на республиканском уровне любых экономических интервенций с целью исключения негативного эффекта государственного вмешательства на конкуренцию. Согласующим органом может выступить Министерство экономики Республики Беларусь. При этом важно установить пороговые критерии для обращения к регулятору. Считаем, что в качестве таковых целесообразны: оказание государственной поддержки субъекту хозяйствования, занимающему доминирующее положение на республиканском или региональном рынке; поддержка производства определенного сельскохозяйственного товара или конкретных товаропроизводителей на уровне более 5 % планируемого объема выпуска, а также поддержка, не превышающая 5 %, но оказываемая на регулярной основе (ежегодно в течение 3-х лет).

4. Меры интервенционного воздействия должны предусматривать повышение уровня жизни сельского населения, сохранение традиционного сельского уклада.

Основные интервенционные рычаги, применяемые в нашей стране, направлены на решение широкого спектра задач экономического характера – наращивание объемов и повышение рентабельности производства, обеспечение устойчивости спроса и предложения, повышение производительности труда и т.д. Безусловно, эти меры напрямую влияют на возможности субъектов хозяйствования увеличивать заработную плату, оказывать материальную поддержку сотрудников, пенсионеров, спонсорскую помощь учреждениям образования.

Одновременно при формировании долгосрочной основы эффективного развития сельского хозяйства нельзя игнорировать традиции организации домашнего хозяйства сельчанина, в структуре которого как правило имеется подсобное производство сельскохозяйственной продукции.

5. Интервенционное воздействие, как нами отмечалось, должно учитывать всевозможные последствия, которые могут проявляться в течение длительного периода. Одновременно условием эффективных интервенций является учет изменяющихся условий, которые часто не зависят от политики государства.

Прежде всего, при реализации экономических интервенций можно столкнуться с конъюнктурными изменениями, что потребует корректировки условий государственного вмешательства – сумм выделения средств, индикаторов проведения товарных интервенций и т.д.

В данной связи при регламентации интервенционного воздействия важно заблаговременно предусмотреть сценарии (варианты) действий при наступлении наиболее вероятных событий.

При этом целесообразно составлять и руководствоваться прогнозами изменения экономических условий хозяйствования.

Например, в стране сложилась негативная динамика в отношении численности сельского населения и его половозрастной структуры. Разработан прогноз трудовых ресурсов, который свидетельствует, что количество занятых на селе будет сокращаться. Вследствие этого на перспективу важно оказывать государственную поддержку технико-технологических решений, ориентированных на снижение объемов живого труда, внедрение безлюдных технологий, интеллектуализацию труда и производства.

Так, задействование в производстве доильных роботов позволяет сократить численность персонала на молочно-товарных фермах на 15–30%, при этом подбор кадров, обслуживающих оборудование, будет легче, нежели операторов машинного доения в настоящее время.

Применительно к данному примеру следует ожидать, что аутсорсинг ряда технологических процессов обострит проблему сбалансированности налогообложения субъектов, непосредственно ведущих сельскохозяйственную деятельность, и организаций, занятых оказанием услуг сельскому хозяйству. Учитывая это, потребуется выравнивание налоговой нагрузки для формирования рациональных экономических цепочек [3].

Для обеспечения потребностей сельскохозяйственного производства потребуется расширение альтернативных форм организации труда, а именно, использование вахтового метода, в отдельных случаях – даже дистанционной занятости (например, диагностику заболеваний животных вполне можно проводить без непосредственного присутствия ветврача – с использованием искусственного интеллекта, инвазивных датчиков). В подтверждение следует отметить, что уже сейчас у ведущих мировых компаний разработаны планы серийного производства беспилотной техники, которая будет управляться дистанционно. Один оператор будет задействован на управлении несколькими машинами.

Важная роль в оценке будущего потенциала сельского хозяйства принадлежит исследованию климатических изменений. Ученые прогнозируют, что уже в течение не более 20 лет южные регионы нашей страны будут пригодны для промышленного виноградарства, соя и подсолнечник будут комфортно себя чувствовать на всей территории страны, за исключением Витебской области, а кукуруза будет вызревать на зерно повсеместно.

Научное видение будущего является, по нашей оценке, важнейшим фактором успешности интервенционной практики государства.

На основании изложенного нами предлагается пошаговый алгоритм обоснования применения интервенций (рисунок).

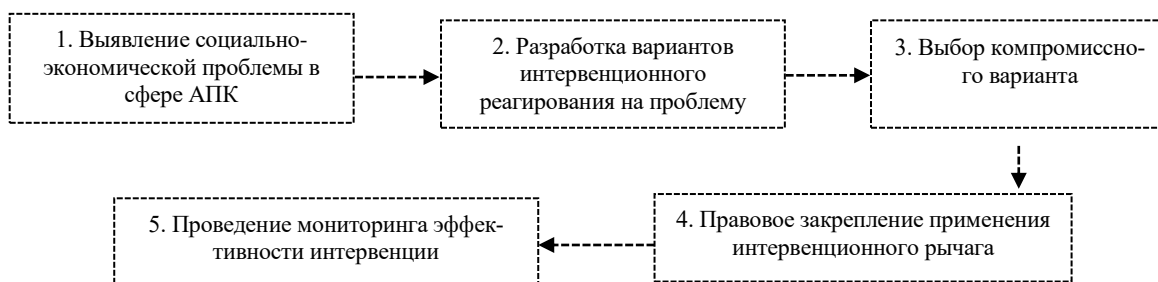


Рис. Этапы применения интервенций

Примечание. Рисунок выполнен автором на основании собственных исследований.

Содержание выделенных этапов заключается в следующем.

1. Выявление социально-экономической проблемы в сфере АПК, требующей вмешательства со стороны государства.

Для этого обеспечивается на постоянной основе мониторинг сбалансированности рынка, рентабельности производства при сложившихся ценах, состояния производственных и рыночных запасов как в Беларуси, так и сопредельных государствах, а также оценка потенциального урожая, угроз эпизоотического характера и т.д.

Источниками информации служат данные статистических наблюдений, ведомственной отчетности, ассоциаций товаропроизводителей, профсоюзных организаций, научные данные, информация космического мониторинга и т.д. Важным элементом является установление прямой связи товаропроизводителей, граждан и органов государственного управления. Для этого могут быть задействованы социальные сети. В качестве примера можно принять организацию мониторинга розничных цен, который помимо Нацстата, МАРТ и КГК осуществляла ФПБ.

2. Разработка вариантов интервенционного реагирования на проблему: формирование набора возможных рычагов с учетом ограниченности финансовых и материальных ресурсов, оценка потенциальной эффективности и сценарный анализ последствий их применения на фоне ожидаемых и возможных изменений исходных условий.

3. Выбор компромиссного варианта, учитывающего оценку регулирующего воздействия с учетом результатов общественного обсуждения. При проведении такой оценки следует принимать во внимание факторы интервенционного воздействия, которые сформулированы нами выше.

Как показывает практика, применение интервенций практически всегда сопровождается дискуссиями заинтересованных, которые приводят различные аргументы с целью добиться больших преимуществ для себя. Особенно это характерно для регионов, которые «соревнуются» за увеличение трансфертов из республиканского бюджета.

4. Правовое закрепление применения интервенционного рычага, включая установление конкретного порядка действий органов государственного управления (с четким определением функций каждого из них), банков и прочих заинтересованных, назначение объектов интервенций (субъекты хозяйствования или критерии их отбора, товары), определение индикаторов интервенционного вмешательства и т.д.

5. Проведение мониторинга эффективности интервенции, контроля расходования государственных ресурсов, условий интервенционного вмешательства, при необходимости – внесение предложений по корректировке либо отмене интервенционного вмешательства.

Заключение

В ходе нашего исследования нами разработана система экономических интервенций в агропродовольственной сфере экономики, в частности проведена их систематизация (финансово-инвестиционные интервенции; товарные и ценовые интервенции; ресурсные интервенции; организационно-экономические интервенции); проанализированы и конкретизированы факторы их применения с учетом вероятных негативных последствий; предложен пошаговый алгоритм обоснования применения интервенций, включающий: выявление социально-экономической проблемы в сфере АПК; разработка вариантов интервенционного реагирования на проблему; выбор компромиссного варианта; правовое закрепление применения интервенционного рычага; проведение мониторинга эффективности интервенции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панасюга, Н. П. Терминологические аспекты государственного регулирования аграрной сферы / Н. П. Панасюга // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 27 – 30.
2. Бельский, В. И. Исследование влияния монополии на экономику и общество в современных условиях / В. И. Бельский, Л. Г. Тригубович // Вестник Института экономики НАН Беларуси. – 2020. – № 1. – С. 23-39.
3. Бельский, В. И. Экономический механизм государственного регулирования сельскохозяйственного производства: теория, методология, практика / В. И. Бельский; Ин-т систем. исслед. в АПК Нац. акад. наук Беларуси. – Минск: [б. и.], 2018. – 265 с.
4. Тетёркина, А. Развитие механизма закупочных и товарных интервенций в сельском хозяйстве Республики Беларусь / А. Тетёркина, В. Строгий // Аграр. экономика. – 2017. – № 4. – С. 39–44.

ОЦЕНКА НАЛОГОВЫХ РИСКОВ

И. П. ЛАБУРДОВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 30.06.2023)

Функционирование сельскохозяйственных организаций в рыночной экономике сопряжено с многочисленными хозяйственными и финансовыми рисками. В настоящее время много внимания уделяется изучению налоговых рисков, как разновидности финансовых. Идентификация и оценка их является актуальной задачей на современном этапе с целью минимизации и разработки мероприятий по управлению ими. Это позволит повысить эффективность налогообложения хозяйствующего субъекта, снизить величину финансовых санкций за нарушение налогового законодательства и уровень его имиджевых, репутационных потерь в деловом мире.

Несмотря на многочисленные публикации вопросов, связанных с изучением сущности и оценки финансовых и налоговых рисков, они остаются дискуссионными и нуждаются в дальнейших исследованиях. В статье рассмотрены точки зрения интерпретации понятия налогового риска как вероятность недополучения налоговых доходов со стороны государства, снижения финансовых результатов у хозяйствующих субъектов или их имиджевых потерь. В зависимости от показателей, их выражающих и возможностей аналитической оценки, предложены показатели и методы оценки его уровня. Анализируемые методы предлагается классифицировать на объективные и субъективные. К объективным отнесены методы экономико-статистические, расчетно-аналитические, которые являются более точными, т.к. исключают влияние субъективного фактора на уровень оценки. При исследовании группы налоговых рисков экономико-статистическими методами обращено внимание на применение показателей вариации, средних величин и корреляционно-регрессионного. Расчетно-аналитические были рассмотрены с позиции использования детерминированного факторного анализа. К субъективным – метод экспертных оценок. В статье дана аналитическая оценка предлагаемых методов в исследовании налоговых рисков.

Ключевые слова: налоговые риски, уровень, оценка, методы, показатели.

The functioning of agricultural organizations in a market economy is associated with numerous economic and financial risks. Currently, much attention is paid to the study of tax risks as a variety of financial ones. Identification and evaluation of them is an urgent task at the present stage in order to minimize and develop measures to manage them. This will increase the efficiency of taxation of an economic entity, reduce the amount of financial sanctions for violation of tax laws and the level of its image, reputational losses in the business world.

Despite numerous publications of issues related to the study of the nature and assessment of financial and tax risks, they remain debatable and need further research. The article considers the points of view of interpreting the concept of tax risk as the probability of a shortfall in tax revenues from the state, a decrease in the financial results of business entities or their image losses. Depending on the indicators expressing them and the possibilities of analytical evaluation, indicators and methods for assessing its level are proposed. The analyzed methods are proposed to be classified into objective and subjective. Objective methods include economic-statistical, computational-analytical, which are more accurate, because they exclude the influence of the subjective factor on the level of evaluation. When studying a group of tax risks using economic and statistical methods, attention was paid to the use of variation indicators, average values and correlation-regression. Calculation and analytical were considered from the position of using deterministic factor analysis. Subjective ones include the method of expert assessments. The article provides an analytical assessment of the proposed methods in the study of tax risks.

Key words: tax risks, level, assessment, methods, indicators.

Введение

Развитие предпринимательской деятельности сопровождается многочисленными финансовыми рисками, непредвиденность которых является фактором, определяющим результат той или иной хозяйственной операции. В экономической литературе многие авторы, такие как, В. Ф. Балащенко, Т. Е. Бондарь сходятся во мнении, что финансовые риски – это «вероятность потерь денежных средств или их недополучение» [1, с. 168], что связано с ухудшением платежеспособности и финансового состояния в условиях финансово-хозяйственной деятельности.

В настоящее время финансовая работа любой организации связана с изучением, расчетом и уплатой определенной группы налогов, и в связи с этим налоговыми рисками, возникающими при этом. Их можно представить, как разновидность финансовых. Возникновение данной группы риска проявляется, с одной стороны, у государства, в том, что при повышении им величины уплачиваемых налоговых платежей возрастает риск недоимок планируемых налоговых поступлений хозяйствующих субъектов в бюджет из-за увеличения доли не контролируемой экономической деятельности и уменьшения стимулов организаций к получению доходов и прибыли; с другой – у налогоплательщиков, так как необоснованное изменение налогового законодательства в сторону роста величины налогов увеличивает риск применения мер воздействия налоговыми органами на хозяйствующего субъекта и риск потери его делового имиджа в связи с несвоевременной или не полной уплатой налоговых

платежей. В связи с различным сущностным представлением налоговых рисков могут быть и разнообразные методы в их оценках. Изучение смысловых подходов налоговых рисков предопределило цель обобщения и предложения специфических методов для их оценки.

Основная часть

Существует несколько основных точек зрения, с позиции которых рассматривается понятие налогового риска. Так, М. А. Рогов [6] и другие являются приверженцами классического учения налогов, представляют эту категорию как финансовую, часть обобществления и отчуждения в пользу государства части общественного продукта хозяйствующего субъекта и в связи с этим под налоговыми рисками считают вероятность прямых потерь в виде изменения размера потока денежных средств вследствие негативных предполагаемых отклонений хозяйствования в области налогообложения от действующих норм налогового права. Налоговыми рисками можно признать снижение налоговых платежей у государства – при формировании региональных и республиканского бюджетов.

В свою очередь, такие авторы как В. М. Картвелишвили, О. А. Свиридова [3], Т. Чунихина [8], А. Чубаров, Д. Ладыгин, А. Г. Каадзе полагают, что риски это – не просто финансовые потери, а неопределенность, связанная с принятием решений, реализация которых происходит только с течением времени и в связи с этим налоговые риски целесообразно трактовать как «возможность наступления неблагоприятного события, в результате которого компания, организация или частное лицо, принявшие то или иное решение в сфере налогообложения, могут потерять или не получить ресурсы, утратить предполагаемую выгоду или понести дополнительные финансовые либо имиджевые убытки» [7].

Однако, налоговые риски объясняются не только финансовым аспектом. Так, А. А. Пилипенко полагает, что «налоговый риск - более широкое понятие, которое включает в себя опасность наступления для налогоплательщика иных неблагоприятных правовых последствий в рамках налоговых правоотношений, помимо собственно финансовых потерь» [5]. Их необходимо рассматривать и с правовой точки зрения, т.к. хозяйствующий субъект несет административные издержки при несвоевременной постановке на учет в налоговые органы, неполнотой уплаты начисленных налогов, нарушением срока предоставления налоговой декларации и т.д. (глава 13 Кодекса об Административных Правонарушениях Республики Беларусь) [2] в виде финансовых, штрафных санкций, снижающих финансовые результаты организаций. Это в свою очередь влияет на формирование их имиджевой репутации в деловом мире перед банковскими учреждениями при получении кредитов, контрагентами при заключении хозяйственных договоров и т.д.

Так как налоговый риск-это вероятность недополучения планируемого дохода, финансовых потерь или репутационных убытков организации, то методы, которые могут быть использованы для исчисления величины риска, должны быть основаны на определении предельной частоты, показателя налогового риска при достаточно репрезентативной исследуемой выборке данных (1) и установлении величин, характеризующих размер устойчивости анализируемого показателя. Такими показателями могут являться те, которые установят уровень вероятности и степень колеблемости (вариации) индивидуальных значений показателей налогового риска по отношению к их средней величине.

$$p = \frac{f}{\Sigma f} \cdot 100, \quad (1)$$

где p -вероятность наступления налогового риска; f – частота событий с неуспешным исходом; Σf – общее количество наблюдений.

Величина налогового риска, скорректированная на уровень вероятности, может быть определена по формуле 2.

$$P = \Pi \cdot p, \quad (2)$$

где P –налоговый риск, руб.; Π –потери доходов, финансовые, административные или имиджевые, связанные с налогообложением, руб.

Риски, связанные с нарушением налогового законодательства, могут формироваться по различным направлениям: в связи с нарушением сроков подачи налоговой декларации и перечислением налогов, непредставлением документов и иных сведений для осуществления налогового контроля, представлением недостоверных сведений и другими причинами. В этом случае налоговые риски можно представить в виде вероятности получения суммы штрафных санкций по данным направлениям и определить их возможный уровень (3)

$$\bar{P} = \sqrt[n]{P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot \dots}, \quad (3)$$

где \bar{P} –средний налоговый риск, руб.; P_1, P_2, P_3, \dots –различные риски, связанные с налогообложением, руб.

Например, можно рассматривать, P_1 – риск неуплаты или неполной уплаты суммы налога, сбора (пошлины), таможенного платежа по результатам налоговой проверки; P_2 –риск несвоевременной подачи налоговой декларации, руб.; P_3 –риск несвоевременного перечисления налогов, руб.; P_4 –риск непредставления документов и иных сведений для осуществления налогового контроля либо представления недостоверных сведений, руб.; n – количество анализируемых рисков, связанных с налогообложением.

Потери хозяйствующего субъекта, связанные с налогообложением, можно рассматривать либо в виде сумм штрафных санкций, либо в виде отклонений доходов организаций от некоей усредненной величины, получаемой по исследуемой, достаточно репрезентативной совокупности. При этом целесообразно использовать показатели средних величин (4) и вариации.

$$\bar{x} = \frac{\sum x \cdot f}{\sum f}, \quad (4)$$

где x – величина доходов или финансовых результатов, связанных с налогообложением.

Например, можно исследовать доходы, формируемые при общей системе налогообложения или доходы хозяйствующего субъекта при особом режиме налогообложения.

Основными показателями вариации, которые могут быть использованы при анализе, являются абсолютные (размаха вариации) и относительные показатели (дисперсия, среднееквадратическое отклонение от средней, коэффициент вариации).

$$R = x_{max} - x_{min}; \quad (5)$$

где R –размах вариации анализируемого показателя налогового риска; x_{max} – максимальное значение анализируемого показателя налогового риска; x_{min} – минимальное значение анализируемого показателя налогового риска.

Чем больше размах вариации показателя налогового риска, тем выше его уровень.

Однако он улавливает только крайние отклонения и не отражает среднюю колеблемость других индивидуальных значений анализируемого показателя от средней величины в совокупности. Для общей характеристики вариации каждого отдельного признака показателя налогового риска можно использовать средний квадрат отклонений от средней (σ^2).

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i}{\sum f_i}, \quad (6)$$

где σ^2 –дисперсия (средний квадрат отклонений от средней); \bar{x} –среднее значение показателя, характеризующего налоговый риск; x_i – значение i -того показателя налогового риска; f_i –частота i -того показателя налогового риска.

Следует отметить, что качественно оценить уровень налогового риска позволит среднееквадратическое отклонение от средней и коэффициент вариации.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i}{\sum f_i}}, \quad (7)$$

Среднееквадратическое отклонение при оценке налогового риска покажет, насколько в среднем отклоняются конкретные индивидуальные значения показателя налогового риска от их среднего значения. Чем меньше значения среднееквадратического отклонения, тем количественно однородна анализируемая выборка показателя налогового риска и меньше его уровень.

$$\vartheta = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100\% , \quad (8)$$

где σ –среднееквадратическое отклонение; ϑ –коэффициент вариации.

По величине коэффициента вариации можно сделать вывод: до 10 % уровень налогового риска низкий, от 10 до 25 % – средний, свыше 25 % – высокий. Преимуществом применения коэффициента вариации является то, что он может быть применен для анализа колеблемости различных показателей налогового риска.

Изучение потерь доходов организаций от исследуемых факторов, в том числе и при неудачно выбранной налоговой политике хозяйствующим субъектом, можно провести с помощью применения корреляционно-регрессионного анализа. При этом уровень влияния налогового фактора (x_1) на величину налогового риска (y) будет охарактеризован величиной коэффициента регрессии (a_1) в корреляционно-регрессионном уравнении.

$$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 +, \quad (9)$$

Основным недостатком статистических методов и является то, что они предполагают использование большой выборочной совокупности исследуемых значений показателей налогового риска. И только такая представительная совокупность данных сможет обеспечить существенность результатов, впоследствии применяемых в анализе, планировании и т. д.

Возникновение налоговых рисков у разных участников налоговых отношений определяет и применение специфических показателей и методов оценки рисков. К таким показателям можно отнести налоговую нагрузку. Низкая налоговая нагрузка по сравнению с аналогичным показателем по отрасли и региону для налоговых органов может служить сигналом о недостоверности формирования у субъектов хозяйствования налоговой базы, от которой исчисляются налоги. С другой стороны, высокий уровень налоговой нагрузки и не растущие доходы, просматриваемые в динамике, могут свидетельствовать о неправильной налоговой политике государства в области увеличения налоговых ставок и снижения налоговых льгот.

Расчетно-аналитический метод оценки позволяет оценить уровень налогового риска на базе применения показателя налоговой нагрузки и алгоритма ее расчета с использованием детерминированного факторного анализа. Он покажет величину влияния каждого анализируемого фактора на изменение фактически полученной величины налоговой нагрузки по отношению к запланированной. Так, если рассматривать налоговую нагрузку в рамках изучения номинальной и реальной нагрузки, то уровень финансового риска будет оценен отклонением каждого вида нагрузки за счет отдельно изучаемого фактора.

$$\Delta \text{НН}_\text{Н} = \frac{\sum \text{Н}_\text{р}}{\text{ДВ}_\text{ф}} - \frac{\sum \text{Н}_\text{н}}{\text{ДВ}_\text{ф}}, \quad (10)$$

$$\Delta \text{НН}_\text{ДВ} = \frac{\sum \text{Н}_\text{н}}{\text{ДВ}_\text{ф}} - \frac{\sum \text{Н}_\text{н}}{\text{ДВ}_\text{пл}}, \quad (11)$$

где $\Delta \text{НН}_\text{Н}$ – величина риска налоговой нагрузки за счет изменения суммы налогов; $\Delta \text{НН}_\text{ДВ}$ – величина риска налоговой нагрузки за счет изменения суммы денежной выручки; $\sum \text{Н}_\text{р}$ – сумма реально уплаченных налогов, руб.; $\sum \text{Н}_\text{н}$ – сумма начисленных налогов, руб.; $\text{ДВ}_\text{ф}$ – сумма денежной выручки фактическая, руб.; $\text{ДВ}_\text{пл}$ – сумма денежной выручки плановая, руб.

Если налоговый риск трудно проанализировать статистическим методом, то в этом случае можно рекомендовать использовать интуитивно-логический анализ с количественной оценкой мнений экспертов.

Метод экспертных оценок достаточно быстрый, не требующий больших расчетов и программного обеспечения, основывается на личностных субъективных предположениях менеджера или финансового эксперта с использованием коэффициента конкордации.

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (12)$$

где W – коэффициент конкордации; S – отклонение суммы квадратов рангов от средней квадратов рангов; m – число экспертов; n – число объектов наблюдений.

Для проверки значимости коэффициента конкордации выдвигают гипотезы: коэффициент конкордации незначимый ($W=0$); коэффициент конкордации значим ($W \neq 0$).

При этом, рассчитывается критерий χ^2 – статистика по формуле:

$$\chi^2 = \frac{12S}{mn(n-1)}. \quad (13)$$

По таблице значений χ^2 – распределения определяем $\chi^2_{\text{табл.}}$ для степени свободы $V=n$ и уровне значимости α .

Если $\chi^2 > \chi^2_{\text{табл.}}$, то следовательно нулевую гипотезу о незначимости коэффициента конкордации ($W=0$), можно отклонить на заданном уровне значимости α .

Таким образом, если нулевую гипотезу о незначимости можно отклонить ($W=0$) при заданном уровне значимости α , то данный коэффициент конкордации можно использовать при оценке мнений экспертов.

Чем ближе значение коэффициента конкордации к 1, тем более высокая согласованность мнений экспертов в количественной оценке налогового риска. Однако, если $W=1$, то это может свидетельствовать о сговоре экспертов. Поэтому следует задать некоторое значение согласованности экспертов, например 0,8. Тогда, при полученном результате $W > 0,8$, то можно, утверждать, что полученные

оценки и мнения экспертов считаются достаточно согласованными и объективными; если $W < 0,2$ – несогласованными, не достоверными и уровень налогового риска будет оценен экспертами неправильно. Величина задаваемого критерия может определяться важностью проводимого исследования.

Недостатком данного метода является недостаточная достоверность в силу субъективизма экспертов. С нашей точки зрения, в силу этого, оценка налоговых рисков, основанная на мнении финансовых экспертов, может быть ошибочной и базой построения неверных направлений развития организации в будущем, что ограничивает диапазон его применения.

Заключение

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что в зависимости от идентификации сущности налогового риска и глубины исследования предлагаем применение различных методов их оценки, которые возможно классифицировать на две группы субъективного и объективного характера. Группа показателей налогового риска, не имеющих длительного периода исследования и возможности разложения его величины на факторы, определяющие либо размер отклонения от базы сравнения, либо уровень данного риска, целесообразно оценивать при помощи объективных методов, а именно метода экспертных оценок, который в силу субъективизма имеет суженный круг его применения.

Объективные методы: экономико-статистические (корреляционно-регрессионный метод, применение средних и показателей вариации) и расчетно-аналитические (метод детерминированного факторного анализа), исключаяющие ошибочность заключений субъекта исследования, позволят с большей точностью определить уровень финансового риска и предложить мероприятия по его снижению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балащенко, В. Ф. Финансовый менеджмент: учебно-методическое пособие / В. Ф. Балащенко, Т. Е. Бондарь. – Минск: ТетраСистемс, 2010. – 272 с.
2. Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях [Электронный ресурс]: 06 янв. 2021 г., № 91-3: принят Палатой представителей 18 дек. 2020 г.: одобр. Советом Респ. 18 дек. 2020 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 09.12.2022 г. № 226-3 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.
3. Картвелишвили, В. М. Риск-менеджмент. Методы оценки риска: учебное пособие / В. М. Картвелишвили, О. А. Свиридова. – М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. – 120 с.
4. Макаренко, И. Понятие и сущность налоговых рисков/ И. Макаренко // Экономика. Труд. Бухучет. 29.05.2019. // Режим доступа: <https://aqm.by/stati/economika-tryd-buh/ponyatie-i-sushchnost-nalogovykh-riskov/>. – Дата доступа: 23.07.2020.
5. Пилипенко, А. А. Научно-прикладные подходы к пониманию налоговых рисков / А. А. Пилипенко // Режим доступа: <https://wiselawyer.ru/poleznoe/59800-nauchno-prikladnye-podkhody-ponimaniyu-nalogovykh-riskov>. – Дата доступа: 23.07.2023.
6. Рогов, М. А. Риск-менеджмент. / М. А. Рогов. – М.: Финансы и статистика, 2001, с. 30.
7. Чубаров, А. Методы управления налоговыми рисками: как компании снизить вероятность финансовых и имиджевых потерь/ А. Чубаров, Д. Ладыгин, А. Г. Каадзе // Комсомольская правда – Режим доступа: <https://www.kp.ru/guide/nalogovyye-riski.html>. – Дата доступа: 23.07.2023.
8. Чунихина, Т. Трансформация риск-менеджмента в современных условиях на примере концепции ERM. 8/709/ Т. Чунихина. – Банковский вестник. –2022. – Жнівень – С. 63–71.

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 631.438:539.16.04

РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗВРАТА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ ЗЕМЕЛЬ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ, ВЫВЕДЕННЫХ ПО РАДИАЦИОННОМУ ФАКТОРУ ПОСЛЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Т. Ф. ПЕРСИКОВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: persikova52@rambler.ru

А. Г. ПОДОЛЯК

КУП «Гомельская областная проектно-изыскательская станция химизации сельского хозяйства»,
г. Гомель, Республика Беларусь, 246029, e-mail: alexpodolyak@tut.by

(Поступила в редакцию 05.03.2023)

В статье на основе многолетних экспериментальных исследований предложены схемы севооборотов для возделывания сельскохозяйственных культур на торфяных почвах при их возврате в сельскохозяйственный оборот из категории земель, выведенных по радиационному фактору, в первые годы после катастрофы на Чернобыльской АЭС.

При возврате в сельскохозяйственный оборот таких земель требуется в обязательном порядке проведение комплекса агрохимических и агротехнических защитных мер (известкование, внесение фосфорных и калийных удобрений, подбор культур с низкими параметрами накопления радионуклидов, особенно ^{90}Sr).

Минимальные коэффициенты перехода радионуклидов (Kn) в урожай сельскохозяйственных культур севооборотов наблюдаются при внесении минеральных удобрений в дозах $\text{N}_{60-90}\text{P}_{60-90}\text{K}_{120-180}$ на фоне 7,5 т/га доломитовой муки.

Зерновые и технические культуры рекомендуется возделывать в севооборотах плодосменного типа, а кормовые культуры – в специализированных кормовых севооборотах вблизи животноводческих комплексов и ферм.

При компактной земельной территории, отсутствии удаленных массивов и однородности почвенного покрова все необходимые зерновые, кормовые и другие культуры рекомендуется возделывать в севооборотах плодосменного типа. В таких случаях, как правило, вводят универсальные зерно-травяные севообороты с соотношением культур в соответствии со специализацией. Также необходимо в такие севообороты включать технические культуры (озимый и яровой рапс, подсолнечник на семена). На более отдаленных массивах, где отсутствуют животноводческие фермы, или имеется небольшое поголовье скота, можно рекомендовать севообороты, насыщенные зерновыми культурами. Многолетние и однолетние травы, а также другие кормовые культуры, должны занимать в этих севооборотах небольшой удельный вес и включаться как предшественники зерновых.

Ключевые слова: радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr , торфяные почвы, севообороты, радиационно-опасные земли.

Based on many years of experimental research, the article proposes crop rotation schemes for cultivating crops on peat soils when they are returned to agricultural circulation from the category of lands bred excluded from use according to the radiation factor in the first years after the Chernobyl disaster.

When returning such lands to agricultural circulation, it is mandatory to carry out a complex of agrochemical and agrotechnical protective measures (liming, application of phosphorus and potash fertilizers, selection of crops with low radionuclide accumulation parameters, especially ^{90}Sr).

The minimum conversion factors of radionuclides into crop rotation crops are observed when mineral fertilizers are applied in doses of $\text{N}_{60-90}\text{P}_{60-90}\text{K}_{120-180}$ against the background of 7.5 t/ha of dolomite flour.

Grain and industrial crops are recommended to be cultivated in crop rotations of fruit-type rotation, and fodder crops – in specialized fodder crop rotations near livestock complexes and farms.

With a compact land area, the absence of remote massifs and the uniformity of the soil cover, all the necessary grain, fodder and other crops are recommended to be cultivated in crop rotations of the fruit type. In such cases, as a rule, universal grain-grass crop rotations are introduced with the ratio of crops in accordance with specialization. It is also necessary to include industrial crops (winter and spring rapeseed, sunflower seeds) in such crop rotations. In more remote areas, where there are no livestock farms, or there is a small number of livestock, crop rotations saturated with grain crops can be recommended. Perennial and annual grasses, as well as other fodder crops, should occupy a small proportion in these crop rotations and be included as cereal predecessors.

Key words: ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides, peat soils, crop rotations, radiation hazardous lands.

Введение

После катастрофы на Чернобыльской АЭС обширные площади сельскохозяйственных земель в Республике Беларусь подверглись радиоактивному загрязнению, особенно в Гомельской и Могилевской областях. За период 1986–1991 гг. из состава сельскохозяйственных были выведены земли, с

плотностью загрязнения ^{137}Cs более 40 Ки/км² и ^{90}Sr более 3 Ки/км², которые вошли в состав зон отчуждения и отселения, а также земли с более низкой плотностью загрязнения, на которых было невозможно производство продукции с допустимыми уровнями содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr [1,2]. Их площадь составила 216,3 тыс. га в Гомельской и 47,0 тыс. га в Могилевской областях. В постчернобыльский период происходит естественный распад радионуклидов (убыль за счет радиоактивного распада ^{90}Sr составляет 2,35 % в год, ^{137}Cs – 2,27 %) [3, 4].

Благодаря естественному распаду радионуклидов снижается загрязнение всех сельскохозяйственных земель, в том числе и выведенных из оборота. На этом основании за постчернобыльский период в республике около 20,5 тыс. га уже возвращено в хозяйственный оборот из которых порядка 2,5 тыс. га на торфяных почвах (табл.1) [1–5].

Таблица 1. Возврат земель в Республике Беларусь из категории радиационно-опасных земель в сельскохозяйственный оборот

Область	Периоды, годы		
	1993–1998	2006–2022	Всего, га
Брестская	–	99,0	99,0
Гомельская	12848,1	1770,4	14618,5
Могилевская	1744,7	1046,5	2791,2
Итого по Республике	14592,8	5815,9	20408,7

Улучшение радиологической ситуации происходит и в настоящее время. В этой связи перед работниками агропромышленного производства встали вопросы о правильном использовании в сельскохозяйственном производстве земель, ранее выведенных из хозяйственного оборота, и которые, в первую очередь, характеризуются высоким почвенным плодородием.

В Беларуси радиационно-опасные земли подразделяются на земли отчуждения и земли ограниченного хозяйственного использования. К землям отчуждения относятся земли с плотностью загрязнения почв радионуклидами ^{137}Cs от 1480 кБк/м² (40 Ки/км²), либо ^{90}Sr или $^{238,239,240}\text{Pu}$, соответственно, 111 и 3,7 кБк/м² (3 и 0,1 Ки/км²) и более, а также земли с меньшей плотностью загрязнения почв радионуклидами, на которых невозможно производство сельскохозяйственной продукции, содержание радионуклидов в которой не превышает республиканские допустимые уровни (РДУ-99). К землям ограниченного хозяйственного использования относятся земли с плотностью загрязнения почв радионуклидами ^{137}Cs менее 1480 кБк/м² (40 Ки/км²), либо ^{90}Sr или $^{238,239,240}\text{Pu}$ менее, соответственно, 111 или 3,7 кБк/м² (3 или 0,1 Ки/км²), на которых ограничено производство сельскохозяйственной продукции, содержание радионуклидов в которой не превышает республиканские допустимые уровни (РДУ) [6].

Для решения вопросов о хозяйственном использовании ранее выведенных из оборота земель требуется их предварительное радиологическое и агрохимическое обследование, так как, в соответствии с действующим в Республике Беларусь законодательством (Закон Республики Беларусь от 26 мая 2012 г. «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС»), земли с плотностью загрязнения ^{137}Cs выше 40 Ки/км² или ^{90}Sr выше 3,0 Ки/км² относятся к категории радиационно-опасных и их нельзя использовать в сельскохозяйственном производстве [7, 8].

Процедура ввода земель в хозяйственный оборот осуществляется в соответствии с «Положением о порядке отнесения земель к категории радиационно-опасных и перевода их в разряд земель отчуждения либо ограниченного хозяйственного пользования, исключения земель из категории радиационно-опасных и перевода их в хозяйственное пользование в соответствии с основным целевым назначением, исключения земель из разряда земель отчуждения и перевода их в разряд земель ограниченного хозяйственного пользования» (утв. Постановлением Совета Министров от 22 марта 2010 г. № 405) на основании результатов их радиологического и агрохимического обследования, которое проводится в соответствии с методическими указаниями «Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь» [9].

Использовать в сельскохозяйственном производстве выведенные ранее по радиационному фактору земли возможно только после положительного решения о переводе их из категории радиационно-опасных в разряд земель ограниченного хозяйственного пользования [10].

Общеизвестно, что поступление ^{137}Cs в растения из торфяных почв выше, чем из минеральных. В ряде случаев использование торфяных земель ограничено даже в тех случаях, когда уровни загрязнения почв радионуклидами сравнительно невелики (^{137}Cs > 2–5 ки/км² и ^{90}Sr > 0,30–1,0 ки/км²). Проблема укрепления кормовой базы, наращивания объемов производства и заготовки высококачественных кормов, сбалансированных по протеину, сахарам, минеральным компонентам, соответствующих допустимым уровням содержания радионуклидов, на загрязненных радионуклидами торфяных почвах остается актуальной.

Главным резервом увеличения производства кормов и улучшения их качества является совершенствование структуры посевов кормовых культур, в том числе многолетних трав, оптимизация

технологий их возделывания. В большинстве случаев торфяные почвы в сельскохозяйственных организациях используются под сенокосы, что является результатом государственных мероприятий по рациональному использованию и обеспечению контроля за использованием мелиорированных земель, в том числе за размещением на них сельскохозяйственных культур. Однако, в тех организациях, где торфяные почвы составляют 50 % и более сельскохозяйственных земель, данные почвы могут отводиться под пашню, зерно-травяные севообороты. Сохранение и использование таких почв имеет важное социальное значение, так как в таких организациях они определяют уровень сельскохозяйственного производства [10–12].

Цель исследования – оценить особенности перехода радионуклидов из торфяной почвы в сельскохозяйственные культуры при возврате в сельскохозяйственный оборот земель из категории радиационно-опасных и разработать пути снижения их поступления в сельскохозяйственную продукцию.

Основная часть

Для решения поставленной цели нами проведено изучение параметров перехода радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr) в сельскохозяйственные культуры в зависимости от биологических особенностей и системы применения удобрений на экспериментальном участке ранее выведенных по радиационному фактору земель в Брагинском район Гомельской области вблизи бывшего населенного пункта (б.н.п.) Рафалов (42 км от ЧАЭС). Почва участка – на торфяной маломощной почве (0,8–1,0 м), подстилаемой песком связным со следующими агрохимическими показателями: с высокой плотностью загрязнения радионуклидами: ^{137}Cs – 993 кБк/м² (26,8 Ки/км²), ^{90}Sr – 91,2 кБк/м² (2,5 Ки/км²). Средние показатели агрохимических характеристик почвы имели показатели: рНКСl – 5,5; P₂O₅ – 143 мг/кг; K₂O – 217 мг/кг; CaO – 1008 мг/кг; MgO – 96 мг/кг почвы; гумус – 3,1 %, сумма поглощенных оснований – 7,9 ммоль/100 г почвы.

Почвенные пробы отбирались поделаночно перед закладкой опыта и после проведения каждого укоса трав и уборки зерновых культур. В пробах определяли основные агрохимические показатели по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО; определение зольности и содержания органического вещества в торфяно-болотной почве по ГОСТу 27784-88; рН (КСl) – потенциометрическим методом; подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову; кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30[8].

Содержание ^{137}Cs в почве и растениях определялось на гамма-спектрометре «Canberra-Packard», ^{90}Sr – радиохимическим методом в модификации ЦИНАО с радиометрическим окончанием на альфа-бета счетчике «Canberra-2400», Бк/кг.

Исследования проводились в двух севооборотах (зернотравяном и плодосменном) с различными сельскохозяйственными культурами согласно схеме чередования культур по годам на двух фонах применения известковых удобрений (рекомендуемая доза доломитовой муки 5 т/га (доза 1) и повышенная 7,5 т/га (доза 2), а также двух фонах калийных (рекомендуемая доза калийных удобрений K₁₂₀ и повышенная K₁₈₀). Схема чередования культур в севооборотах по годам представлена в табл. 2.

Установлено, что применение защитных мероприятий на торфяных маломощных почвах при их вводе в оборот (совместное внесение известковых и минеральных удобрений) способствует снижению поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в возделываемые сельскохозяйственные культуры плодосменного севооборота.

Таблица 2. Схема чередования культур в севооборотах полевого эксперимента

Год	Плодосменный севооборот	Зернотравяной севооборот	
		Озимая тритикале (зеленая масса, зерно)	Озимая тритикале (зеленая масса) + с подсевом многолетней бобово-злаковой травосмеси
2011	Озимая тритикале (зеленая масса, зерно)		
2012	Озимый рапс (зеленая масса, семена)		Многолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса, сено) 2 укоса в год
2013	Озимый ячмень (зеленая масса, семена)		Многолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса, сено) 2 укоса в год
2014	Яровая пшеница (зерно) + с подсевом многолетней бобово-злаковой травосмеси		Многолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса, сено) 2 укоса в год
2015	Многолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса, сено) 2 укоса		Многолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса, сено) 2 укоса в год
2016	Многолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса, сено) 2 укоса		Многолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса, сено) 2 укоса в год

Минимальные коэффициенты перехода радионуклидов (Кп) в урожай сельскохозяйственных культур севооборота наблюдаются при внесении минеральных удобрений в дозе N₉₀P₉₀K₁₈₀ на фоне 7,5 т/га доломитовой муки (доза 2). По сравнению с контрольным вариантом происходит снижение параметров перехода радионуклидов: для зеленой массы озимых тритикале и рапса ^{137}Cs – до 4 раз, ^{90}Sr – до 2,5 раз; для зерна (озимое тритикале, озимый ячмень, яровая пшеница), семян озимого рапса ^{137}Cs – до 3 раз.

В результате многолетних исследований пополнена база параметров перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr из торфяных почв в зерновые культуры и многолетние бобово-злаковые травы, которые представлены в

«Рекомендациях по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы» [3] для группы почв с аналогичными агрохимическими показателями. Параметры перехода ^{137}Cs в семена озимого рапса до 10 раз меньше, чем таковые для ярового рапса. Переход ^{90}Sr в семена озимого рапса в два раза выше, чем для ярового рапса (табл. 3 и табл. 4).

Ежегодное внесение калийных удобрений в течение шести лет под возделываемые культуры в системе севооборота на торфяной почве позволило не только снизить переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в урожай возделываемых культур, но и обеспечить поддержание подвижного К и обменного Са в почве на стабильном уровне. В то время как в варианте без внесения удобрений содержание элементов в почве за этот период снизилось на 20–30 %.

При возделывании многолетних трав в зернотравяном севообороте использовалась бобово-злаковая травосмесь, включающая по 6 кг/га тимopheевки луговой, овсяницы луговой, коостреца безостого и по 4 кг/га клевера гибридного и клевера лугового.

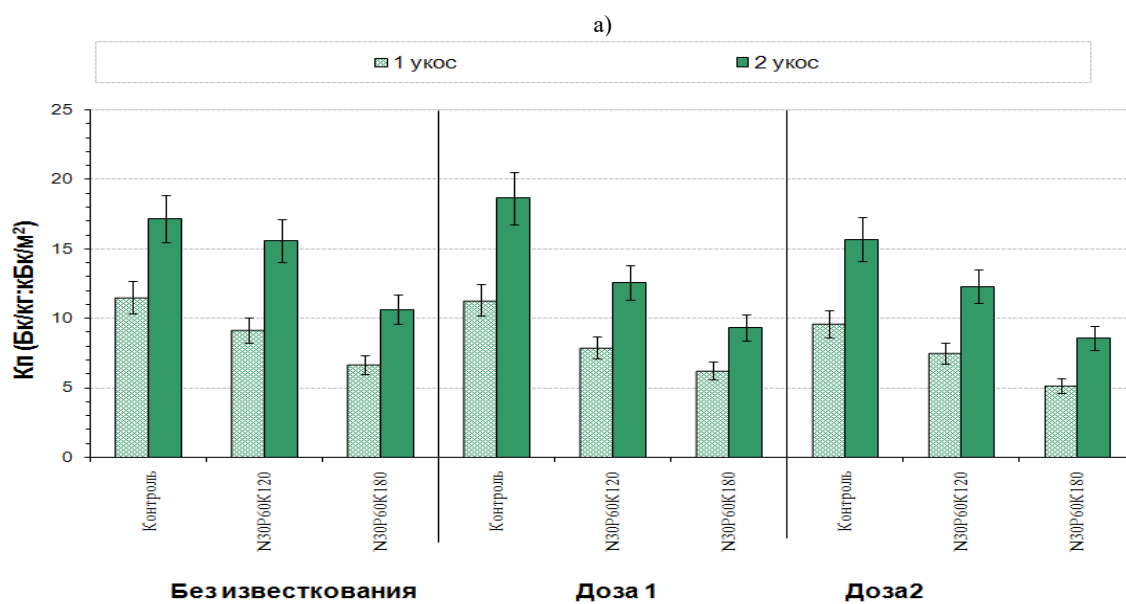
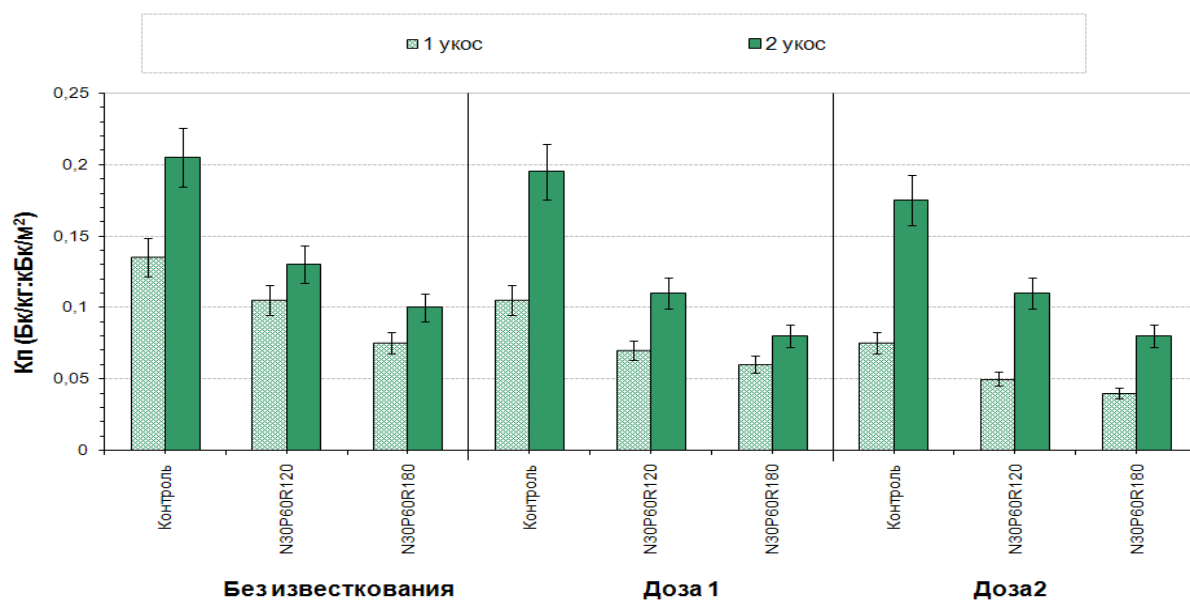
Таблица 3. Средние значения коэффициентов перехода ^{137}Cs (Кп, Бк/кг:кБк/м²) для торфяных почв Республики Беларусь

Тип травостоя	Содержание подвижного калия, мг/кг почвы			
	<200	201–400	401–600	601–1000
Мощность торфяного слоя менее 1 м				
Зерно (влажность 16 %)				
Овес	0,9	0,7	0,6	0,5
Ячмень яровой	0,7	0,6	0,5	0,3
Ячмень озимый	0,5	0,4	0,3	0,2
Пшеница яровая	0,7	0,5	0,4	0,3
Рожь озимая	0,4	0,2	0,1	0,04
Тритикале озимая	0,7	0,5	0,4	0,3
Тритикале яровая	0,5	0,3	0,2	0,1
Сено (влажность 16 %)				
Естественный злаково-разнотравный	10,2	7,3	4,8	2,5
Сеяный многолетний злаковый	7,6	3,9	2,6	1,8
Сеяный многолетний бобово-злаковый	2,7	1,9	1,3	1,0
Зеленая масса (влажность 82 %)				
Естественный злаково-разнотравный	2,2	1,6	1,0	0,5
Сеяный многолетний злаковый	1,6	0,8	0,6	0,4
Сеяный многолетний бобово-злаковый	0,6	0,4	0,3	0,2
Мощность торфяного слоя более 1 м				
Сено (влажность 16 %)				
Естественный злаково-разнотравный	22	19	12	7
Сеяный многолетний злаковый	4,8	1,8	0,6	0,4
Зеленая масса (влажность 82%)				
Естественный злаково-разнотравный	4,6	4,0	2,5	1,5
Сеяный многолетний злаковый	1,0	0,4	0,13	0,08
Сеяный многолетний бобово-злаковый	0,6	0,3	0,2	0,05

Таблица 4. Средние значения коэффициентов перехода ^{90}Sr (Кп, Бк/кг:кБк/м²) для торфяных почв Республики Беларусь

Тип травостоя	Уровень кислотности почвы, pH _(КСР)		
	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00
Мощность торфяного слоя менее 1 м			
Зерно (влажность 16 %)			
Овес	0,8	0,6	0,5
Ячмень яровой	0,7	0,6	0,5
Ячмень озимый	0,6	0,5	0,4
Пшеница яровая	0,5	0,4	0,3
Рожь озимая	0,6	0,5	0,4
Тритикале озимая	1,0	0,6	0,3
Тритикале яровая	0,8	0,5	0,2
Сено (влажность 16 %)			
Естественный злаково-разнотравный	5,2	3,8	2,6
Сеяный многолетний злаковый	3,7	2,4	1,9
Сеяный многолетний бобово-злаковый	6,8	5,5	3,2
Зеленая масса (влажность 82 %)			
Естественный злаково-разнотравный	1,1	0,8	0,6
Сеяный многолетний злаковый	0,8	0,5	0,4
Сеяный многолетний бобово-злаковый	1,5	1,2	0,7
Мощность торфяного слоя более 1 м			
Сено (влажность 16 %)			
Естественный злаково-разнотравный	17	4,4	3,2
Сеяный многолетний злаковый	3,4	3,0	2,6
Сеяный многолетний бобово-злаковый	2,5	2,2	1,7

Величины накопления ^{137}Cs в звене торфяная почва – сено многолетних бобово-злаковых травосмесей были ниже в три и более раз, по сравнению с аналогичными данными для группы почв с содержанием обменного калия в диапазоне 141–200 мг/кг почвы (рис. 1).



б)

Рис. 1. Коэффициенты перехода ($K_{п} = \text{Бк/кг} : \text{Бк/м}^2$) ^{137}Cs (а) ^{90}Sr (б) в сено многолетних бобово-злаковых трав (в среднем за 2012–2016 гг. исследований)

Ежегодное внесение калия, как основного антагониста цезия, за блет возделывания многолетних бобово-злаковых трав в зерно-травяном севообороте позволило обеспечить его поддержание в почве на стабильном высоком уровне (не ниже 250 мг/кг почвы), по сравнению с контролем, где содержание калия за этот период снизилось до 30 %.

В данном севообороте величина параметров поступления ^{90}Sr в сено многолетних бобово-злаковых травосмесей не превысила аналогичные данные, для дерново-подзолистых супесчаных почв с величиной рН 5,1–5,5, за исключением первого года на контрольном варианте (без внесения известковых и калийных удобрений).

Результаты исследований показали, что у многолетних бобово-злаковых трав накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr также зависит от их укоса (параметры перехода в травостой второго укоса до 2,5 раз выше, чем для первого укоса). В связи с интенсивным ростом бобовых трав во второй год жизни параметры перехода

^{90}Sr в варианте без внесения удобрений достигают максимальных значений. Это подтверждает выводы о том, что бобовые травы накапливают ^{90}Sr больше, чем злаковые травы. На третий год жизни травостоя частичное выпадение бобовой компоненты влияет, в свою очередь, и на снижение параметров перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в урожай многолетних трав.

В условиях Беларуси в зависимости от радиэкологических, почвенных и ландшафтных условий, специализации хозяйств и уровня концентрации животноводства, необходимого количества и видового состава кормов, а также организационно-хозяйственных условий применяются преимущественно следующие виды севооборотов: зернотравяно-пропашные (плодосменные), зернотравяные, зернопропашные, травяно-зерновые и травяно-пропашные. На легких (песчаных и супесчаных на песках) по гранулометрическому составу почвах и торфяных почвах набор возделываемых культур ограничен, поэтому вводятся севообороты с более короткой ротацией. На связных (глинистых и суглинистых) почвах с большим разнообразием культур формируются севообороты с более продолжительной ротацией и большим числом полей (от 3–4 до 7–8).

Рациональная структура посевных площадей на торфяных почвах определяется с учетом следующих факторов: 1) природных условий, производственной структуры предприятий; 2) полного соответствия принятым основным направлениям в использовании мелиорированных земель; 3) максимального и наиболее полного использования почвенного плодородия и агроклиматических ресурсов в течение вегетационного периода; 4) выращивания культур, дающих наивысшую экономическую эффективность в данных природных условиях, и обеспечения высокого уровня потенциальной продуктивности почв; 5) создания благоприятных условий для повышения плодородия и улучшения баланса органического вещества почв [10–15].

На основании полученных результатов исследований можно рекомендовать следующие схемы севооборотов для возделывания сельскохозяйственных культур на торфяных почвах при их возвращении из категории радиационно-опасных в сельскохозяйственный оборот (табл. 5).

Таблица 5. Перечень типовых севооборотов для заданных почвенно-гидрологических условий торфяных почв

УГВ < 0,5 м			
ОВ от <10 до 50 %			
Многолетние злаковые травы и/или их смеси, способные переносить длительные периоды затопления			
ОВ < 10 %	ОВ 10-30 %	ОВ 30-50%	ОВ > 50 %
0,5 м < УГВ < 1,2 м			
1. Однолетние бобово-злаковые смеси 2. Люцерна (выводное поле до 5 лет) + поукосные после I укоса последнего года жизни 3. Кукуруза на зерно/зеленую массу 4. Озимый ячмень	1. Однолетние бобово-злаковые смеси 2. Озимый рапс 3. Оз. тритикале (оз. ячмень) + подсев клевера 4. Клевер 1 года 5. Клевер 2 года 6. Оз. рожь+пожнивные	1. Оз. рожь (оз. ячмень) + пожнивные 2. Яр. пшеница и/или яр. тритикале + пожнивные 3–7. Люцерна (выводное поле до 5 лет) +поукосные после I укоса последнего года жизни	1. Ячмень + подсев бобово-злаковых смесей 2–5 Бобово-злаковые смеси 6. Однолетние бобово-злаковые смеси 7. Оз. рожь (оз. ячмень) + пожнивные

При компактной земельной территории, отсутствии удаленных массивов и однородности почвенного покрова все необходимые зерновые, кормовые и другие культуры рекомендуется возделывать в севооборотах плодосменного типа. В таких случаях, как правило, вводят универсальные зерно-травяные севообороты с соотношением культур в соответствии со специализацией. Также необходимо в такие севообороты включать технические культуры (озимый и яровой рапс, подсолнечник на семена). На более отдаленных массивах, где отсутствуют животноводческие фермы, или имеется небольшое поголовье скота, можно рекомендовать севообороты, насыщенные зерновыми культурами. Многолетние и однолетние травы, а также другие кормовые культуры, должны занимать в этих севооборотах небольшой удельный вес и включаться как предшественники зерновых

Заключение

1. При возврате в сельскохозяйственный оборот земель на торфяных почвах из категории радиационно-опасных требуется в обязательном порядке проведение комплекса агрохимических и агротехнических защитных мер (известкование, внесение фосфорных и калийных удобрений, подбор культур с низкими параметрами накопления радионуклидов, особенно ^{90}Sr).

2. Минимальные коэффициенты перехода радионуклидов (Кп) в урожай сельскохозяйственных культур севооборотов наблюдаются при внесении минеральных удобрений в дозах $\text{N}_{60-90}\text{P}_{60-90}\text{K}_{120-180}$ на фоне 7,5 т/га доломитовой муки.

3. Зерновые и технические культуры рекомендуется возделывать в севооборотах плодосменного типа, а кормовые культуры – в специализированных кормовых севооборотах вблизи животноводческих комплексов и ферм.

4. На более отдаленных массивах, где отсутствуют животноводческие фермы, или имеется небольшое поголовье скота, можно рекомендовать севообороты, насыщенные зерновыми культурами. Многолетние и однолетние травы, а также другие кормовые культуры должны занимать в этих севооборотах небольшой удельный вес и включаться как предшественники зерновых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные проблемы радиологии в сельскохозяйственном производстве: монография / под общ. ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИГ и М Россельхозакадемия, 2010. – 363 с.
2. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий: монография//под общ. ред. Н. Н. Цыбулько. – Минск: РНИУП «Институт радиологии», 2011. – 438 с.
3. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021-2025 годы // Н. Н. Цыбулько и [и др.]. РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.
4. Рекомендации по возделыванию многолетних бобово-злаковых многокомпонентных травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах/ РНИУП «Институт радиологии» – Минск: Ин-т радиологии, 2015. – 33 с.
5. Подоляк, А. Г. Радиологические аспекты производства сельскохозяйственной продукции на территории радиоактивного загрязнения / А. Г. Подоляк, А. Ф. Карпенко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. Вып. 19. – Ч.2. – Горки, 2016. – С. 194–201.
6. Радиологические аспекты применения минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных кормовых угодьях / Н. М. Белоус, А. Г. Подоляк, Е. В. Смольский, А. Ф. Карпенко // Агрохимический вестник. – 2016. – № 2. – С. 10–14.
7. Подоляк, А. Г. Параметры поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr в многолетние злаковые травы и зоотехнические показатели качества кормов в зависимости от доз внесения удобрений на торфяной почве / А. Г. Подоляк [и др.]. // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. Вып. 19. – Ч. 2. – Горки, 2016. – С. 185–193.
8. Подоляк, А. Г. Влияние агрохимических и агротехнических приемов улучшения основных типов лугов Белорусского Полесья на поступление в травостой ^{137}Cs и ^{90}Sr : автореф. дисс. к. с-х. н., 06.01.04; НИРУП «Институт почвоведения и агрохимии» – Минск, 2002. – 19 с.
9. Подоляк, А. Г. Рекомендации по использованию возвращаемых в оборот загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2015. – 35 с.
10. Цыбулько, Н. Н. Методология комплексной оценки радиационно-опасных земель при возврате в хозяйственное пользование / Н.Н. Цыбулько, Т.П. Шапшеева // Экологический вестник, 2014, № 4(30) – С. 97–102.
11. Подоляк, А. Г. Научные аспекты сельскохозяйственного производства в постчернобыльских условиях / А. Г. Подоляк, В. В. Валетов, А. Ф. Карпенко. – Мозырь: МГПУ им. И.П. Шамякина, 2017. – 242 с.
12. Подоляк, А. Г. Опыт обеспечения радиационной безопасности территорий Республики Беларусь после катастрофы на Чернобыльской АЭС / А. Г. Подоляк, Т. Ф. Персикова // Агрохимический вестник. 2023. – №1 – С 64–69.
13. Персикова, Т. Ф. Возделывание многолетних бобово-злаковых травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах / Т. Ф. Персикова, А. Г. Подоляк. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – №4. – С. 59–66.
14. Комплекс мероприятий по повышению плодородия и защите от деградации почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь на 2021–2025 годы / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. Национальная академия Наук Беларуси, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 148 с.
15. Подоляк, А. Г. К вопросу возврата в хозяйственное использование земель, выведенных из оборота по радиационному фактору. Плодородие почв – основа продовольственной безопасности государства: Материалы VI съезда общества почвоведов и агрохимиков, Минск 21 июля 2022 г. / А. Г. Подоляк, Т. Ф. Персикова // Институт почвоведения и агрохимии; редкол.: Ю. К. Шашако [и др.]. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – С. 236–240.

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЮПИНА ЖЕЛТОГО В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ АНТРАКНОЗА И НА ИНФЕКЦИОННОМ ФОНЕ

Д. В. ГАТАЛЬСКАЯ, Ю. С. МАЛЫШКИНА, Е. В. РАВКОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: yulia1883150@gmail.com

(Поступила в редакцию 27.03.2023)

Для устранения существующего дефицита растительного белка в республике посевы зернобобовых культур в чистом виде должны составлять не менее 350 тыс. га. В решении этой проблемы должен быть использован в полной мере биологический и экономический потенциал люпина.

В наших исследованиях представлены результаты оценки образцов люпина желтого различного селекционного и географического происхождения в питомнике исходного материала как в естественных условиях распространения патогена, так и на инфекционном антракнозном фоне с 2020 по 2022 гг. Коллекция люпина желтого состояла из 34 образцов, в том числе: 11 образцов (Россия), 23 образца (Беларусь). На инфекционном фоне проводилась оценка на устойчивость к антракнозу 24 образцов. В качестве контроля выступал сорт Владко, принятый за контроль в системе государственного сортоиспытания Республики Беларусь. В результате анализа данных в среднем за годы исследований в условиях естественного распространения антракноза наиболее урожайными были образцы БГСХА 81 (245,4 г/м²), БГСХА 92 (245,4 г/м²), БГСХА 88 (256,8 г/м²), БГСХА 99 (257,0 г/м²), БГСХА 89 (276,7 г/м²) – белорусской селекции. В условиях инфекционного фона стабильными по урожайности семян по годам были образцы БГСХА 81 (128,7 г/м²), БГСХА 97 (130,1 г/м²), БГСХА 89 (130,8 г/м²), БГСХА 82 (137,5 г/м²) и БГСХА 99 (151,5 г/м²).

Предлагается в селекционных программах использовать в качестве источников продуктивности и толерантности к антракнозу образцы белорусской селекции БГСХА 82, БГСХА 81, БГСХА 92, БГСХА 88, БГСХА 99 и БГСХА 89.

Ключевые слова: люпин жёлтый, образец, антракноз, инфекционный фон, урожайность семян.

In order to eliminate the existing shortage of vegetable protein in the republic, the sowing of leguminous crops in its pure form should be at least 350 thousand hectares. In solving this problem, the biological and economic potential of lupine should be used to the full extent. Our research presents the results of assessing samples of yellow lupine of various breeding and geographical origin in the nursery of the source material, both in natural conditions of the spread of the pathogen, and against an infectious anthracnose background from 2020 to 2022. The yellow lupine collection consisted of 34 samples, including: 11 samples (Russia), 23 samples (Belarus).

Against an infectious background, 24 samples were evaluated for resistance to anthracnose. The Vladko variety, taken as a control in the system of state variety testing of the Republic of Belarus, acted as a control. As a result of data analysis, on average over the years of research under the conditions of the natural spread of anthracnose, the most productive samples were BGSXA 81 (245.4 g/m²), BGSXA 92 (245.4 g/m²), BGSXA 88 (256.8 g/m²), BGSXA 99 (257.0 g/m²), BGSXA 89 (276.7 g/m²) of Belarusian selection. Under conditions of an infectious background, the samples BGSXA 81 (128.7 g/m²), BGSXA 97 (130.1 g/m²), BGSXA 89 (130.8 g/m²), BGSXA 82 (137.5 g/m²) and BGSXA 99 (151.5 g/m²) were stable according to seed productivity over the years.

It is proposed to use samples of the Belarusian selection BGSXA 82, BGSXA 81, BGSXA 92, BGSXA 88, BGSXA 99 and BGSXA 89 as sources of productivity and tolerance to anthracnose in breeding programs.

Key words: yellow lupine, sample, anthracnose, infectious background, seed yield.

Введение

В последние годы в Республике Беларусь посевные площади под люпином ежегодно сокращаются. В основном люпиновое поле представлено сортами люпина узколистного белорусской селекции. В 60–70 гг. прошлого столетия люпин желтый занимал лидирующие позиции среди однолетних бобовых культур, а его площади составляли в среднем 200 тыс. га [1]. Люпин является хорошим предшественником для сельскохозяйственных растений [1, 2]. Но, несмотря на свой высокий биологический и экономический потенциал, люпин желтый в настоящее время не имеет должного распространения из-за повсеместного поражения антракнозом, низкой и нестабильной урожайности семян, сильной зависимости длины вегетационного периода от метеорологических условий года [3].

Причиной сокращения посевных площадей не только в республике, но и в мире является антракноз. Антракноз – очень вредоносная болезнь, особенно для регионов с влажным климатом. Болезнь поражает вегетативные органы растения: листья, черешки, стебли, бобы образуя на них темные, впалые повреждения с розово-оранжевой споруляцией в центре, а семена в пораженных бобах инфицируются [4].

Ведется постоянный поиск источников устойчивости к антракнозу, так как патоген обладает высокой репродукционной способностью, адаптацией к окружающей среде и внутренним полиморфизмом, что сильно затрудняет селекцию на устойчивость к патогену. Возбудитель антракноза – гриб *Colletotrichum lupine* обладает высокой вирулентностью и агрессивностью и в годы эпифитотий может приводить к полной гибели посевов [5, 6].

Для развития люпиносеяния в Беларуси необходимы новые, устойчивые к болезням, скороспелые, высокоурожайные, экологически стабильные и пластичные сорта разных направлений хозяйственного использования [3, 7].

Целью наших исследований являлась оценка исходного материала люпина желтого в естественных условиях распространения антракноза и на инфекционном фоне по ффективности и толерантности к антракнозу.

Основная часть

В наших исследованиях представлены результаты оценки образцов люпина желтого различного селекционного и географического происхождения в питомнике исходного материала, как в естественных условиях распространения патогена, так и на инфекционном антракнозном фоне с 2020 по 2022 гг.

Инфекционный фон закладывался по методике А. С. Якушевой и Н. Н. Соловьяновой [8]. Для создания инфекционного фона собирали пораженные растения антракнозом (створки бобов, стебли растений люпина с язвами антракноза) и высушивали. Весной после появления всходов вносили пораженный гербарный материал, предварительно размолотый на лабораторной мельнице, на мокрую почву из расчёта 2 г в одно междурядье. Если необходимо было, то почву предварительно увлажняли. Размер учетной делянки в питомнике составлял 1 м², пространственная повторность отсутствовала, временная составляла от 1 до 3 лет в зависимости от момента включения образцов в коллекцию.

На протяжении всего вегетационного периода изучалась динамика распространения антракноза по фазам развития растений образцов люпина желтого в условиях естественного распространения патогена и на искусственном инфекционном фоне. Уборка осуществлялась вручную с обмолотом снопа на установке МПСУ-500. Коллекция люпина желтого состояла из 34 образцов, в том числе: 11 образцов (Россия), 23 образца (Беларусь). На инфекционном фоне проводилась оценка на устойчивость к антракнозу 24 образцов (табл. 1). В качестве контроля выступал сорт Владко, принятый за контроль в системе государственного сортоиспытания Республики Беларусь.

Таблица 1. Динамика распространения антракноза на образцах люпина желтого в коллекционном питомнике в среднем за 2020–2022 гг.

Сорт	Страна	Процент поражения растений по фазам развития					
		естественные условия			инфекционный фон		
		розетки	цветения	созревания	розетки	цветения	созревания
Владко (контроль)	Беларусь	3,9	29,0	61,5	5,9	35,4	82,6
Булат	Россия	1,2	12,5	57,5	3,6	40,2	81,9
Бригантина	Россия	2,4	17,1	40,5	3,2	23,5	84,7
Надежный	Россия	1,7	19,1	48,1	5,3	30,5	77,5
Новозыбковский 100	Россия	3,2	15,3	37,6	4,0	23,7	78,3
Ореол	Россия	1,8	18,5	57,3	3,1	29,3	76,8
Престиж	Россия	3,8	22,8	56,4	5,7	31,7	77,5
ЧП-1593	Россия	3,6	17,9	40,5	5,3	36,9	81,9
Еврантус	Беларусь	1,2	15,1	42,7	4,8	36,8	72,7
Магикан	Беларусь	1,8	10,1	38,6	3,8	24,5	71,7
БГСХА 67	Беларусь	2,2	18,6	50,8	5,0	29,4	60,0
БГСХА 97	Беларусь	1,8	19,1	49,0	4,6	28,0	57,9
БГСХА 87	Беларусь	1,8	19,8	47,6	4,2	26,6	52,4
БГСХА 81	Беларусь	1,5	16,4	40,8	6,7	26,1	52,6
БГСХА 82	Беларусь	1,9	11,4	35,2	4,3	24,9	51,2
БГСХА 99	Беларусь	2,2	14,7	31,1	4,9	22,8	42,1
БГСХА 88	Беларусь	1,9	17,4	35,9	5,1	25,5	43,7
БГСХА 89	Беларусь	2,8	18,8	45,9	4,7	27,2	56,5
БГСХА 91	Беларусь	1,9	19,7	50,2	4,0	26,6	58,9
БГСХА 92	Беларусь	2,1	16,6	44,9	8,0	26,3	60,7
ЛЖ-var. mlsp	Беларусь	3,9	18,8	50,6	5,4	29,4	81,1
ЛЖ-СП-18-6-1	Беларусь	8,7	35,0	69,9	10,5	43,9	89,0
ЛЖ-СН-18 кл 58	Беларусь	5,5	22,0	53,6	7,7	49,0	80,4
ЛЖ-ОТ-Влад БР	Беларусь	2,3	16,4	36,2	4,7	32,3	84,0
ЛЖ-ОТ-312 ч.	Беларусь	2,5	16,0	62,9	–	–	–
ЛЖ-ПГ ч-ОТ- 31К	Беларусь	2,2	18,8	62,8	–	–	–
ЛЖ-ОТ-№22	Беларусь	3,1	17,9	56,0	–	–	–
ЛЖ-СН-№231	Беларусь	3,2	15,6	35,4	–	–	–
ЛЖ-СН-№229	Беларусь	1,8	21,1	48,6	–	–	–
ЛЖ-СН-№233	Беларусь	1,3	27,8	47,8	–	–	–
Антей	Россия	2,6	19,8	63,8	–	–	–
ЛМИ-61-19	Россия	1,7	18,3	61,7	–	–	–
СН-61-18	Россия	3,5	27,4	77,9	–	–	–
Фрегат	Россия	2,7	24,3	56,8	–	–	–
X min		1,2	10,1	31,1	3,1	22,8	42,1
X max		8,7	35,0	77,9	10,5	49,0	89,0
X среднее		2,6	19,1	49,9	5,2	30,4	69,0

Первые признаки поражения антракнозом нами отмечались с момента полных всходов как в естественных условиях распространения патогена, так и на инфекционном фоне. В фазе розетки в условиях естественного распространения антракноза меньше всех из сортов российской селекции поражались Булат (1,2 %), Надежный (1,7 %) и ЛМИ-61-19 (1,7 %), а максимальное распространение патогена отмечено у сорта Престиж (3,8 %). У образцов белорусской селекции минимальное распространение антракноза отмечено у образцов Еврантус (1,2 %), ЛЖ-СН-№233 (1,3 %), БГСХА 81(1,5 %), а максимальное у образца ЛЖ-СП-18-6-1 (8,7 %).

В условиях инфекционного фона распространение антракноза в фазу розетки было выше и варьировало от 3,1 до 10,5 %. Наибольшее распространение патогена отмечено у образцов ЛЖ-СН-18 кд 58 (7,7 %), БГСХА 92 (8,0 %), ЛЖ-СП-18-6-1 (10,5 %).

В фазу цветения процент распространения антракноза на растениях увеличился в четыре раза и более как в условиях естественного распространения, так и на инфекционном фоне, и в среднем по питомнику исходного материала составил соответственно 19,1 и 30,4 %. В условиях инфекционного фона распространение патогена на образцах белорусской селекции варьировало от 22,8 до 49,0 %, российской селекции – от 23,5 до 40,2 %, а в условиях естественного распространения антракноза поражение образцов белорусской селекции варьировало от 10,1 до 35,0 %, сортов российской селекции от 12,5 до 27,4 %.

В фазу созревания распространение патогена по образцам в питомнике исходного материала в среднем за годы исследований в естественных условиях составило 49,9 %, а на инфекционном фоне – 69,0 %. Среди белорусских образцов на инфекционном фоне меньше всех поразились БГСХА 99 (42,1 %) и БГСХА 88 (43,7 %), а наиболее восприимчивыми оказались ЛЖ-СП-18-6-1 (89,0 %), ЛЖ-ОТ-Влад БР (84,0 %), Владко (82,6 %), ЛЖ-var. mlsp (81,1 %) ЛЖ-СН-18 кд 58 (80,4 %), а у образцов российской селекции распространение антракноза по образцам было значительно выше и варьировало от 76,8 до 84,7 %. Более высокое поражение антракнозом отмечено у образцов Бригантина (84,7 %), Булат (81,9 %) и ЧП-1593 (81,9 %).

На структуру урожайности, как и на саму урожайность семян, в сильной степени оказывает влияние распространение антракноза. Так, количество плодоносящих кистей на инфекционном фоне в среднем составляло 1,1 шт. на растении, а коэффициент варьирования составил 16,4 %. Наиболее сильным варьированием характеризовались показатели количество бобов на центральной кисти и всего бобов на растении – от 21,9 до 46,4 %, за исключением БГСХА 91 (19,4 %).

Показатель количества всего семян на растении варьировал в сильной степени от 23,5 до 49,8 %. Более низкий процент варьирования семян имели образцы белорусской селекции – БГСХА 82 (23,5 %), БГСХА 89 (27,6 %), БГСХА 91 (28,8 %), БГСХА 81 (29,6 %). Большинство изучаемых образцов имели данный показатель в пределах 30,3–49,8 %.

Наибольшее количество семян всего на растении в среднем за три года формировали образцы БГСХА 81 ($27,4 \pm 2,6$), БГСХА 97 ($27,8 \pm 4,1$) и БГСХА 99 ($28,9 \pm 3,6$). Более высокое количество семян в бобе формировали образцы БГСХА 87 ($3,8 \pm 0,2$) и БГСХА 81 ($3,8 \pm 0,2$) шт.

Структура урожайности образцов в условиях естественного распространения антракноза существенно отличалась от изучаемой структуры на инфекционном фоне.

В условиях естественного распространения формировалось большее количество плодоносящих кистей, бобов и семян на растении. Число плодоносящих кистей на растении по образцам в среднем составляло $1,3 \pm 0,2$ шт. Количество бобов на центральной кисти изменялось от 6,6 до 13,9 шт., а в среднем составляло $9,4 \pm 0,8$ шт. на одно растение. Коэффициент варьирования по данному показателю составил 18,1–53,3 %. Более стабильным он был у образцов белорусской селекции БГСХА 88, БГСХА 89 и БГСХА 91.

Количество семян на растении варьировало от $26,6 \pm 2,3$ до $59,2 \pm 5,9$ шт., а в среднем на растении формировалось $35,5 \pm 3,6$ шт., что в сравнении с инфекционным фоном в среднем выше на 10,0 шт. семян. Коэффициент варьирования данного показателя колебался от 22,3 до 59,2 %. Более стабильными по показателю семенной продуктивности были образцы БГСХА 82 и БГСХА 91.

В 2020 г. урожайность семян контрольного сорта Владко составила $32,0 \text{ г/м}^2$ (табл. 2). Анализ белорусских образцов показал, что контроль в этом году превосходили все образцы за исключением образцов ЛЖ-СП-18-6-1 (-1 г/м^2) и ЛЖ-ППч-ОТ-31К ($-21,0 \text{ г/м}^2$), по остальным образцам урожайность варьировала от $25,0$ до $250,0 \text{ г/м}^2$.

Все образцы российской селекции превосходили контроль от $14,0$ до $126,0 \text{ г/м}^2$. На инфекционном фоне урожайность семян сорта контроля Владко составила 20 г/м^2 . Образцы белорусской селекции превосходили контроль на $1,0$ – $134,3 \text{ г/м}^2$, а образцы российской селекции на $1,0$ – $25,0 \text{ г/м}^2$. Наиболее урожайными были образцы БГСХА 81 ($125,5 \text{ г/м}^2$), БГСХА 99 ($126,0 \text{ г/м}^2$) и БГСХА 82 ($154,3 \text{ г/м}^2$).

Таблица 2. Урожайность семян люпина желтого в питомнике исходного материала в условиях естественного распространения антракноза и на инфекционном фоне в 2020–2022 гг.

Образцы	Урожайность семян в естественных условиях								Урожайность семян на инфекционном фоне							
	2020 г.		2021 г.		2022 г.		В среднем		2020 г.		2021 г.		2022 г.		В среднем	
	г/м ²	± к контролю	г/м ²	± к контролю	г/м ²	± к контролю	г/м ²	± к контролю	г/м ²	± к контролю	г/м ²	± к контролю	г/м ²	± к контролю	г/м ²	± к контролю
Владко (контроль)	32,0	–	199,4	–	207,4	–	146,3	–	20,0	–	28,7	–	138,0	–	62,2	–
Булат	46,0	14,0	268,3	68,9	289,3	81,9	201,2	54,9	27,0	7,0	49,7	21,0	210,0	72,0	95,6	33,3
Бригантина	158,0	126,0	178,6	-20,8	306,0	98,6	214,2	67,9	21,0	1,0	51,5	22,8	115,2	-22,8	62,6	0,3
Надежный	124,0	92,0	207,4	8,0	196,0	-11,4	175,8	29,5	38,0	18,0	59,3	30,6	130,0	-8,0	75,8	13,5
Новозыбковский 100	157,0	125,0	196,6	-2,8	289,8	82,4	214,5	68,2	45,0	25,0	75,1	46,4	95,0	-43,0	71,7	9,5
Ореол	51,0	19,0	183,8	-15,6	233,7	26,3	156,2	9,9	41,0	21,0	57,0	28,3	70,4	-67,6	56,1	-6,1
Престиж	94,0	62,0	199,3	-0,1	180,9	-26,5	158,1	11,8	38,0	18,0	58,8	30,1	130,8	-7,2	75,9	13,6
ЧП-1593	134,0	102,0	263,6	64,2	209,4	2,0	202,3	56,1	32,0	12,0	55,0	26,3	158,0	20,0	81,7	19,4
Еврантус	145,0	113,0	208,7	9,3	269,8	62,4	207,8	61,6	36,0	16,0	86,9	58,2	142,8	4,8	88,6	26,3
Магикан	107,0	75,0	225,6	26,2	204,8	-2,6	179,1	32,9	35,0	15,0	88,3	59,6	170,0	32,0	97,8	35,5
БГСХА 67	271,0	239,0	259	59,6	166,9	-40,5	232,3	86,0	90,1	70,1	117,7	89,0	85,0	-53,0	97,6	35,4
БГСХА 97	222,0	190,0	250,8	51,4	201,3	-6,1	224,7	78,4	111,0	91,0	125,4	96,7	154,0	16,0	130,1	67,9
БГСХА 87	210,0	178,0	207,4	8,0	206,7	-0,7	208,0	61,8	105,0	85,0	94,3	65,6	178,0	40,0	125,8	63,5
БГСХА 81	251,0	219,0	243,5	44,1	241,6	34,2	245,4	99,1	125,5	105,5	110,7	82,0	150,0	12,0	128,7	66,5
БГСХА 82	227,0	195,0	205,4	6,0	225,5	18,1	219,3	73,0	154,3	134,3	114,1	85,4	144,0	6,0	137,5	75,2
БГСХА 99	244,0	212,0	225,2	25,8	301,7	94,3	257,0	110,7	126,0	106,0	102,4	73,7	226,0	88,0	151,5	89,2
БГСХА 88	248,0	216,0	279,1	79,7	243,2	35,8	256,8	110,5	86,3	66,3	116,3	87,6	170,7	32,7	124,4	62,2
БГСХА 89	269,0	237,0	295,1	95,7	266,0	58,6	276,7	130,4	90,3	70,3	134,1	105,4	168,0	30,0	130,8	68,6
БГСХА 91	282,0	250,0	219,6	20,2	182,6	-24,8	228,1	81,8	94,0	74,0	104,6	75,9	96,4	-41,6	98,3	36,1
БГСХА 92	219,0	187,0	291,4	92,0	225,9	18,5	245,4	99,2	69,5	49,5	126,7	98,0	98,0	-40,0	98,1	35,8
ЛЖ-var. mlsp	106,0	74,0	224,9	25,5	318,1	110,7	216,4	70,1	42,0	22,0	69,8	41,1	208,0	70,0	106,6	44,4
ЛЖ-СП-18-6-1	31,0	-1,0	297,6	98,2	210,9	3,5	179,8	33,6	26,0	6,0	44,9	16,2	86,0	-52,0	52,3	-9,9
ЛЖ-СН-18 кд 58	85,0	53,0	212,7	13,3	228,0	20,6	175,2	29,0	24,0	4,0	31,1	2,4	142,8	4,8	66,0	3,7
ЛЖ-ОТ-Влад БР	60,0	28,0	189,4	-10,1	210,9	3,5	153,4	7,2	21,0	1,0	46,7	18,0	138,6	0,6	68,8	6,5
ЛЖ-ОТ-312 ч.	108,0	76,0	316,4	117,0	194,1	-13,3	206,1	59,9	–	–	–	–	–	–	–	–
ЛЖ-ПГч-ОТ- 31К	11,0	-21,0	225,7	26,3	162,6	-44,8	133,1	-13,2	–	–	–	–	–	–	–	–
ЛЖ-ОТ-№22	57,0	25,0	255,7	56,3	262,1	54,7	191,6	45,4	–	–	–	–	–	–	–	–
ЛЖ-СН-№231	–	–	188,4	-11,0	146,5	-60,9	167,4	-36,0	–	–	–	–	–	–	–	–
ЛЖ-СН-№229	–	–	204,5	5,1	151,1	-56,3	177,8	-25,6	–	–	–	–	–	–	–	–
ЛЖ-СН-№233	–	–	201,9	2,5	219,7	12,3	210,8	7,4	–	–	–	–	–	–	–	–
Ангей	–	–	–	–	197,2	-10,2	197,2	-10,2	–	–	–	–	–	–	–	–
ЛМИ-61-19	–	–	–	–	151,2	-56,2	151,2	-56,2	–	–	–	–	–	–	–	–
СН-61-18	–	–	–	–	179,3	-28,1	179,3	-28,1	–	–	–	–	–	–	–	–
Фрегат	–	–	–	–	208,4	1,0	208,4	1,0	–	–	–	–	–	–	–	–
X min	11,0	-21,0	178,6	-20,8	146,5	-60,9	133,1	-56,2	20,0	1,0	28,7	0,0	64,8	-73,2	52,3	-9,9
X max	282,0	250,0	316,4	117,0	318,1	110,7	276,7	130,4	154,3	134,3	134,1	105,4	226,0	88,0	151,5	89,2

В 2021 г. семенная продуктивность в условиях естественного распространения антракноза была значительно выше, чем в 2020 г. и варьировала от 178,6 до 316,4 г/м². У образцов российской селекции урожайность семян колебалась от 178,6 до 268,3 г/м², при этом урожайность контроля составила 199,4 г/м², а белорусской селекции варьировала от 188,4 до 316,4 г/м². Наиболее урожайными были образцы БГСХА 92 (291,4 г/м²), БГСХА 89 (295,1 г/м²), ЛЖ-СП-18-6-1 (297,6 г/м²) и ЛЖ-ОТ-312ч (316,4 г/м²). В условиях инфекционного фона урожайность семян по образцам составила 31,1–134,1 г/м², при урожайности контроля 28,7 г/м².

В 2022 г. урожайность семян в условиях естественного распространения патогена варьировала от 146,5 до 318,1 г/м². Болеевысокую урожайность семян формировали образцы БГСХА 99 (301,7 г/м²), ЛЖ-вар. mlsp (318,1 г/м²) – белорусской селекции и образец Бригантина (306,0 г/м²) – российской селекции. В условиях инфекционного фона урожайность семян по образцам была ниже и составила 64,8–226,0 г/м², при урожайности контроля 138,0 г/м².

В результате анализа данных в среднем за годы исследований в условиях естественного распространения антракноза наиболее урожайными были образцы БГСХА 81 (245,4 г/м²), БГСХА 92 (245,4 г/м²), БГСХА 88 (256,8 г/м²), БГСХА 99 (257,0 г/м²), БГСХА 89 (276,7 г/м²) – белорусской селекции. В условиях инфекционного фона стабильными по урожайности семян по годам были образцы БГСХА 81 (128,7 г/м²), БГСХА 97 (130,1 г/м²), БГСХА 89 (130,8 г/м²), БГСХА 82 (137,5 г/м²) и БГСХА 99 (151,5 г/м²).

Заключение

На основании скрининга коллекции образцов различного селекционного происхождения в условиях естественного распространения антракноза и на инфекционном фоне установлено, что в наших условиях образцы белорусской селекции обладают резистентностью к антракнозу. В селекционных программах целесообразно использовать в качестве источников продуктивности и толерантности к антракнозу образцы белорусской селекции БГСХА 82, БГСХА 81, БГСХА 92, БГСХА 88, БГСХА 99 и БГСХА 89.

ЛИТЕРАТУРА

1. Привалов, Ф. И. Перспективы возделывания, селекции и семеноводства люпина в Беларуси / Ф. И. Привалов, В. Ч. Шор. – Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2015. – №2. – С. 47–53.
2. Купцов, Н. С. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы: монография / Н. С. Купцов, И. П. Такунов. – Брянск, 2006. – 576 с.
3. Малышкина, Ю. С. Результаты оценки перспективных образцов желтого люпина на скороспелость и урожайность семян в условиях северо-востока Беларуси / Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2019. – №1 – С. 75–78.
4. Чекалин, Н. М. Генетические основы селекции зернобобовых культур на устойчивость к патогенам / Н. М. Чекалин. – Полтава: Интер-графіка; 2003. – 186 с.
5. Гатальская, Д. В. Селекция желтого люпина на семенную продуктивность и резистентность к антракнозу / Д. В. Гатальская, Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2020. – № 3. – С. 117–121.
6. Малышкина, Ю. С. Результаты рекуррентного отбора на образцах жёлтого люпина в условиях северо-востока Беларуси / Ю. С. Малышкина, Д. В. Гатальская, Е. В. Равков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2022. – № 3. – С. 60–64.
7. Якушева, А. С. Оценка люпина на устойчивость к антракнозу: методические рекомендации / А. С. Якушева, Н. Н. Сольянова. – Брянск: ВНИИ люпина, 2001. – 17 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ СПОСОБОВ РАЗМНОЖЕНИЯ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ И ЭФИРНО-МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Т. В. САЧИВКО, В. Н. БОСАК

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: sachyuka@rambler.ru, bosak1@tut.by

(Поступила в редакцию 03.05.2023)

В полевых исследованиях на окультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» изучены генеративные (семенами в открытый грунт, рассадой) и вегетативные (делением куста, черенками) способы размножения новых районированных авторских сортов лука душистого (*Allium odorum* L.) Водар, иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) Завей и руты душистой (*Ruta graveolens* L.) Смаляница.

В результате исследований установлено, что при генеративном способе размножения более высокие показатели продуктивности (высота растения, количество побегов, масса одного растения) и урожайности зеленой массы по всем трем годам возделывания получены в вариантах при размножении рассадой.

На третий год возделывания урожайность зеленой массы лука душистого в вариантах при размножении рассадой оказалась 1215 г/м², иссопа лекарственного – 1512 г/м², руты душистой – 2232 г/м². При размножении семенами непосредственно в открытый грунт урожайность зеленой массы лука душистого на третий год возделывания составила 1062 г/м², иссопа лекарственного – 1503 г/м², руты душистой – 2133 г/м².

Вегетативное размножение делением куста способствовала наибольшей урожайности зеленой массы лука душистого во все годы возделывания: первый год – 243 г/м², второй год – 342 г/м², третий год – 1233 г/м². Вегетативное размножение полуодревесневшими черенками обеспечило урожайность зеленой массы на третий год возделывания иссопа лекарственного 1431 г/м², руты душистой – 2088 г/м².

В контрольном варианте (4 год возделывания) урожайность зеленой массы лука душистого составила 1755 г/м², иссопа лекарственного – 1530 г/м², руты душистой – 2745 г/м².

Ключевые слова: способы размножения, лук душистый, иссоп лекарственный, рута душистая, продуктивность, зеленая масса, урожайность, экономическая эффективность.

*In field studies on cultivated sod-podzolic loamy soil in the Belarusian State Agricultural Academy, generative (seeds in the open ground, seedlings) and vegetative (by dividing the bush, cuttings) methods of reproduction of new localized author varieties of fragrant onions (*Allium odorum* L.) Vodar, medicinal hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) Zaveia and fragrant rue (*Ruta graveolens* L.) were studied.*

As a result of research, it was found that with the generative method of reproduction, higher indicators of productivity (plant height, number of shoots, mass of one plant) and yield of green mass for all three years of cultivation were obtained in variants when propagating seedlings.

In the third year of cultivation, the yield of the green mass of fragrant onions in the variants for propagation of seedlings was 1215 g/m², hyssop – 1512 g/m², rue – 2232 g/m². When propagated by seeds directly into the open ground, the yield of the green mass of fragrant onions in the third year of cultivation was 1062 g/m², hyssop – 1503 g/m², rue – 2133 g/m².

Vegetative reproduction by dividing the bush contributed to the greatest yield of the green mass of fragrant onions in all years of cultivation: the first year – 243 g/m², the second year – 342 g/m², the third year – 1233 g/m². Vegetative propagation with semi-woody cuttings ensured the yield of green mass in the third year of cultivation of hyssop – 1431 g/m², rue – 2088 g/m².

In the control version (4th year of cultivation), the yield of the green mass of fragrant onions was 1755 g/m², hyssop – 1530 g/m², rue – 2745 g/m².

Key words: methods of reproduction, fragrant onion, hyssop, rue, productivity, green mass, yields, economic efficiency.

Введение

Пряно-ароматические и эфирно-масличные растения широко применяются в различных отраслях пищевой промышленности, традиционной и народной медицине, парфюмерии и косметологии, декоративном садоводстве и др. [1–9].

Из большого количества выявленных пряно-ароматических и эфирно-масличных культур изучено и возделывается в приусадебном и товарном производстве менее 100. Расширение существующего ассортимента растений сдерживается недостаточной изученностью сортового разнообразия, биологии и способов возделывания новых и малораспространенных культур, отсутствием в необходимых количествах посевного и посадочного материала, отсутствием отечественных сортов, пригодных к конкретным почвенно-климатическим условиям и т. д.

Среди агротехнических приемов возделывания пряно-ароматических и эфирно-масличных культур важное значение имеют способы их размножения, что позволяет получать высокие и устойчивые урожаи товарной продукции, а также вести семеноводство этих культур, в т. ч. в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь.

Существует два основных способа размножения пряно-ароматических и эфирно-масличных культур: семенной, или генеративный (непосредственно семенами в открытый грунт или через

выращивание рассады с ее последующей пересадкой на постоянное место) и вегетативный (черенками, делением куста, отводками и т. д.), использование которых во многом зависит от биологических особенностей растений и почвенно-климатических условий [10–21].

Для отдельных культур применяют, как правило, семенной способ размножения в качестве основного (например, для пажитника голубого или большинства традиционных пряно-ароматических и эфирно-масличных культур – укропа, кориандра, тмина и т. д.), для других однолетних культур – и непосредственно семенами в открытый грунт, и через рассаду (например, для базилика обыкновенного). В свою очередь, рассадный способ возделывания может быть с пикировкой и без пикировки растений [4, 7, 8, 22–24].

Для многолетних пряно-ароматических и эфирно-масличных культур практикуют как семенной, так и вегетативный способы размножения. При этом отдельные пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры, например, лук многоярусный или мяту перечную, размножают преимущественно вегетативным способом, так как семена они практически не образуют [7–9].

Цель исследования – изучить генеративный и вегетативный способы размножения новых районированных сортов пряно-ароматических и эфирно-масличных культур.

Основная часть

Исследования по изучению различных способов размножения пряно-ароматических и эфирно-масличных культур проводили в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» на протяжении 2018–2022 гг. на окультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели: рН_{KCl} 5,7–5,8, содержание P₂O₅ (0,2 М HCl) – 131–142 мг/кг, K₂O (0,2 М HCl) – 235–270 мг/кг, гумуса (0,4 н K₂Cr₂O₇) – 2,3–2,5 %. Исследуемые культуры – авторские сорта лука душистого (*Allium odorum* L.) Водар, иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) Завья, руты душистой (*Ruta graveolens* L.) Смаляница [2, 8, 25–37]. Схемы опытов предусматривали варианты с различными способами генеративного (семенами в открытый грунт, рассадой) и вегетативного (черенками, делением куста) размножения. Полевые исследования, проведение лабораторных измерений и статистическую обработку результатов проводили согласно существующим методикам [38–41].

Как показали результаты исследования, способы размножения оказали существенное влияние на рост и развитие лука душистого, иссопа лекарственного и руты душистой (табл. 1).

При возделывании всех изучаемых пряно-ароматических и эфирно-масличных культур посев семенами в открытый грунт обеспечил наиболее низкие показатели, особенно в первый год возделывания. Кроме того, полевая всхожесть семян не превышала 50 % (при лабораторной всхожести не менее 80 %), что требовало дополнительных затрат, с одной стороны, на прореживание рядков, с другой стороны, пересадки растений на участки, где всходы были слишком редкими (схема посадки в опытах для всех культур – 30 × 30). Повышение всхожести через увеличение нормы высева приводило к значительному перерасходу семян. Кроме того, слабое развитие в начальные периоды роста и низкая конкурентоспособность с сорными растениями требовали дополнительных ручных прополок, так как механизированная обработка на начальных этапах приводит к повреждению растений и их засыпанию почвой.

При размножении рассадой, для получения которой семена высеивали в теплице в конце марта и хорошо развитую рассаду высаживали на постоянное место в конце второй декады мая, обеспечивалось гораздо лучшее развитие посевов. Эффективность механической борьбы с сорняками была также гораздо выше, так как растения изучаемых пряно-ароматических и эфирно-масличных культур были уже хорошо различимы, что исключало их случайное повреждение или засыпание землей.

При вегетативном размножении делением куста растения лука душистого высаживали на постоянное место во второй декаде мая (одновременно с высадкой рассады).

Укоренившиеся черенки иссопа душистого и руты душистой на постоянное место высаживали в конце августа, а все учеты на этих делянках начинали проводить на следующий год одновременно с учетами на делянках с генеративным размножением. Уход за посевами, в частности борьба с сорной растительностью, на делянках с растениями, размножаемыми вегетативно, был практически аналогичен, как и на делянках с растениями при их размножении рассадой.

В результате в исследованиях с луком душистым средняя высота растений в 1 год возделывания (измерения проводили в начале фазы цветения растений в контрольном варианте – посадках 4 года) при размножении семенами составила 15 см при среднем количестве побегов 2 шт. и средней массе 1 растения всего 4 г, что обеспечило урожайность зеленой массы 36 г/м².

При размножении рассадой средняя высота растений лука душистого в 1 год возделывания увеличилась до 25 см, количество побегов – до 5 шт., масса 1 растения – до 24 г, что способствовало формированию урожайности зеленой массы 216 г/м².

Продуктивность пряно-ароматических и эфирно-масличных культур в зависимости от способа размножения

Год возделывания	Высота растения, см	Количество побегов, шт.	Масса 1 растения, г	Фаза цветения	Зеленая масса, г/м ²
Лук душистый (<i>Allium odorum</i> L.), сорт Водар					
Контроль					
4 год	40	55	195	+	1755
Размножение семенами в открытый грунт					
1 год	15	2	4	нет	36
2 год	19	5	12	+	108
3 год	31	24	118	+	1062
Размножение рассадой					
1 год	25	5	24	нет	216
2 год	27	11	29	+	261
3 год	34	30	135	+	1215
Размножение делением куста					
1 год	28	3	27	1–2 цветоноса	243
2 год	32	10	38	+	342
3 год	35	31	137	+	1233
НСР ₀₅ (года)	1,5	0,8	3,5		32,1
НСР ₀₅ (способы)	1,2	0,5	3,2		30,5
Иссоп лекарственный (<i>Hyssopus officinalis</i> L.), сорт Завая					
Контроль					
4 год	55	35	170	+	1530
Размножение семенами в открытый грунт					
1 год	29	3	16	нет	144
2 год	47	28	157	+	1413
3 год	49	31	167	+	1503
Размножение рассадой					
1 год	39	11	123	единично	1107
2 год	49	27	158	+	1422
3 год	53	32	168	+	1512
Размножение черенками					
1 год	10	1	–	нет	–
2 год	45	14	124	+	1116
3 год	51	29	159	+	1431
НСР ₀₅ (года)	2,3	1,1	6,2		55,8
НСР ₀₅ (способы)	2,1	1,0	5,9		54,3
Рута душистая (<i>Ruta graveolens</i> L.), сорт Смеляница					
Контроль					
4 год	70	30	305	+	2745
Размножение семенами в открытый грунт					
1 год	25	6	41	нет	369
2 год	37	18	93	+	837
3 год	58	23	237	+	2133
Размножение рассадой					
1 год	38	10	80	единично	720
2 год	41	21	107	+	963
3 год	63	28	248	+	2232
Размножение черенками					
1 год	10	1	–	нет	–
2 год	35	15	89	+	801
3 год	62	25	232	+	2088
НСР ₀₅ (года)	2,1	0,8	7,1		64,5
НСР ₀₅ (способы)	1,8	0,5	6,8		63,1

Максимальные показатели продуктивности лука душистого в 1 год возделывания были получены при его вегетативном размножении делением куста: средняя высота растения – 28 см, масса 1 растения – 27 г, урожайность зеленой массы – 243 г/м². Кроме того, на делянках с вегетативным размножением делением куста отмечено наступление фазы цветения при наличии 1–2 цветоносов на растениях, в то время как при генеративном размножении цветение у лука душистого в первый год возделывания не было зафиксировано. При вегетативном размножении делением куста следует, однако, учитывать ряд особенностей – требуется наличие 3–4-летних посевов лука душистого, а из одного растения можно получить ограниченное количество новых растений. В то же время одно растение лука душистого

может дать несколько десятков полноценных семян, из которых можно сформировать посевы лука душистого на значительно большей площади.

Аналогичная закономерность в развитии растений лука душистого в зависимости от способа размножения получена и в последующие годы возделывания. На 2 год возделывания более мощное развитие посевов на делянках при размножении делением куста обеспечило урожайность зеленой массы 342 г/м^2 , при размножении рассадой – 261 г/м^2 , при размножении семенами в открытый грунт – 108 г/м^2 . На третий год возделывания лука душистого – соответственно 1233 , 1215 и 1062 г/м^2 , что составило 70, 69 и 61 % от средней урожайности зеленой массы в контрольном варианте (посевы 4 года возделывания). При этом урожайность зеленой массы в варианте с размножением делением куста и размножением семенами на 3 год возделывания практически сравнялась – разница находилась в пределах НСР₀₅.

В исследованиях с иссопом лекарственным и рутой душистой в 1 год возделывания при генеративном способе размножения лучшие показатели продуктивности (высота растения, количество побегов, масса 1 растения) также были получены в вариантах с размножением рассадой, что обеспечило урожайность зеленой массы иссопа лекарственного 1107 г/м^2 , руты душистой – 720 г/м^2 (при размножении семенами в открытый грунт – соответственно 144 и 369 г/м^2). При этом у руты душистой и иссопа лекарственного при размножении рассадой уже в первый год возделывания было отмечено единичное цветение.

На 2 год возделывания урожайность зеленой массы иссопа лекарственного в вариантах с генеративным размножением практически сравнялась (1413 и 1422 г/м^2 – в пределах НСР₀₅). У руты душистой на 2 год возделывания в вариантах с рассадным способом размножения урожайность зеленой массы все же оказалась выше в сравнении с вариантами с размножением семенами в открытый грунт (соответственно 963 и 837 г/м^2).

На 3 год возделывания урожайность зеленой массы иссопа лекарственного во всех вариантах с генеративным размножением оказалась практически одинаковой с показателями контрольного варианта (4 год возделывания иссопа лекарственного) – 1503 – 1530 г/м^2 (в пределах НСР₀₅).

У руты душистой на 3 год возделывания большая урожайность зеленой массы 2232 г/м^2 получена в варианте с размножением рассадой (против 2133 г/м^2 в варианте с размножением семенами в открытый грунт), что оказалось, однако, ниже урожайности зеленой массы в контрольном варианте (4 год возделывания – 2745 г/м^2).

Размножением черенками как у иссопа лекарственного, так и руты душистой имело свою специфику. В 1 год возделывания иссопа лекарственного и руты душистой только в конце вегетационного периода в конце августа – начале сентября у растений иссопа лекарственного и руты душистой начали активно закладываться побеги, количество которых во второй год возделывания достигло соответственно 14 и 15 шт. В результате показатели отдельной продуктивности в первый год возделывания (высота растения, количество побегов) – это фактически характеристика черенка, в связи с чем данные по массе одного растения и урожайности зеленой массе не приводятся. На второй год возделывания, благодаря активному развитию побегов и общему росту растений, урожайность зеленой массы иссопа лекарственного составила 1116 г/м^2 , руты душистой – 801 г/м^2 .

На третий год возделывания в вариантах с размножением черенками отдельные показатели продуктивности начали выравниваться с аналогичными показателями в вариантах с генеративным размножением. Однако растения в вариантах с размножением черенками все равно были более мелкими – масса 1 растения у иссопа лекарственного составила 159 г, у руты душистой – 232 г (в вариантах с генеративным размножением – соответственно 167–168 и 237–248 г). В итоге в вариантах с размножением черенками урожайность зеленой массы иссопа лекарственного оказалась 1431 г/м^2 , у руты душистой – 2088 г/м^2 (при генеративном размножении – соответственно 1503 – 1512 и 2133 – 2232 г/м^2).

Размножение черенками у растений иссопа лекарственного и руты душистой целесообразно при недостатке семенного материала, а также при необходимости ускоренного получения однородного посадочного материала, для сохранения хозяйственно ценных признаков и внедрения технологий вегетативного размножения данных видов растений.

Изучение экономической эффективности возделывания изучаемых пряно-ароматических и эфирномасличных культур (на примере иссопа лекарственного, 2 год возделывания) показало, что условно-чистый доход при семенном способе размножения оказался $2,64 \text{ руб/м}^2$, при размножении рассадой – $2,66 \text{ руб/м}^2$, при размножении черенками – $1,98 \text{ руб/м}^2$.

Заключение

В исследованиях на дерново-подзолистой суглинистой почве установлено, что при генеративном способе размножения более устойчивые показатели продуктивности (высота растений, количество побегов, масса 1 растения) и урожайности зеленой массы обеспечивает размножение рассадой. При

размножении рассадой урожайность зеленой массы лука душистого в первый год возделывания составила 216 г/м², во второй год возделывания – 261 г/м², в третий год возделывания – 1215 г/м², иссопа лекарственного – соответственно 1107, 1422 и 1512 г/м², руты душистой – 720, 963 и 2232 г/м².

При размножении семенами в открытый грунт урожайность зеленой массы лука душистого в первый год возделывания оказалась 36 г/м², во второй год возделывания – 108 г/м², в третий год возделывания – 1062 г/м², иссопа лекарственного – соответственно 144, 1413 и 1503 г/м², руты душистой – 369, 837 и 2133 г/м².

Размножение лука душистого делением куста обеспечило наибольшую урожайность данной культуры: первый год возделывания – 243 г/м², второй год возделывания – 342 г/м², третий год возделывания – 1233 г/м². При размножении черенками урожайность зеленой массы иссопа лекарственного на третий год возделывания составила 1431 г/м², руты душистой – 2088 г/м².

Условно-чистый доход в зависимости от способа размножения иссопа лекарственного составил соответственно 1,98 руб./м² (размножение черенками), 2,64 руб./м² (размножение семенами) и 2,66 руб./м² (размножение рассадой).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваш богатый огород / А. П. Шкляр [и др.]. – Минск: УниверсалПресс, 2005. – 320 с.
2. Генетические ресурсы растений. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 22 с.
3. Маланкина, Е. Л. Лекарственные и эфирномасличные культуры / Е. Л. Маланкина, А. Н. Цицилин. – Москва: Инфра-М, 2016. – 367 с.
4. Особенности агротехники и селекции базилика (*Ocimum L.*) / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2015. – 28 с.
5. Сачивко, Т. В. Базилик: особенности селекции и возделывания / Т. В. Сачивко. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2015. – 128 с.
6. Сачыўка, Т. У. Сорт як фактар захавання харчовай бяспекі / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 147–150.
7. Скорина, В. В. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры / В. В. Скорина, В. Н. Прохоров. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 215 с.
8. Характеристика и особенности агротехники новых сортов пряно-ароматических культур / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 19 с.
9. Шкляр, А. П. Пряно-ароматические и лекарственные культуры в Беларуси (инновации, технологии, экономика и организация производства) / А. П. Шкляр. – Минск: БГАТУ, 2014. – 200 с.
10. Блохин, А. А. Подзимнее черенкование лаванды узколистной / А. А. Блохин, Т. В. Сачивко // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 36–39.
11. Гордеева, А. П. Особенности подзимнего способа размножения листовных древесно-кустарниковых растений / А. П. Гордеева, Т. В. Сачивко // Современные технологии сельскохозяйственного производства. – Гродно: ГГАУ, 2016. – С. 41–43.
12. Земскова, Ю. К. Особенности способов размножения овощных культур семейства Яснотковые / Ю. К. Земскова, А. В. Фляженков // Овощи России. – 2011. – № 2. – С. 26–29.
13. Использование ауксиновых регуляторов роста для повышения укореняемости зеленых черенков иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis L.*) / Л. В. Калинин [и др.] // Картофель и овощи. – 2013. – № 8. – С. 18–19.
14. Калинин, Л. В. Агробиологические особенности иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis L.*) и пути повышения продуктивности культуры в условиях Нечерноземной зоны: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / 06.01.06; ТСХА / Л. В. Калинин. – Москва, 2013. – 22 с.
15. Поликарпова, Ф. Я. Выращивание посадочного материала зеленым черенкованием / Ф. Я. Поликарпова, В. В. Пилюгина. – Москва: Росагропромиздат, 1991. – 98 с.
16. Сачивко, Т. В. Влияние росторегулирующих препаратов на укореняемость черенков иссопа лекарственного и руты душистой / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 223–224.
17. Сачивко, Т. В. Особенности размножения коллекционных интродукций листовных растений / Т. В. Сачивко, А. П. Гордеева, В. Н. Босак // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2018. – Т. 21. – С. 215–217.
18. Сачивко, Т. В. Особенности способов размножения *Hyssopus officinalis L.* и *Ruta graveolens L.* / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, Е. В. Яковлева // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 2. – С. 49–56.
19. Сачивко, Т. В. Состав и воспроизводство коллекционного фонда листовных древесно-кустарниковых растений Ботанического сада БГСХА / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Вестник БГТУ: Лесное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 231–235.
20. Тарасенко, М. Т. Зеленое черенкование садовых и лесных культур / М. Т. Тарасенко. – Москва: ТСХА, 1991. – 272 с.
21. Molecular and physiological control of adventitious rooting in cuttings: phytohormone action meets resource allocation / U. Druge [et al.] // Annals of Botany. – 2019. – Vol. 123 (6). – P. 929–949.
22. Сачивко, Т. В. Агротехническая эффективность различных способов возделывания базилика / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Современное состояние и перспективы развития овощеводства. – Самохваловичи, 2017. – С. 18–19.
23. Сачивко, Т. В. Особенности технологии возделывания базилика / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: агрономия. – Гродно: ГГАУ, 2015. – Т. 29. – С. 134–139.
24. Сачивко, Т. В. Рассадный и семенной способы возделывания базилика / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Сельское хозяйство: проблемы и перспективы: агрономия. – Гродно: ГГАУ, 2017. – Т. 38. – С. 201–207.
25. Государственный реестр сортов Республики Беларусь / Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2021. – 282 с.

26. Направления и результаты исследований с пряно-ароматическими и эфирно-масличными культурами в УО БГСХА / Т. В. Сачивко [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений. – Симферополь: Ариал, 2023. – С. 38–45.
27. Сачивко, Т. В. Новые малораспространенные виды лука: характеристика и особенности возделывания / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Земледелие и защита растений. – 2015. – № 4. – С. 20–21.
28. Сачивко, Т. В. Новые сорта нетрадиционных видов лука / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Наше сельское хозяйство. – 2017. – № 7. – С. 64–66.
29. Сачивко, Т. В. Новые сорта пряно-ароматических и эфирно-масличных культур: направления и перспективы использования / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Проблемы продовольственной безопасности. – Горки: БГСХА, 2023. – Ч. 1. – С. 237–239.
30. Сачивко, Т. В. Основные хозяйственно ценные признаки *Ruta graveolens* L. / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Агропромышленные технологии центральной России. – 2018. – № 1. – С. 44–48.
31. Сачивко, Т. В. Особенности коллекции пряно-ароматических растений в ботаническом саду / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Труды БГТУ: Лесное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 206–210.
32. Сачивко, Т. В. Особенности селекции и характеристика *Geranium macrorrhizum* L. и *Ruta graveolens* L. / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Основные, малораспространенные и нетрадиционные виды растений – от изучения к внедрению (сельскохозяйственные и биологические науки). – Обухов, 2018. – Т. 1. – С. 195–197.
33. Сачивко, Т. В. Оценка сортов иссопа лекарственного по основным хозяйственно полезным признакам / Т. В. Сачивко // Овощеводство. – 2018. – Т. 26. – С. 141–146.
34. Сачивко, Т. В. Оценка хозяйственно полезных признаков многолетних луков / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: агрономия. – Гродно: ГГАУ, 2016. – Т. 32. – С. 152–158.
35. Сачивко, Т. В. Характеристика и особенности селекции многолетних луков / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Развитие АПК на основе рационального природопользования: экологический, социальный и экономический аспекты. – Полтава: ПГАА, 2016. – С. 59–62.
36. Сачыўка, Т. У. Новыя сарты *Trigonella* і *Hyssopus* у калекцыі Батанічнага сада БДСГА / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 116.
37. Сачыўка, Т. У. Новыя сарты вострасмакавых культур у дэкартуйным садоўніцтве / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 359–361.
38. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
39. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
40. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – Москва: ВНИИО, 2011. – 650 с.
41. Технология возделывания овощных, бахчевых культур, картофеля, пряно-ароматических и лекарственных растений / А. А. Аутко [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2022. – 614 с.

ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ

И. Р. ВИЛЬДФЛУШ, А. А. КУЛЕШОВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: anutik_758@mail.ru

(Поступила в редакцию 24.05.2023)

В данной статье представлены результаты исследований по применению новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста на структуру урожая, урожайность, и качество зерна яровой тритикале сорта Садко на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Наибольшее количество продуктивных стеблей, а также наибольшая продуктивная кустистость у яровой тритикале отмечена в вариантах с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, которая составила 541 и 564 шт/м², 1,25 и 1,25 соответственно. Максимальная урожайность зерна яровой тритикале (51,6 и 52,1 ц/га) также получена при некорневой подкормке микроудобрением МикроСтим-Медь Л и комплексным удобрением Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$. Выход сырого белка был выше в варианте с использованием МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 4,9 и 5,2 ц/га. Наибольшее содержание сырой клейковины было отмечено в варианте с применением АФК с Си и Mn, а также МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 27,9, 27,9 и 29,2 %. Выход переваримого протеина у яровой тритикале был выше в варианте с применением Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 4,8 ц/га. Наибольшая обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином отмечена при применении минеральных удобрений $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, а также регулятора роста Экосил на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – 77,5, 75,3 и 75,5 г.

Ключевые слова: макроудобрения, микроудобрения, регуляторы роста, структура урожая, урожайность, качество, яровая тритикале.

This article presents the results of research on the use of new forms of macro-, micro-fertilizers and growth regulators on the structure of the crop, yield, and grain quality of spring triticale of the Sadko variety on soddy-podzolic light loamy soil. The largest number of productive stems, as well as the highest productive bushiness in spring triticale, was noted in the variants with the use of complex micro-fertilizer with growth regulator MicroStim-Copper L and complex fertilizer Nutrivant plus against the background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, which amounted to 541 and 564 pcs/m², 1.25 and 1.25 respectively. The maximum grain yield of spring triticale (5.16 and 5.21 t/ha) was also obtained with foliar fertilization with micro-fertilizer MicroStim-Copper L and complex fertilizer Nutrivant plus against the background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$. The yield of crude protein was higher in the variant with the use of MicroStim-Copper L and Nutrivant plus against the background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 0.49 and 0.52 t/ha. The highest content of crude gluten was noted in the variant with the use of NPK with Cu and Mn, as well as MicroStim-Copper L and Nutrivant plus against the background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 27.9, 27.9 and 29.2 % The yield of digestible protein in spring triticale was higher in the variant with the use of Nutrivant plus against the background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 0.48 t/ha. The highest provision of 1 feed unit with digestible protein was noted when using mineral fertilizers $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, as well as growth regulator Ecosil against the background of $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – 77.5, 75.3 and 75.5 g.

Key words: macro-fertilizers, micro-fertilizers, growth regulators, crop structure, productivity, quality, spring triticale.

Введение

Яровая тритикале является ценной кормовой культурой [1]. В 2021 г. посевная площадь под яровой тритикале в Республике Беларусь была 16 тыс. га [2, с.20]. Одна из причин небольшой площади посевов – трудность сбора из-за полегания, в следствие чего происходит осыпание зерна, потеря урожая и снижение его качества [3, с. 339].

Для реализации высоких потенциальных возможностей яровой тритикале необходимо дальнейшее совершенствование технологии ее возделывания. Совместное применение макро-, микроудобрений, а также регуляторов роста – эффективный агротехнический прием, который обеспечивает рост урожайности, улучшение качества продукции, сохранение и повышения плодородия почв [4, с. 7].

В лаборатории микроэлементов РУП «Институт почвоведения и агрохимии» разработаны и зарегистрированы различные марки жидких микроудобрений с биостимулятором МикроСтим, которые в своем составе наряду с хелатами металлоэлементов содержат регулятор роста природного происхождения. Применение микроудобрений МикроСтим позволяет обеспечить растения в микроэлементах, стимулировать рост и развитие в период вегетации [5]. М. В. Рак, Е. Н. Пукалова, С. А. Титова, Т. Г. Николаева изучали влияние жидких микроудобрений МикроСтим на урожайность и качество различных сельскохозяйственных культур и была доказана их высокая эффективность [5, 6].

Цель исследований – изучить влияние комплексных удобрений для допосевого внесения и некорневых подкормок, микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста и комплексных микроудобрений с регуляторами роста на структуру урожая, урожайность и качество зерна яровой тритикале.

Основная часть

Исследования со среднеспелым сортом яровой тритикале сорта Садко проводили в 2018–2020 гг. в УНЦ «Опытные поля УО БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная.

Почва по годам исследований имела следующие агрохимические показатели: низкое и среднее содержание гумуса (1,5–1,6 %), слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (5,58–

6,08), повышенное содержание подвижного фосфора (208,0–244,0 мг/кг), среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием (174,0–231,0 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижной меди (1,46–1,76 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижного цинка (2,75–3,43 мг/кг), высокое и избыточное содержание подвижного марганца (227,1–397,0 мг/кг).

Норма высева – 5,5 млн всхожих семян. Посев в 2018–2020 гг. производился в III декаде апреля и I декаде мая. Предшественники – горох и подсолнечник. В период вегетации проводились фенологические наблюдения за растениями, обработки гербицидами, фунгицидами и инсектицидами.

Карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий вносили до посева под культивацию. Комплексное удобрение (АФК) марки 16-12-20 с 0,20 % Си и 0,10 % Мп вносили до посева в дозе, эквивалентной по NPK варианту 3 (N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀), где применяли карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. Микроудобрение Адоб Медь и комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л применяли в фазу начала выхода в трубку в дозе 0,8 л/га и 0,7 л/га соответственно. Комплексным удобрением Нутривант плюс, Кристалон и Адоб Профит проводили 2 подкормки в дозе 2 кг/га в фазу кущения и фазу начала выхода в трубку. Обработку посевов регулятором роста Экосил в дозе 75 мл/га проводили в фазу начала выхода в трубку. Некорневые подкормки комплексными и микроудобрениями проводили согласно инструкции по применению и отраслевому регламенту. Азотная подкормка яровой пшеницы проводилась в фазу начала выхода в трубку и фазу флагового листа.

Уборку и учет урожая проводили селекционным комбайном «Wintersteiger Delta» сплошным поделочным методом. Статистическая обработка полученных данных проводилась по методикам Б. А. Доспехова и М. Ф. Дембицкого [7, с. 230; 8]. Меньшее количество продуктивных стеблей яровой тритикале в среднем за 2018–2020 гг. было в варианте без внесения удобрений – 395 шт/м². При внесении минеральных удобрений в дозах N₆₀P₆₀K₉₀ и N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ количество продуктивных стеблей возросло на 51 и 62 шт/м². В варианте, где вносили минеральные удобрения в дозе N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀, по сравнению с неудобренным вариантом количество продуктивных растений возросло на 97 шт/м². Некорневая подкормка микроудобрением Адоб Медь на фоне N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ увеличила количество продуктивных стеблей на 33 шт/м². При внесении комплексных удобрений Нутривант плюс и Адоб Профит количество продуктивных стеблей по сравнению с фоном N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ возросло на 36 и 25 шт/м².

Применение комплексного удобрения для основного внесения АФК с 0,20 % Си и 0,10 % Мп по сравнению с вариантом, где вносились стандартные удобрения, способствовало увеличению количества продуктивных стеблей на 46 шт/м². Наибольшее количество продуктивных стеблей яровой тритикале отмечено в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений (N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀) и составило 541 и 564 шт/м². Максимальная продуктивная кустистость отмечена в вариантах с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀, которая составила 1,25 и 1,25 (табл. 1).

Таблица 1. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на структуру урожая и урожайность зерна яровой тритикале сорта Садко в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты	Количество шт./м ²			Кустистость		Колос			Масса 1000 зерен, г	Урожайность, среднее за 2018–2020 гг.
	растений	стеблей	продуктивных стеблей	общая	продуктивная	длина колоса, см	число колосков в колосе, шт	среднее число зерен в колосе, шт		
1. Контроль (без удобрений)	375	481	395	1,28	1,05	9,9	17	31	34,2	33,8
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	400	521	446	1,30	1,11	10,8	18	33	35,7	39,4
3. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	404	530	457	1,31	1,13	11,4	18	35	36,9	41,6
4. Фон 1 + Адоб Медь	409	548	490	1,34	1,20	12,2	19	34	38,0	45,2
5. Фон 1 + МикроСтим -Медь Л	395	502	461	1,27	1,17	13,0	19	36	39,0	46,4
6. Фон 1 + Нутривант плюс	409	543	493	1,33	1,20	13,0	20	36	39,6	47,2
7. Фон 1 + Кристалон	394	510	454	1,29	1,15	12,7	19	36	38,7	45,8
8. Фон 1 + Адоб Профит	406	515	482	1,27	1,19	12,5	20	35	39,0	46,3
9. Фон 1 + Экосил	408	520	464	1,28	1,14	12,2	19	34	37,6	44,8
10. АФК с Си, Мп + N ₃₀ (эквивалентный по NPK варианту 3)	413	561	503	1,36	1,22	12,8	21	37	41,2	48,8
11. N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон 2	410	566	492	1,38	1,20	12,5	20	37	38,7	46,1
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	433	604	541	1,39	1,25	13,0	21	38	41,8	51,6
13. Фон 2 + Нутривант плюс	450	627	564	1,39	1,25	13,4	21	39	42,2	52,1
НСР ₀₅	16,5	18,2	18,8	–	–	0,63	1,4	1,9	0,86	1,0

Максимальная масса 1000 зерен отмечена при применении МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс, которая по сравнению с фоном N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ возросла на 3,1 и 3,5 г и составила 41,8 и 42,2 г, где и была получена наибольшая урожайность зерна. В среднем за 2018–2020 гг. урожайность зерна яровой тритикале сорта Садко по вариантам опыта колебалась от 33,8 до 52,1 ц/га. Максимальная урожайность зерна яровой тритикале (51,6 и 52,1 ц/га) получена при некорневой подкормке микроудобрением с регулятором роста МикроСтим-Медь Л и комплексным удобрением Нутривант плюс на фоне N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ (табл. 2).

Таблица 2. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на содержание сырой клейковины, сырого белка в зерне яровой тритикале сорта Садко и его выход в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты	Содержание сырого белка, %	Выход сырого белка, ц/га	Сырая клейковина, %
1. Контроль (без удобрений)	11,3	3,2	23,3
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	11,6	3,9	24,4
3. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	12,1	4,3	25,7
4. Фон 1 +Адоб Медь	11,5	4,4	25,9
5. Фон 1 +Микростим -Медь Л	11,6	4,6	27,4
6. Фон 1 + Нутривант плюс	11,8	4,8	27,9
7. Фон 1 + Кристалон	11,5	4,5	27,0
8. Фон 1 +Адоб Профит	11,2	4,4	25,7
9. Фон 1 + Экосил	12,0	4,6	25,5
10. АФК с Cu, Mn + N ₃₀ (эквивалентный по NPK варианту 3)	11,8	4,9	27,9
11. N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон 2	11,9	4,6	26,6
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	11,2	4,9	27,9
13. Фон 2 + Нутривант плюс	11,8	5,2	29,2
НСР ₀₅	0,7	–	1,0

У яровой тритикале в варианте без внесения удобрений содержание сырого белка в среднем за три года исследований составило 11,3 %, а выход сырого белка – 3,2 ц/га (табл. 2). В варианте с внесением N₆₀P₆₀K₉₀ содержание сырого белка по сравнению с контролем существенно не возросло, а при внесении N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ увеличилось на 0,8 %. Выход сырого белка в этих вариантах по сравнению с вариантом без внесения удобрений возрос на 0,7 и 1,1 ц/га соответственно.

Внесение повышенных доз минеральных удобрений N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ по сравнению с неудобренным вариантом значительно не способствовало увеличению содержания белка в зерне яровой тритикале, при этом выход сырого белка возрос на 1,4 %. Внесение микро-, комплексных удобрений и регулятора роста (Адоб Медь, МикроСтим-Медь Л, Нутривант плюс, Кристалон, Адоб Профит, Экосил) на фоне N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ не повлияло на содержание белка в зерне тритикале. Применение Нутривант плюс и МикроСтим-Медь Л на фоне повышенных доз минеральных удобрений N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ также не способствовало существенному увеличению содержания белка в зерне яровой тритикале.

Наибольшее содержание сырого белка в зерне яровой тритикале отмечено в варианте с применением N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ – 12,1 %. Максимальный выход сырого белка был отмечен в варианте с использованием МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ – 4,9 и 5,2 ц/га.

Содержание сырой клейковины по вариантам опыта колебалось от 23,3 до 29,2 %. Наибольшее содержание сырой клейковины отмечено в варианте с применением АФК с Cu и Mn, а также МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ – 27,9, 27,9 и 29,2 % (табл. 3).

Таблица 3. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на выход переваримого протеина и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином зерна яровой тритикале в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты	Урожайность в к.ед., ц/га	Выход переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином, г
1. Контроль (без удобрений)	41,9	3,0	71,6
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	48,9	3,6	73,6
3. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	51,6	4,0	77,5
4. Фон 1 +Адоб Медь	56,1	4,0	71,3
5. Фон 1 +Микростим -Медь Л	57,5	4,3	74,8
6. Фон 1 + Нутривант плюс	58,5	4,4	75,2
7. Фон 1 + Кристалон	56,9	4,2	73,8
8. Фон 1 +Адоб Профит	57,5	4,0	69,6
9. Фон 1 + Экосил	55,6	4,2	75,5
10. АФК с Cu, Mn + N ₃₀ (эквивалентный по NPK варианту 3)	60,5	4,5	74,4
11. N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон 2	57,1	4,3	75,3
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	64,0	4,5	70,3
13. Фон 2 + Нутривант плюс	64,6	4,8	74,3
НСР ₀₅	1,5	–	–

Также были рассчитаны выход кормовых единиц, переваримого протеина и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином при применении удобрений и регуляторов роста у яровой тритикале сорта Садко. Обеспеченность кормовой единицы зерна тритикале переваримым белком в среднем составляет 87 г [9, с. 99]. У яровой тритикале максимальный выход кормовых единиц (64,6 ц/га) был отмечен при некорневой подкормке комплексным удобрением Нутривант на фоне N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀.

Применение минеральных удобрений в дозах N₆₀P₆₀K₉₀ и N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ увеличило выход переваримого протеина в зерне тритикале на 0,6–1,0 ц/га. Внесение микроудобрений МикроСтим-Медь Л и Адоб Медь по сравнению с фоном N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ существенно не влияло на выход переваримого протеина. При внесении комплексных удобрений и регулятора роста (Нутривант плюс, Кристалон, Адоб Профит и Экосил) на фоне N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀, а также комплексного удобрения АФК по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе (N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀) вносили карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий, выход переваримого протеина в зерне яровой тритикале практически не увеличился. Применение повышенных доз минеральных удобрений N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ способствовало увеличению выхода переваримого протеина по сравнению с контрольным вариантом на 1,3 ц/га (табл. 3).

Наибольший выход переваримого протеина у яровой тритикале был отмечен в варианте с применением Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 4,8 ц/га. Наибольшая обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином отмечена при применении минеральных удобрений $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, а также регулятора роста Экосил на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – 77,5, 75,3 и 75,5 г.

Содержание клетчатки в зерне яровой тритикале в варианте без применения удобрений составило 2,23 %. В среднем за 3 года исследований существенного повышения по вариантам опыта отмечено не было, кроме вариантов с применением МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – на 0,39 и 0,76 % (2,77 и 3,14 %). Содержание крахмала в зерне тритикале колебалось от 57,8 до 62,6 %. Применение минеральных удобрений в повышенных дозах $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ по сравнению с контролем увеличило содержание крахмала на 4,2 %, в данном варианте и было отмечено максимальное содержание крахмала в зерне яровой тритикале – 62,0 %. Среднее содержание крахмала в зерне яровой тритикале 65,6 %. В наших исследованиях по вариантам опыта содержание крахмала в зерне было несколько меньше средних показателей для этой культуры (табл. 4).

Таблица 4. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на показатели качества зерна яровой тритикале сорта Садко в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты	Сырая клетчатка, %	Крахмал, %	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг
1. Контроль (без удобрений)	2,23	57,8	5,46	26,82
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	2,39	59,2	5,12	25,77
3. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ - фон 1	2,47	59,5	4,65	27,51
4. Фон 1 +Адоб Медь	2,72	59,3	5,10	28,63
5. Фон 1 + МикроСтим -Медь Л	2,49	61,7	5,94	28,78
6. Фон 1 + Нутривант плюс	2,59	59,9	5,39	26,26
7. Фон 1 + Кристалон	2,63	59,1	5,33	27,46
8. Фон 1 +Адоб Профит	2,45	62,4	5,39	27,30
9. Фон 1 + Экосил	2,55	59,8	5,29	26,01
10. АФК с Cu, Mn + N_{30}	2,68	62,0	5,34	28,64
11. $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ - фон 2	2,38	62,0	5,46	25,03
12. Фон 2 + МикроСтим Медь	2,77	62,4	5,41	25,90
13. Фон 2 + Нутривант плюс	3,14	62,6	5,63	25,33
НСР ₀₅	0,38	4,1	0,95	2,39

Оптимальное содержание меди и цинка в зерне 5–12 мг/кг и 20–40 мг/кг [10, с. 13–17]. В опыте с яровой тритикале содержание меди и цинка достигло оптимального значения и по вариантам колебались от 4,65 до 5,94 мг/кг и от 25,03 до 28,78 мг/кг соответственно. Существенное увеличение содержания меди в зерне яровой тритикале отмечено в варианте МикроСтим-Медь Л фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – на 1,29 мг/кг (5,94 мг/кг). Существенного увеличения содержания цинка по вариантам опыта не отмечено (табл. 4).

В среднем за 3 года исследований применение макро, микроудобрений и регуляторов роста увеличивало содержание аминокислот в зерне яровой тритикале по отдельным вариантам опыта.

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$ по сравнению с контролем увеличило сумму незаменимых аминокислот на 0,22 г/100 г зерна. При некорневой подкормке микроудобрением Адоб Медь и комплексным удобрением Адоб Профит сумма аминокислот возросла на 0,42 и 0,21 г/100 г зерна. Применение повышенных доз минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ увеличивало количество аминокислот на 0,38 г/100 г зерна по сравнению с неудобренным вариантом.

Более оптимальным содержанием незаменимых аминокислот было в вариантах с применением микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и с применением минеральных удобрений в дозе $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 7,62 и 7,48 г/100 г зерна (табл. 5).

Таблица 5. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на аминокислотный состав в зерне яровой тритикале сорта Садко в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты	г/100 г зерна							
	Лизин	Метионин	Валин	Триптофан	Лейцин	Треонин	Фенилаланин	Σ незаменимых аминокислот
1. Контроль (без удобрений)	0,37	0,64	1,45	1,55	0,76	1,56	0,77	7,10
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	0,37	0,65	1,48	1,66	0,76	1,59	0,81	7,32
3. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ - фон 1	0,37	0,64	1,48	1,58	0,76	1,58	0,79	7,20
4. Фон 1 +Адоб Медь	0,37	0,67	1,57	1,73	0,77	1,68	0,83	7,62
5. Фон 1 +МикроСтим -Медь Л	0,36	0,65	1,48	1,62	0,76	1,58	0,79	7,24
6. Фон 1 + Нутривант плюс	0,38	0,64	1,47	1,66	0,76	1,57	0,79	7,27
7. Фон 1 + Кристалон	0,36	0,65	1,50	1,59	0,76	1,60	0,81	7,27
8. Фон 1 +Адоб Профит	0,37	0,66	1,52	1,65	0,78	1,63	0,80	7,41
9. Фон 1 + Экосил	0,37	0,63	1,42	1,55	0,74	1,53	0,78	7,02
10. АФК с Cu, Mn + N_{30} (эквивалентный по НРК варианту 3)	0,36	0,63	1,42	1,55	0,74	1,53	0,78	7,01
11. $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ - фон 2	0,37	0,67	1,55	1,65	0,78	1,65	0,81	7,48
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	0,37	0,65	1,47	1,57	0,76	1,58	0,80	7,20
13. Фон 2 + Нутривант плюс	0,37	0,64	1,47	1,61	0,76	1,57	0,77	7,19
НСР ₀₅	0,01	0,06	0,18	0,23	0,04	0,18	0,07	-

Закключение

1. Применение удобрений положительно влияло на элементы структуры урожая яровой тритикале сорта Садко. Наибольшее количество продуктивных стеблей яровой, а также наибольшая

продуктивная кустистость отмечена в вариантах с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, которая составила 541 и 564 шт/м², 1,25 и 1,25 соответственно.

2. Максимальная урожайность зерна яровой тритикале (51,6 и 52,1 ц/га) получена при некорневой подкормке микроудобрением с регулятором роста МикроСтим-Медь Л и комплексным удобрением Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$.

3. Наибольшее содержание сырого белка в зерне яровой тритикале отмечено в варианте с применением $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – 12,1 %. Максимальный выход сырого белка был в варианте с использованием МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 4,9 и 5,2 ц/га. Наибольшее содержание сырой клейковины отмечено в варианте с применением АФК с Cu и Mn, а также МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 27,9, 27,9 и 29,2 %

4. Выход переваримого протеина у яровой тритикале был отмечен выше в варианте с применением Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 4,8 ц/га. Наибольшая обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином отмечена при применении минеральных удобрений $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, а также регулятора роста Экосил на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – 77,5, 75,3 и 75,5 г.

5. Большее содержание клетчатки в зерне тритикале было в вариантах МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – 2,77 и 3,14 %. Максимальное содержание крахмала в зерне яровой тритикале было при внесении минеральных удобрений в повышенных дозах $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 62,0 %.

6. Более оптимальным содержанием незаменимых аминокислот было в вариантах с применением микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и с применением минеральных удобрений в дозе $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 7,62 и 7,48 г/100 г зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология возделывания яровой тритикале [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vnish.org/tehnologiya-vozdelyvaniya-yarovoj-tritikale> – Дата доступа: 19.05.2023.

2. Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2021 [Электронный ресурс]: Статистический сборник. – Национальный статистический комитет. – Минск, 2021. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/selskoe-khozyaistvo/statisticheskie-izdaniya/index_57446/ – Дата доступа: 19.05.2023.

3. Шамурзаев, Р. И. Тритикале – культура больших возможностей // Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели. мат.межд.науч.-практ. конф. – Нальчик, 2017. – С. 338–340.

4. Авдонин, Н. С. Научные основы применения удобрений / Н. С. Авдонин. – М.: Колос, 1972. – 320 с.

5. Эффективность жидких удобрений МикроСтим при возделывании пропашных, овощных плодово-ягодных культур на дерново-подзолистых почвах / М. В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – №1 (48). – С. 109–116.

6. Рак, М. В. Эффективность микроудобрений МикроСтим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / М. В. Рак, Е. Н. Пукалова // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 1(68). – С. 174–182.

7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

8. Дзямбіцкі, М. Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / М. Ф. Дзямбіцкі // Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 3 – С. 60–64.

9. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур: монография / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, В. В. Лапа, Т. Ф. Перскова. – Мн.: УП «Технопринт», 2005 – 276 с.

10. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. Навука, 2011. – 293 с.

БАЗОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КОНСЕРВИРОВАННЫХ ТРАВЯНЫХ КОРМОВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

М. А. ПАСТУХОВА

Государственное научное учреждение «Полесский аграрно-экологический институт
Национальной академии наук Беларуси»,
г. Брест, Республика Беларусь, 224030, e-mail: pastukhova.marina@inbox.ru

Б. В. ШЕЛЮТО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 29.05.2023)

В статье приводится анализ данных базовых показателей качества кормов Брестской области; представлены средние значения показателей, диапазон наблюдаемых значений и доля кормов, в которых значение показателя не соответствует рекомендуемой норме. Данные представлены на основании исследований более 3 тысяч образцов консервированных травяных кормов (силос, сенаж), которые были заготовлены сельскохозяйственными предприятиями Брестской области в 2021 и 2022 гг. Проведен анализ содержания переваримого органического вещества корма в зависимости от содержания сухого вещества. Выявлено, что 57,6 % сенажей и 71,2 % силосов по содержанию сухого вещества и переваримого органического вещества корма заготавливаются в оптимальном диапазоне значений этих показателей.

Проведен анализ качества кормов в зависимости от расположения предприятий-заготовителей Брестской области по территориально-административному принципу. Приводятся средние значения исследуемых показателей. Данный анализ проведен с целью выявления особенностей, связанных с почвенно-климатическими условиями района, общей организацией производства и соблюдения технологии возделывания, заготовки и хранения травяных кормов отдельными районами.

Ключевые слова: кормопроизводство, качество кормов, питательность, ферментируемость, переваримость.

The article provides an analysis of data of basic indicators of the quality of feed in the Brest region; the average values of indicators, the range of observed values and the proportion of feed in which the value of the indicator does not correspond to the recommended norm are presented. The data are presented on the basis of studies of more than 3 thousand samples of conserved grass feed (silage, haylage), which were harvested by agricultural enterprises in the Brest region in 2021 and 2022. The content of digestible organic matter of feed was analyzed depending on the content of dry matter. It was revealed that 57.6 % of haylage and 71.2 % of silage in terms of the content of dry matter and digestible organic matter of the feed are harvested in the optimal range of these indicators.

An analysis of the quality of feed was carried out depending on the location of the procurement enterprises of the Brest region according to the territorial-administrative principle. The average values of the studied indicators are given. This analysis was carried out in order to identify the features associated with the soil and climatic conditions of the region, the general organization of production and compliance with the technology of cultivation, harvesting and storage of grass fodder by individual regions.

Key words: feed production, feed quality, nutritional value, fermentability, digestibility.

Введение

Организация полноценного кормления сельскохозяйственных животных является одним из основных условий их здоровья, продуктивности и увеличения производства продукции животноводства. Правильно составленные рационы на основе полного зоотехнического анализа кормов повышают конверсию корма, уменьшают себестоимость готовой продукции и являются важнейшим критерием уровня интенсивности и эффективности животноводства [1, 2, 9]. Основу рациона КРС составляют травяные корма, качество которых напрямую зависит от агротехники и рационального использования сельскохозяйственных угодий. Около 80 % показателей качества травяных кормов зависят от результатов работы агротехнической службы (сроки и высота скашивания трав, внесение оптимальных доз удобрений, подбор сортов, качество измельчения зеленой массы, соблюдение технологии заготовки и т.д.). Поэтому полный зоотехнический анализ кормов позволяет выявить погрешности при их заготовке и хранении и, соответственно, определить шаги к их устранению в следующем сезоне. Молочное скотоводство Брестской области за последние 10–15 лет показывает высокие темпы роста производства. По статистике, представленной комитетом по сельскому хозяйству и продовольствию Брестского облисполкома, в 2010 году средний удой молока на 1 корову составлял 4167 кг (+121 к общереспубликанскому уровню), по итогам 2021 года удой на 1 корову в Брестской области составил 6569 кг (+1157 кг к общереспубликанскому уровню, составившему 5412 кг), а в 2022 году средний удой на корову составил 6700 кг (+1020 кг). Улучшается также товарность и сортность молока. В 2021 году 74,6 % реализованного молока составило молоко класса экстра, первого – 3,3 %; против показателей 2015 года

(45,6 % класса экстра и 12,6 % – первого). Положительная динамика также наблюдается и в части разведения. Так, с 2015 года Брестской области выход телят на 100 коров выше, чем в общем по республике, в 2021 году 72 против 69.

Кормление высокопродуктивных коров основывается на глубоких знаниях физиологии животных, предъявляет повышенные требования к квалификации специалистов зоотехнического, агрономического и ветеринарного профиля и их совместной работе. Необходим комплексный подход к кормлению животных, включающий организацию выращивания, заготовки, хранения кормов, комплексного анализа качественных показателей, балансировки рациона, организацию кормления и своевременную квалифицированную помощь ветеринарной службы.

В этой связи остро стоит задача более глубокого анализа показателей качества и безопасности кормов, детальной оптимизации рационов по значительно большему перечню показателей, включающему в том числе показатели переваримости и усвояемости корма. Поэтому целью наших исследований явился анализ травянистых кормов (силос и сенаж) по базовым показателям качества в зависимости от территориально-административной принадлежности предприятий.

Основная часть

Лабораторные исследования проводились в Отраслевой научно-исследовательской лаборатории качества кормов Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси по утвержденным методикам [3–7]. Учет и хранение данных проводилось при помощи компьютерной программы баз данных Access, математическая обработка данных – при помощи программы Excel

Свод данных основных качественных характеристик сенажей и силосов, заготовленных в 2021 и 2022 году, приведен в табл. 1.

Таблица 1. Качественные показатели травяных кормов Брестской области (2021–2022 гг.)

Сенаж из многолетних трав (2021 год – 231 образец; 2022 год – 1157 образцов)							
Показатель	Рекомендуемая норма	Среднее значение		Диапазон значений		Доля несоответствия значений норме	
		2021 г	2022 г	2021 г	2022 г	2021 г	2022 г
Сухое вещество, г	400–550	324	347	193–722	141–839	75	69
pH	4,0–5,2	4,5	4,4	3,6–5,8	3,3–7,9	10	4
Сырая зола, г/кг СВ	*	108	106	46–273	34–287	23	21
Сырая клетчатка, г/кг СВ	230–340	306	306	165–391	201–329	5	5
Силос кукурузный (2021 год – 294 образца; 2022 год – 1324 образца)							
Показатель	Норма	Среднее значение		Диапазон значений		Доля несоответствия значений норме	
		2021 г	2022 г	2021 г	2022 г	2021 г	2022 г
Сухое вещество, г	240–300	280	298	127–472	152–589	48	45
pH	3,8–4,2	3,9	3,9	3,6–5,9	3,3–6,2	19	17
Сырая зола, г/кг СВ	35–50	59	53	34–195	40–250	18	10
Сырая клетчатка, г/кг СВ	180–300	216	233	128–409	102–466	8	8

* – нет норм в Республике Беларусь; рекомендуемая европейская норма [8, 9] составляет 90–120 г/кг СВ корма.

По данным табл. 1 отмечается положительная динамика показателей качества заготавливаемых кормов. В результате исследований отмечено, что в 2022 году улучшилось качество сенажей по содержанию сухого вещества (+ 6 % кормов соответствуют норме). Наиболее влажные корма (сухое вещество менее 20 %) отмечены в некоторых кормах ОАО «Агро-Детковичи», «ОАО «Брашевичи» Дрогичинского района; ОАО «Синкевичский» Лунинецкого района; ОАО ЭБ «Вольно» Барановичского района.

Доля сенажей в общем количестве исследованных кормов, которые не соответствуют нормативным значениям [7] по показателю сухого вещества (400–550 г/кг корма) составило 69–75 %; силосов – 45–48 %.

В 2022 году снизился процент поступающих на исследования кормов с превышением значения золы (-2 % в сенажах; -4 % в силосе). Наивысшее значение золы отмечено в отдельных образцах КСУП «Припять-2009» Столинского района, ЧСУП «Редигерово-Агро» Лунинецкого района.

Значение сырой золы в образцах сенажей в Республике Беларусь не нормируется [7]. Согласно европейским рекомендуемым нормам, количество сырой золы в сенаже должно находиться в диапазоне значений 90–120 г/кг СВ корма [8, 9]. Согласно этой норме превышения по содержанию сырой золы в сенажах составляют 21–23 %.

Высокое содержание сырой золы – это непосредственное указание на загрязнение корма минеральными частицами почвы при уборке и заготовке трав. Это связано с уборкой трав на низком срезе, после дождя (особенно часто наблюдается при уборке трав на торфяной почве). Закономерно значительное превосходство значений сырой золы в сенажах по сравнению с содержанием в силосе, что связано с технологическими этапами заготовки кормов (загрязнением корма при провяливание, ворошении и подборе трав). Превышения по содержанию сырой золы в силосе составляют 10–18 %.

Содержание сырой клетчатки в среднем находится в нормативном согласно [6, 7] диапазоне значений. Превышения в образцах сенажей зафиксировано в 5 % случаев; в силосе – в 8 %.

В среднем показатель рН также находится в нормированном диапазоне значений [6, 7]. Однако, следует отметить, что доля кормов, не соответствующая норме по этому показателю, достаточно высока: силос – 17–19 %; сенаж – 4–10 %. Особенно уязвимы к повышению рН корма с низким содержанием сухого вещества. Влажный корм – это риск благоприятного протекания гнилостного брожения, развития патогенной микрофлоры, что ведет к порче корма.

В табл. 2 представлена характеристика кормов согласно месту отбора по административно-территориальной принадлежности предприятий.

Таблица 2. Характеристика кормов по территориально-административной принадлежности (2021–2022 гг)

Район	Сухое вещество, г		рН		Зола, г		Клетчатка, г	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Барановичский	*	367	*	4,7	*	120	*	315
	*	278	*	4,1	*	59	*	248
Березовский	262	324	4,3	4,3	98	108	302	301
	292	286	3,8	3,8	51	50	215	227
Брестский	446	388	4,5	4,4	108	122	314	297
	332	306	3,8	3,9	61	46	223	211
Ганцевичский	*	326	*	4,2	*	115	*	299
	*	314	*	4	*	52	*	235
Дрогичинский	222	332	4,3	4,3	128	102	264	309
	304	292	3,8	3,9	47	54	199	235
Жабинковский	352	365	4,4	4,2	112	111	295	299
	289	334	3,8	3,8	52	44	199	209
Ивановский	304	273	4,5	4,1	105	103	307	296
	285	298	3,9	3,9	61	52	241	233
Ивацевичский	318	317	4,6	4,4	105	95	284	304
	269	300	4,2	4	61	54	212	251
Камянецкий	316	340	4,5	4,3	130	111	310	314
	276	314	3,9	3,8	87	50	230	225
Кобринский	339	338	4,6	4,4	112	104	311	306
	260	306	3,9	4	57	50	220	236
Лунинецкий	465	373	4,7	4,5	73	98	328	303
	258	287	4,1	4,0	61	60	247	264
Ляховичский	274	364	4	4,5	107	108	308	324
	254	281	3,8	3,8	55	51	207	234
Малоритский	*	417	*	4,6	*	99	*	290
	*	277	*	3,8	*	55	*	207
Пинский	365	336	4,2	4,1	83	95	288	310
	265	284	3,9	3,8	54	58	201	245
Пружанский	*	370	*	4,6	*	98	*	319
	*	310	*	3,8	*	48	*	238
Столинский	325	325	4,4	4,4	114	117	298	303
	295	314	4,1	4,0	55	57	202	225

Примечание: в числителе значения в образцах сенажей; в знаменателе – силосов; * - недостаточно данных

Согласно ГОСТ 23637-90 [7] отмечается низкое содержание сухого вещества в заготавливаемых сенажах (ниже 400 г/кг корма). Средние значения сухого вещества в пределах нормы отмечены в Брестском и Лунинецком районе в 2021 году и в Малоритском районе в 2022 году. Наименьшее среднее значение этого показателя отмечено в Дрогичинском районе (222–332 г/кг корма). Наиболее влажные образцы сенажей отмечены в ОАО «Агро-Заречье» Камянецкого района; СПК «Ляховичский» Ляховичского района; ОАО «Гортоль» Ивацевичского района. Среднее значение рН сенажей во всех районах соответствует норме (4,0–5,2).

Во всех районах Брестской области в образцах сенажей показатель сырой золы выше, чем в силосе, что связано, в первую очередь с особенностями агротехнических приемов заготовки кормов, как отмечалось выше.

Силос кукурузный по содержанию сухого вещества соответствует нормативным значениям [6] (240–300 г/кг корма). По данным табл. 2 наиболее влажные корма заготовлены в Ляховичском районе в 2021 году (254 г/кг корма); Кобринском районе в 2021 году (260 г/кг корма). В 2022 году наиболее влажные корма были в Малоритском районе (277 г/кг корма). По значению рН силос соответствует нормативным значениям (3,8–4,2).

Превышения нормативных значений по содержанию сырой золы в силосе отмечены во всех районах, кроме Дрогичинского в 2021 году. В 2022 году показатель в норме в Березовском, Брестском, Жабинковском, Каменецком, Кобринском, Пружанском районах. Наивысшие значения среднего содержания сырой золы (87 г/кг СВ корма) зафиксированы в силосе 2021 года закладки в Каменецком районе; 61 г/кг СВ корма – в Брестском, Ивацевичском, Ивановском и Лунинецком районах. Соответственно, и среднее значение сырой клетчатки в этих случаях с наивысшими значениями: 230–247 г/кг СВ корма.

На основании того, что показатель сухого вещества в среднем имеет значения, близкие к нижним границам нормативных значений; значения сырой клетчатки соответствуют норме; значения сырой золы – в большинстве случаев находится выше нормативных значений, можно сделать следующий вывод: уборка трав начинается в ранние сроки и проводится на низком срезе, что засоряет корм минеральными частицами почвы и снижает качество около 30 % кормов.

Показатель сухого вещества тесно связан с качеством хранения консервированного травяного корма. Высокая влажность корма увеличивает риск развития патогенной микрофлоры, маслянокислого брожения, потерю питательных веществ. Слишком сухой корм трудно трамбуется и возникает опасность развития плесени и дрожжей. Нормативные значения сухого вещества в кормах в Республике Беларусь регламентируются согласно ГОСТ [6, 7] (силос – 240–300 г/кг корма; сенаж – 400–550 г/кг корма); согласно европейским нормам [8, 9] содержание сухого вещества в силосе должно быть 320–360 г/кг корма; в сенаже – 300–500 г/кг корма. Для определения диапазона значений сухого вещества корма, при котором сохраняется высокая переваримость органического вещества нами проведено ранжирование образцов по 10 группам. Группы определены в зависимости от содержания в них сухого вещества и среднего значения переваримого органического вещества в образцах каждой группы; выделена доля образцов каждой группы в общем количестве исследуемых кормов (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика переваримости кормов в зависимости от содержания в них сухого вещества

Силос	СВ, г	<200	200–240	240–250	250–300	300–320	320–340	340–360	360–380	380–400	>400
	Переваримость ОВ, г	590	609	617	629	627	622	620	620	620	619
Доля кормов, %		2,4	10,8	5,7	32	16,3	12,5	5,8	4,6	3,4	6,5
Сенаж	СВ, г	<200	200–240	240–280	280–300	300–400	400–500	500–550	550–600	600–700	>700
	Переваримость ОВ, г	538	546	550	550	552	553	548	536	549	*
	Доля кормов, %	1,7	7,3	15,8	12,6	34,6	19,8	3,2	2,7	1,8	0,5

По данным, приведенным в табл. 3, отмечено, что в образцах силосов, которые по содержанию сухого вещества находятся в диапазоне значений (силос: 250–380 г/кг корма), переваримость органического вещества выше, чем в других случаях. В этих группах кормов отмечена переваримости корма на уровне 629–620 г/кг СВ корма. Отметим, что при содержании сухого вещества в силосе 250–300 г/кг корма (белорусская норма) содержание переваримого органического вещества находится на уровне 627–629 г/кг СВ корма; при содержании сухого вещества 320–360 г/кг корма (рекомендуемая европейская норма [8, 9]), содержание переваримого органического вещества находится на уровне 620–622 г/кг СВ корма. Таким образом, более 71,2 % кормов заготавливаются с высоким содержанием переваримого органического вещества в диапазоне значений сухого вещества 250–380 г/кг корма.

В сенажах наивысшая сохранность переваримого органического вещества отмечается в кормах с показателем сухого вещества в диапазоне 400–550 г/кг корма, что соответствует нормативным значениям сухого вещества сенажах в Республике Беларусь [7] и составляет 548–553 г/кг СВ корма. Согласно рекомендуемым европейским нормам, содержание сухого вещества в сенаже должно находиться в диапазоне значений 300–500 г/кг корма [8, 9]. В результате наших исследований, выявлено, что 54,4 % всех заготовленных сенажей по содержанию сухого вещества и наивысшему значению переваримости корма (552 – 553 г/кг СВ корма) находятся именно в этом диапазоне значений (группа сенажей с содержанием сухого вещества 300–400 г/кг корма (34,6 %) и 400–500 г/кг корма (19,8 %)).

Переваримость органического вещества сохраняется высокой (552 г/кг СВ корма) при снижении значения сухого вещества с 400 до 300 г/кг корма. При увеличении сухого вещества от 500 до 550 г/кг корма, переваримость несколько снижается от 553 г/кг СВ корма до 548 г/кг СВ корма. Доля кормов в диапазоне значений содержания сухого вещества 500 – 550 г/кг корма составила 3,2 %.

Таким образом, анализ корма, с точки зрения его переваримости, показал, что целесообразно заготавливать корма в диапазоне значений сухого вещества, охватывающих частично европейские нормы и белорусские стандарты: силос при содержании сухого вещества 250–380 г/кг корма; сенаж при содержании сухого вещества в диапазоне значений 300–550 г/кг корма. Доля таких кормов общей совокупности исследованных образцов составила: силос – 71,2 %; сенаж – 57,6 %.

Заключение

Проведен анализ базовых показателей качества заготавливаемых в Брестской области консервированных травяных кормов: сухое вещество, рН, сырая клетчатка, сырая зола, переваримость органического вещества. Статистическая обработка данных основывается на более 3 тысяч исследований кормов. Отмечено, что качество кормов по исследуемым показателям выше в 2022 году по содержанию сухого вещества (в среднем по области в силосе +18 г/кг корма; в сенаже +23 г/кг корма), по показателю сырой золы (в среднем по области в силосе -6 г/кг СВ корма; в сенаже -2 г/кг СВ корма). По показателю рН и сырой клетчатки корма находятся в диапазоне нормированных значений.

Сравнительная долевая оценка кормов по наивысшим значениям переваримости корма относительно содержания сухого вещества показала, что основная масса кормов (силос – 71,2 %; сенаж – 57,6 %) соответствуют диапазону значений сухого вещества в корме, охватывающему частично европейские (силос 320–360 г/кг корма; сенаж 300–500 г/кг корма) и белорусские нормы (силос 250 – 300 г/кг корма; сенаж 400–550 г/кг корма). На основании вышеизложенного для получения силоса с высоким содержанием переваримого органического вещества можно рекомендовать увеличение доли силосов с показателем сухого вещества 250–380 г/кг корма; сенажа – 300–550 г/кг корма.

Данный диапазон значений сухого вещества может корректироваться технологическими особенностями заготовки кормов: оптимальная влажность для лучшего действия биологических консервантов; качество трамбовки при низкой влажности корма.

Отмечено высокое содержание сырой золы в исследованных образцах корма. На основании анализа показателей, представленных в данной статье, можно рекомендовать начинать уборку зеленой массы при достижении оптимального содержания сухого вещества; уборку кукурузы на силос осуществлять на более высоком срезе, при провяливание трав при заготовке сенажей избегать загрязнения кормов минеральными частицами почвы.

Благодарность. Мы выражаем признательность и благодарность комитету по сельскому хозяйству и продовольствию Брестского облисполкома за помощь и предоставление статистических сведений по результатам работы молочного скотоводства Брестской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калашников, А. П. Кормление сельскохозяйственных животных / А. П. Калашников, Н. И. Клейменов. – Москва: Россельхозиздат, 1988. – 366 с.
2. Шупик, М. В. Кормление сельскохозяйственных животных / М. В. Шупик, А. Я. Райхман. – Горки: БГСХА, 2014 – 236 с.
3. Корма растительные. Методы определения содержания влаги: ГОСТ 27548-97. – Взамен ГОСТ 27548-87; введ. 01.01.1999. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 8 с.
4. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания золы: ГОСТ 26226-95. – Взамен 26226-84; введ. – 01.01.1997. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 8 с.
5. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой клетчатки: ГОСТ 13496.2-91. – Взамен ГОСТ 13496.2-84; введ. 01.07.1992. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 11 с.
6. Силос из кормовых растений. Общие технические условия: СТБ 1223-2000. – Взамен ГОСТ 23638-79; введ. РБ 01.08.2000. – Минск: БелГИС, 2000. – 16 с.
7. Сенаж. Технические условия: ГОСТ 23637-90. – Взамен ГОСТ 23637-79; введ. 28.03.1990. – Москва: Издательство стандартов, 1990. – 14 с.
8. Еврофинс-Агро [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eurofins.com/>. – Дата доступа: 19.05.2023.
9. Лаборатория кормления и здоровья КРС. Лаборатория NOVA LABORATORY [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xn--80aee4apbhkj.xn--p1ai/laboratory>. Дата доступа: 20.05.2023.
10. Агровестник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrovести.net/lib/tech/feeding-tech/opredelyaem-kolichestvo-energii-v-korme.html>. – Дата доступа: 20.05.2023.
11. Сельскохозяйственные Вести. Журнал для специалистов агропромышленного комплекса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agri-news.ru/zhurnal/2019/22019/kachestvo-silosa-indikator-uspeshnosti/>. – Дата доступа: 20.05.2023.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПРОТРАВИТЕЛЯМИ ИНСЕКТИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ

Н. В. СТЕПАНОВА

РУП «Институт льна»,
аг. Устье, Оршанский район, Республика Беларусь, 211003

(Поступила в редакцию 31.05.2023)

При возможном наличии в посевах льна-долгунца около 40 видов фитофагов самыми опасными вредителями являются льняные блошки, преимущественно синие (*Aphthona euphorbiae* Schr., семейство листоеды – *Chrysomelidae*, отряд жесткокрылые – *Coleoptera*), максимальная вредоносность которых проявляется от появления всходов до фазы «елочка» льна, а активность находится в прямой зависимости от погодных условий. Для ограничения распространения и численности вредителей наряду с комплексом организационно-хозяйственных, санитарных, агротехнических приемов в последнее время используется предпосевная обработка семян протравителями инсектицидного действия. Исследованиями РУП «Института льна» доказана целесообразность включения в технологический процесс возделывания льна-долгунца приема обработки семян инсектицидами класса неоникотиноидов: Табу, ВСК (имдаклоприд, 500 г/л), Агровиталь, КС (имдаклоприд, 600 г/л), Леатрин, КС (ацетамиприд, 300 г/л), кишечное и контактное действие которых позволяет защитить растения от сосущих и грызущих вредителей. Применение изучаемых протравителей для предпосевной обработки семян в полевых опытах 2017–2019 гг. снижало численность вредителей относительно исходной в фазе полных всходов до 76–80 %, степень поврежденности растений – до 63–72 %. Это обеспечило сохранение урожая семян 16–21 %, волокна 7–9 %, в т. ч. длинного 8–11 %, условный чистый доход с гектара посева при реализации продукции семенами и трестой 39,61–49,71 долл. США. Нанесение на поверхность семени системного протравителя-инсектицида сокращает количество защитных химических обработок агроценоза и производственные затраты на обработку всходов льна, освобождая технику и рабочий персонал в период проведения весенних полевых работ.

Ключевые слова: Лен-долгунец, протравители семян инсектицидного действия, вредители, урожайность.

With the possible presence of about 40 species of phytophages in long-fiber flax crops, the most dangerous pests are flax fleas, mostly blue (*Aphthona euphorbiae* Schr., leafbeetle family - *Chrysomelidae*, *Coleoptera* order), the maximum harmfulness of which is manifested from the emergence of seedlings to the "herringbone" phase of flax, and activity is directly dependent on weather conditions. To limit the spread and number of pests, along with a complex of organizational, economic, sanitary, agrotechnical methods, pre-sowing treatment of seeds with insecticidal disinfectants has recently been used. The studies of the RUE "Institute of Flax" proved the feasibility of including in the technological process of long-fiber flax cultivation the method of seed treatment with insecticides of the neonicotinoid class: Taboo, water-suspension concentrate (imidacloprid, 500 g/l), Agrovital, suspension concentrate (imidacloprid, 600 g/l), Leatrin, suspension concentrate (acetamiprid, 300 g/l), whose intestinal and contact action helps to protect plants from sucking and gnawing pests. The use of the studied disinfectants for pre-sowing seed treatment in field experiments in 2017–2019 reduced the number of pests relative to the initial one in the phase of full shoots up to 76–80%, the degree of plant damage – up to 63–72 %. This ensured the preservation of the seed yield of 16–21 %, fiber 7–9 %, including long fiber 8–11 %, the conditional net income per hectare of sowing in the sale of seeds and flax straw of 39.61–49.71 US dollars. The application of a systemic insecticide to the surface of the seed reduces the number of protective chemical treatments of the agrocenosis and the production costs for the treatment of flax seedlings, freeing equipment and workers during the spring field work.

Key words: long-fiber flax, insecticidal seed treaters, pests, yield.

Введение

Посевы льна могут заселять около 40 видов растительноядных насекомых [1–3]. Из специализированных насекомых-вредителей встречаются 3 вида льняных блошек: синяя (*Aphthona euphorbiae* Schrnk.), чёрная (*Longitarsus parvulus* Payk.), коричневая (*Aphthona flaviceps* All.); трипс льняной (*Thrips linarius* Uzel.); плодоярка-листовертка льняная (*Phalonia (Cochylis) epilnana* Zell.); скрытнохоботник льняной (*Ceuthorrhynchus sapertanus* Sch.). Из многоядных вредителей (полифагов) встречаются: долгоножка вредная (*Tipula paludosa* Mg.), совка-гамма (*Autographa gamma* L.), совка люцерновая (*Chloridea dipsacea* L.) и озимая (*Scotia segetum* Shiff.), клоп луговой (*Lygus pratensis* L.) и свекловичный (*Poeciloscytus cognatus* Fieb.), мотылёк луговой (*Loxostege sticticalis* L.).

Самыми опасными вредителями для льна считаются льняные блошки, максимальная вредоносность которых проявляется от появления всходов до фазы «елочка». По данным РУП «Институт защиты растений» доминирующим видом в Беларуси (86–90 % от общей численности блошек) является блошка синяя (*Aphthona euphorbiae* Schr., семейство листоеды – *Chrysomelidae*, отряд жесткокрылые – *Coleoptera*), а численность черной (*Longitarsus parvulus*) ежегодно не превышает в среднем 14 % [1].

Питаясь на всходах льна, льняные блошки повреждают паренхиму семядольных и настоящих листьев, выгрызая продолговатые углубления, повреждают точку роста, что приводит к отставанию в развитии или гибели растений [4]. При благоприятных погодных условиях развития и отсутствии защитных мероприятий имаго способны обеспечить значительные потери урожая льнопродукции. К увеличению численности вредителей приводят низкая культура земледелия, несоблюдение научно обоснованных

севооборотов, несбалансированность основных элементов питания в почве, несоблюдение требований по проведению защитных мероприятий [5]. Экономическим порогом вредоносности для льняных блошек считается 10 взрослых особей на 1 м² в жаркую и 20 – в обычную и прохладную погоду [6, 7].

Для защиты льна от вредителей используется весь комплекс агротехнических мероприятий, включающих соблюдение севооборота с возвратом льна на прежнее поле через 5–7 лет, проведение качественной вспашки зяби и предпосевной обработки почвы, внесение под лён сбалансированного количества макро- и микроудобрений, соблюдение сроков сева и мероприятий по уходу за посевами, использование семян с высокими посевными свойствами. От льняных блошек рекомендуется краевое или блокадное опрыскивание посевов инсектицидами за 1–2 дня до появления всходов на ширину 30 метров одним из инсектицидов класса пиретроидов, либо применение химических средств защиты на всходах льна при достижении пороговой численности вредителя [8].

В последнее время в практике защиты сельскохозяйственных растений от вредителей широко применяют предпосевную обработку семян системными препаратами как наиболее рациональный и экономичный способ защиты, который при минимальной опасности загрязнения окружающей среды дает максимальный защитный эффект.

Цель исследований: определить эффективность протравителей семян инсектицидного действия химического класса неоникотиноидов для защиты проростков и растений льна-долгунца от вредителей и их влияние на урожайность льнопродукции.

Основная часть

Исследования проводились в 2017–2019 гг. на опытном поле РУП «Институт льна» Оршанского района Витебской области, на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, содержащей гумуса 1,80–1,82 %, подвижных форм фосфора 180–220, калия 160–200, цинка 3,6–6,5, бора 0,61–0,62, меди 2,0–3,6 мг/кг почвы, кислотность почвы рН_{KCl} 5,2–5,6. В качестве посевного материала использовался сорт льна-долгунца Грант с нормой высева семян 22 млн шт/га и рядовым способом посева. Минеральные удобрения вносились в почву в дозах: азота 30, фосфора 60, калия 90, бора 0,5, цинка 1,0 кг/га д. в. Защитные мероприятия посевов от сорной растительности и болезней проводились согласно отраслевому технологическому регламенту возделывания льна-долгунца [9]. Повторность полевого опыта четырехкратная, площадь опытной делянки 28 м², учетной – 15 м² [10].

Обработку семян растворами изучаемых средств защиты проводили за две недели до посева, норма расхода рабочей жидкости 10 л/т. Учет численности вредных организмов проводился в начале и полные всходы льна-долгунца рамками размером 25 x 25 см в четырех местах варианта каждой повторности; учет поврежденности всходов – путем подсчета поврежденных растений в 20 пробах по 10 растений каждая, отобранных рендамизированно, и вычислений согласно шкале [11].

В полевых опытах изучалась эффективность инсектицидных протравителей семян химического класса неоникотиноидов, которые относятся к современным группам инсектицидов, широко используемых в современных схемах ротации при интегрированной защите растений [12]: Табу, ВСК (имidakлоприд, 500 г/л), Агровиталь, КС (имidakлоприд, 600 г/л), Леатрин, КС (ацетамиприд, 300 г/л). Действующее вещество изучаемых протравителей инсектицидного действия проникает в проростки и молодые растения через корни, активно воздействует на нервную систему вредных насекомых, блокируя никотинэргические рецепторы постсинаптического нерва. Насекомые теряют двигательную активность, прекращают питаться и в течение суток погибают.

В начале всходов льна-долгунца в посевах без обработки семян протравителями количество льняных блошек в среднем за 2017–2019 гг. исследований составило 27 шт/м² (табл. 1). Применение препаратов для предпосевной обработки семян снижало количество вредителей на 71–75 %. На момент полных всходов льна численность блошек увеличилась до 48 шт/м², а биологическая эффективность применяемых протравителей семян – до 76–80 %. Степень поврежденности листовой поверхности растений льняной блохой составила: в контрольном варианте в начале всходов 1,47, в фазе полных всходов льна 2,29 баллов; в вариантах с применением протравителей, соответственно, 0,51–0,64 и 0,65–0,84 баллов. Эффективность протравителей по степени поврежденности растений в фазе полных всходов находилась в пределах 63–72 %. Наилучшие результаты установлены при анализе растений, сформированных из семян, обработанных протравителем Леатрин, КС, 2,5 л/га, обеспечившем снижение численности имаго относительно исходной до 80 %, степени поврежденности льна относительно контроля до 72 % при индексе повреждения листовой поверхности 0,65 балла.

Таблица 1. Влияние протравителей семян инсектицидного действия на численность льняных блошек и степень поврежденности ими листовой поверхности всходов льна-долгунца (среднее за 2017–2019 гг.)

Препарат, препаративная форма	Норма расхода препарата, л/т	Среднее число имаго, шт/м ²		Снижение численности вредителя относительно исходной, %		Средний балл поврежденности растений		Снижение поврежденности растений относительно контроля, %	
		начало всходов	полные всходы	начало всходов	полные всходы	начало всходов	полные всходы	начало всходов	полные всходы
Контроль	–	27,3	47,9	–	–	1,47	2,29	–	–
Табу, ВСК	1,0	8,0	11,6	70,7	75,8	0,64	0,84	56,5	63,3
Леатрин, КС	2,5	6,8	9,5	75,1	80,2	0,51	0,65	65,3	71,6
Агровиталь, КС	0,8	7,8	11,3	71,4	76,4	0,60	0,76	59,2	66,8

Численность и вредоносность льняных блошек зависят от условий их перезимовки, факторов жизни для имаго (тепла и влаги), совпадающих с начальными этапами онтогенеза льна, и перепадов температуры воздуха в дневные и ночные периоды суток.

В условиях весенней засухи 2018 г., при гидротермическом коэффициенте Селянинова (ГТК) в период посева – фаза «елочка» льна 0,89, установлено превышение экономического порога плотности имаго на метре квадратном в 5 раз со средним баллом поврежденности листовой поверхности 2,96, а биологическая эффективность препаратов по её снижению составила 57–65 %. По сравнению с оптимальными условиями 2017 г. (ГТК (посев – «елочка») – 1,39) численность вредителей была выше на 21 %, поврежденность листьев – на 44 %, а эффективность препаратов по численности вредителей и поврежденности листьев снижалась на 10–11 и 8–10 % соответственно.

Предпосевная обработка семян изучаемыми протравителями обеспечила увеличение урожайности семян льна в среднем за три года исследований на 1,0–1,3 ц/га, тресты на 3,1–4,2 ц/га, общего волокна на 1,2–1,6 ц/га, в т. ч. длинного – на 1,0–1,4 ц/га (табл. 2). За счет применения протравителей семян в технологии возделывания льна-долгунца сохранение урожая семян составило 16–21 %, тресты – 6–8 %, общего волокна – 7–9 %, в т. ч. длинного – 8–11 %. На содержание волокна в тресте и качество льносырья данный технологический прием влияние не оказывал.

Таблица 2. Влияние протравителей семян инсектицидного действия на содержание волокна в тресте и сохранение продукции льна-долгунца (среднее за 2017–2019 гг.)

Препарат, препаративная форма	Норма расхода препарата, л/т	Урожайность, ц/га				Содержание волокна в тресте, %	
		семена	треста	волокно		общее	длинное
				общее	длинное		
Контроль	–	6,1	53,8	17,2	12,5	32,0	23,3
Табу, ВСК	1,0	7,1	56,9	18,4	13,5	32,4	23,7
Леатрин, КС	2,5	7,4	58,0	18,8	13,9	32,4	24,0
Агровиталь, КС	0,8	7,2	57,6	18,6	13,6	32,3	23,7
<i>НСР₀₅, ц/га</i>		<i>0,32-0,63</i>	<i>1,3-2,3</i>	<i>0,46-0,82</i>	<i>0,42-0,54</i>		

Расчет экономической эффективности предпосевной обработки семян льна-долгунца, выполненный по дополнительной продукции при реализации её семенами и трестой в ценах 2019 г., установил, что применение протравителей инсектицидного действия химического класса неоникотиноидов в технологии возделывания льна-долгунца обеспечило условный чистый доход с гектара посева 39,61–49,71 долл. США, окупаемость вложенного доллара дополнительных затрат – 1,57–1,68 долл. (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность применения протравителей семян инсектицидного действия в технологии возделывания льна-долгунца, в ценах 2019 г.

Показатели	Препарат, препаративная форма, норма расхода (л/т)		
	Табу, ВСК, 1,0	Леатрин, КС, 2,5	Агровиталь, КС, 0,8
Стоимость препарата, долл. США/л	36,60	31,19	35,76
Сохраненная продукция: семена, ц/га	1,0	1,3	1,1
треста, ц/га	3,1	4,2	3,8
Стоимость сохраненной продукции, долл. США/га	102,83	137,24	121,28
Дополнительные затраты, долл. США/га	63,22	87,53	71,99
Условный чистый доход, долл. США/га	39,61	49,71	49,29
Окупаемость дополнительных затрат, долл./долл.	1,63	1,57	1,68

Заключение

Для защиты посевов льна-долгунца от вредителей, преимущественно блошки льняной, на начальных этапах онтогенеза растений целесообразно проводить предпосевную обработку семян протравителями инсектицидного действия Табу, ВСК, Леатрин, КС, Агровиталь, КС, биологическая эффективность которых в условиях 2017–2019 гг. по численности вредителей составила 76–80 %, по степени поврежденности листовых поверхностей – 63–72 %, что обеспечило сохранение урожая семян 16–21 %, волокна 7–9 %, в т. ч. длинного 8–11 %, условный чистый доход с гектара посева при реализации

продукции семенами и трестой 39,61–49,71 долл. США. При правильной агротехнике льна обработки семян протравителями класса неоникотиноидов было достаточно для защиты растений от льяных блошек. Имаго летнего поколения отрождаются в период созревания льна и повреждают листья тонких низкорослых растений, не представляющих хозяйственную ценность. Нанесение на поверхность семени системного протравителя-инсектицида сокращает количество защитных химических обработок агроценоза и производственные затраты на обработку всходов льна, освобождая технику и рабочий персонал в период проведения весенних полевых работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нехведович, С. И. Фитосанитарное состояние льна в Беларуси и система мероприятий по защите культуры от вредных объектов / С. И. Нехведович // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 4. – С. 53–61.
2. Семеренко, С. А. Видовой состав насекомых вредителей льна масличного в различных зонах возделывания / С. А. Семеренко // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 4 (180). – С. 152–160.
3. Кудрявцев, Н. А. Теоретические и практические вопросы фитосанитарии в льноводстве / Н. А. Кудрявцев, Л. Д. Погорелая, А. Ф. Мугниев // Агро XXI. – 2006. – № 10/12. – С. 22–26.
4. Интегрированная система защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / НАН Беларуси, Ин-т защиты растений; под ред. С. В. Сороки. – Минск.: Белорусская наука, 2005. – 462 с.
5. Технология и организация производства высококачественной продукции льна-долгунца / В. П. Понажев [и др.]; под общ. ред. А. А. Нетесова. – М: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 148 с.
6. Биологические (экономические) пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник / под ред. С. В. Сорока. – Прилуки, 2018. – 27 с.
7. «Научно-практические рекомендации по возделыванию, уборке льна и приготовлению тресты» / Могилев: Могилевская обл. укруп. типография им. С. Соболя, 2010. – 135 с.
8. Дмитриев, А. А. Защита льна-долгунца от льяных блошек как элемент фитосанитарной стабилизации в технологии возделывания культуры / А. А. Дмитриев // Вестник защиты растений. – 2007. – № 3. – С. 71–72.
9. Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы / В. Г. Гусаков, [и др.] // утвержден Минсельхозпрод РБ. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 47 с.
10. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
11. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов, родеитицидов и феромонов в сельском хозяйстве / НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Институт защиты растений; под ред. Л. И. Трепашко. – Прилуки: РУП «Институт защиты растений», 2009. – 318 с.
12. Еремина, О. Ю. Перспективы применения неоникотиноидов в сельском хозяйстве России и сопредельных стран / О. Ю. Еремина, Ю. В. Лопатина // Агрехимия. – 2005. – № 6. – С. 87–93.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗМНОЖЕНИЮ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* СОРТОВ ВИНОГРАДА ТАДЖИКСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Х. И. БОБОДЖАНОВА

Центр биотехнологии Таджикского национального университета,
г. Душанбе, Республика Таджикистан, 734025, e-mail: bobojankh_7@bk.ru

Н. В. КУХАРЧИК

РУП «Институт плодоводства»,
аг. Самохваловичи, Республика Беларусь, 223013, e-mail: nkykhardtchik@gmail.com

(Поступила в редакцию 02.06.2023)

Исследования проведены в период 2014–2019 гг. в Центре биотехнологии Таджикского национального университета.

*Впервые в Таджикистане, на основании данных, полученных при размножении в культуре *in vitro* 20 таджикских сортов винограда, в том числе, аборигенных и народной селекции (Аушон ранний, Мухчалони, Нимранг, Регарский ранний, Тагоби, Хусайне сиёх, Хушадарози сафед, Шахритузский чёрный, Шохона, Чияки белый, Чияки белый ленинабадский, Чияки чёрный), а также, полученным таджикскими селекционерами (Анзоб, Бабатаг, Гиссарский ранний, Зариф, Зебо, Миёна, Сангвор, Сарвар), разработаны методические элементы, позволяющие ускоренно размножить данные сорта для получения высококачественного посадочного материала с ЗКС. Рекомендованы условия для инициации культуры *in vitro*, микроразмножения, ризогенеза и адаптации *ex vitro*. Показано, что использование ступенчатой стерилизации, меристем, вегетативных почек и цитков, изолированных в начале или в стадии активной вегетации маточных растений, обеспечивает от 58 до 100 % эффективность инициации культуры *in vitro*.*

Использование питательной среды Мурасига-Скуга, содержащей 1,1 мг/л 6-БА, 10 г/л мезоинозита, 30г/л сахарозы, позволяет получать КР более 2 для большинства сортов. Эффективность ризогенеза высока (более 80 %) для большинства сортов винограда при концентрации ИМК 0,5 мг/л в питательной среде. Для адаптации растений-регенерантов целесообразно использование ступенчатой адаптации, с использованием на первом этапе стерильных субстратов из биогрунта универсального, торфа, песка и ионно-обменного субстрата БИОНА-111 в разных соотношениях.

Ключевые слова: сорта винограда, результативность введения *in vitro*, микроразмножение, пассаж, ризогенез, культура *in vitro*, адаптация *ex vitro*, Таджикистан.

The studies were carried out in the period 2014–2019 at the Biotechnology Center of the Tajik National University.

*For the first time in Tajikistan, based on data obtained during *in vitro* propagation of 20 Tajik grape varieties, including native and folk selection (Aushon early, Mukhchaloni, Nimrang, Early Regarsky, Tagobi, Khusayne siyokh, Khushadarazi safed, Shakhrituz black, Shokhona, Chilyaki white, Chilyaki white Leninabad, Chilyaki black), as well as those obtained by Tajik breeders (Anzob, Babatag, Gissar early, Zarif, Zebo, Miyona, Sangvor, Sarvar), methodological elements have been developed to rapidly propagate these varieties to obtain high-quality planting material with closed root system. Conditions for *in vitro* culture initiation, micropropagation, rhizogenesis and *ex vitro* adaptation are recommended. It has been shown that the use of stepwise sterilization, meristems, vegetative buds and corymbs isolated at the beginning or at the stage of active vegetation of mother plants provides from 58 to 100 % efficiency of culture initiation *in vitro*.*

The use of the Murashiga-Skoog nutrient medium containing 1.1 mg/l 6-BA, 10 g/l mesoinositol, 30 g/l sucrose allows to obtain reproduction coefficient of more than 2 for most varieties. The efficiency of rhizogenesis is high (more than 80 %) for most grape varieties at a concentration of IBA of 0.5 mg/l in a nutrient medium. For the adaptation of regenerated plants, it is advisable to use stepwise adaptation, using at the first stage sterile substrates from universal biosoil, peat, sand and ion-exchange substrate BIONA-111 in different ratios.

Key words: grape varieties, effectiveness of *in vitro* introduction, micropropagation, passage, rhizogenesis, *in vitro* culture, *ex vitro* adaptation, Tajikistan.

Введение

Успешное развитие биотехнологических исследований, включающих современные направления по оздоровлению, разработке и совершенствованию протоколов введения в культуру *in vitro*, ускоренному размножению, содержанию и хранению растений винограда, является основой для устойчивого развития виноградарства. Метод размножения растений с использованием техники изолированных тканей и органов привлекает внимание физиологов, вирусологов, селекционеров, а также практиков и, в первую очередь, питомниководов. Этот способ на сегодняшний день позволяет полнее всего реализовать потенциал растительного организма к размножению. В связи с чем, данное направление в культуре тканей быстро развивается и является чрезвычайно перспективным. Основное преимущество клонального микроразмножения применительно к винограду – это получение генетически однородного, безвирусного посадочного материала, так как вирусные и микоплазменные заболевания в силу хронического характера наносят виноградарству постоянный экономический ущерб [2].

Кроме того, метод культуры апексов *in vitro* позволяет с учетом генотипической специфичности подбирать оптимальный состав искусственных питательных сред для размножения различных видов и сортов

винограда. На основе вышеизложенного сделан следующий вывод: способ микроклонального размножения является наиболее приемлемым для получения достаточного количества сертифицированного посадочного материала винограда в короткие сроки [3]. При этом процедуры, используемые для размножения растений в условиях *in vitro*, включают следующие этапы: вычленение экспланта в стерильных условиях и посадка его на искусственную питательную среду; культивирование экспланта в условиях контролируемого режима температуры и освещенности; микроразмножение *in vitro*, состоящее из одного или нескольких пассажей; укоренение *in vitro*; перевод растений-регенерантов из *in vitro* в нестерильные условия (*ex vitro*).

Пионерами в культуре тканей винограда справедливо считать французских исследователей Ж. Мореля, Л. Фаллота, Р. Галзу, поскольку Ж. Морель первый культивировал стеблевую ткань винограда *in vitro* [1].

Общие положения, связанные с культивированием растений *in vitro*, подробно освещены как в зарубежных, так и в отечественных научно-практических руководствах. Итоги исследований различных аспектов культуры винограда *in vitro* представлены в работах Р. Галзи [4], Л. И. Литвака и А. П. Кузьменко [5], А. Б. Бургутина [6], П. Я. Голодрига [7], Л. П. Трошина [3], И. Ю. Ковальчук [8], Н. П. Дорошенко [2], Браткова [9], А. Н. Реброва [10], А. А. Батукаева [11], Т. А. Красинской [12], В. Г. Пузырновой [13] и других.

Во многих странах (Америка, Франция, Испания, Италия, Россия, Беларусь) существуют научные и производственные лаборатории, по получению безвирусных растений винограда.

Исследователи в области виноградарства по всему миру заняты разработкой и усовершенствованием протоколов микроклонального размножения сортов винограда ценных для производства, селекции, науки [13].

Особенности роста и развития растений в культуре *in vitro* видо- и сортоспецифичны, что определяет необходимость сортоориентированного подхода.

Необходимо отметить важность целого ряда факторов, влияющих на развитие эксплантов, начиная от этапа изоляции эксплантов до пересадки пробирочного растения в нестерильные условия. Установлено, что неудачный подбор питательных сред, фитогормонов и их концентраций, несвоевременный выбор срока изоляции эксплантов приводит к гибели выращиваемых объектов. Поэтому в настоящее время необходимо продолжить поиск более эффективных методов, упрощающих и совершенствующих технику выращивания растений в условиях *in vitro*, что позволит в кратчайший срок и с наименьшими затратами обеспечить эффективную технологию размножения хозяйственно полезных растений, в том числе и винограда [11].

Цель исследования заключалась в определении методических элементов размножения в культуре *in vitro* таджикских сортов винограда.

Основная часть

Исследования проводили в период 2014–2019 гг. в Центре биотехнологии Таджикского национального университета.

В качестве объектов исследований выбрано 20 таджикских сортов винограда. Среди них аборигенные, местные и народной селекции – Аушон ранний, Мухчалони, Нимранг, Регарский ранний, Тагоби, Хусайне сиёх, Хушадарози сафед, Шахритузский чёрный, Шохона, Чиляки белый, Чиляки белый ленинабадский, Чиляки чёрный. К сортам, полученным таджикскими селекционерами, относятся: Анзоб ((Катта-Курган х Мускат Александрийский) х Султани), [Тадж. НИИ земледелия] (авторы: А. Д. Савченко и И. Ф. Кириллов); Бабатаг (Мадлен Анжевин × Мускат розовый) [Таджикский НИИСВиО]; Гиссарский ранний (Чауш чёрный х Чиляки розовый) [Тадж. НИИ земледелия]; Зариф (Чауш чёрный и Жемчуг саба) [Тадж. НИИСВиО]; Зебо (Тагоби × Победа) [Таджикский НИИСВиО]; Миёна (Тагоби × Победа) [Таджикский НИИСВиО]; Сангвор (Мадлен Анжевин и Победа) [Тадж. НИИСВиО] автор сортов А. Д. Савченко и сорт Сарвар (Нимранг х Кишмиш чёрный) [Филиал НИИСВиО в Сугде], полученный А. Азимовым. Отобранные для изучения сорта винограда произрастают на территории Таджикистана, пользуются спросом благодаря своим вкусовым и хозяйственно ценным качествам.

Для сбора коллекции использовали однолетние одревесневшие побеги визуально здоровых растений винограда. Для культуры *in vitro* использовали меристемы, верхушечные и боковые почки, щитки, изолированные из растений, выращиваемых с закрытой корневой системой, собранной коллекции. Работы по введению в культуру *in vitro* проводили в период начала вегетации и активного роста. Сроки введения:

1. Начало вегетации. Для растений винограда с закрытой корневой системой (ЗКС) в условиях Таджикистана (Душанбе) отмечалось в первой половине апреля и характеризовалось массовым раскрытием почек и началом роста побегов.

2. Активный рост. Для растений винограда с ЗКС характеризовался началом активного роста (до 5–10 см/сутки) лозы и, в зависимости от сорта, продолжался в течение 30–40 дней.

3. Активный рост-2. Экспланты изолировали из растений винограда в период активного роста лозы, через 45–55 дней после начала роста.

Работы по культуре *in vitro* проводили в условиях ламинар-бокса БАВнп-01 – «Ламинар-С» – 1,2 (Lamsystems, Россия) с использованием бинокулярного микроскопа МБС-10 и специального набора инструментов (игла, скальпель, пинцет).

Стерилизацию эксплантов проводили погружением сначала в 70%-ный этиловый спирт на 1 минуту, затем в 33%-ный раствор перекиси водорода на 10 мин, затем промывали дистиллированной, автоклавированной водой до полного очищения от средств стерилизации в течение 5 минут [14]. Стерилизацию растительных эксплантов винограда проводили в асептических условиях ламинар-бокса.

Стерилизацию питательных сред проводили в автоклаве DGM-80 (Латвия) при давлении 1 атм. – 0,05 МПа при температуре 110 °С в течение 15 минут. Приготовленную среду использовали в течение недели. Экспланты вводили на питательную среду Мурасига-Скуга (MS) [16], дополненную НУК-0,9 мг/л, сахароза – 30 г/л, агар – 5г/л (рН – 5,6–5,7) [15]. Микропобеги высаживали на агаризованную питательную среду Мурасига-Скуга [16], содержащую 1,1 мг/л 6-БА, 10 г/л мезоинозита, 30г/л сахарозы [15]. После получения достаточного количества микропобегов, их отделяли и высаживали на модифицированную питательную среду для укоренения. В питательную среду для индукции корнеобразования добавляли ИМК в концентрации 0,5мг/л [15]. Для улучшения процесса укоренения брали побеги длиной не менее 1–1,5 см.

Культивирование растений *in vitro* проводили: на этапе введения в культуру *in vitro* в химических пробирках 15 x 150 мм с объёмом питательной среды 2 мл, микроразмножение и ризогенез *in vitro* в биологических пробирках 22 x 220 с объёмом питательной среды 5 мл, в культуральных комнатах при освещении 4 тыс. люкс, температуре 24+1 °С, фотопериоде 16/8 часов, относительной влажности 70–80 %. Использовали увлажнитель воздуха Polaris (Китай). Постоянная температура поддерживалась при помощи бытовых кондиционеров Midea (Китай). Длительность субкультивирования составляла 4–5 недель.

Адаптацию растений-регенерантов проводили на четырех субстратных смесях, состоящих из биогрунта универсального, торфа, песка и ионно-обменного субстрата БИОНА-111 в разных соотношениях (рис. 1) [17].

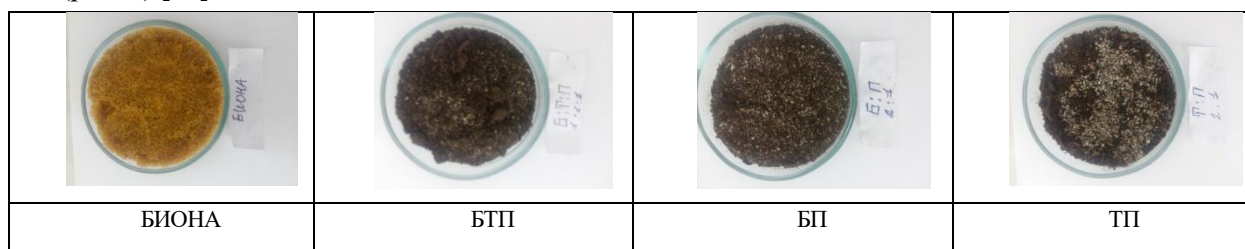


Рис. 1. Смеси и субстраты, использованные для адаптации растений-регенерантов винограда

Краткая характеристика использованных в работе субстратов.

1. Биогрунт ЭкоФлора универсальный: торф: песок (в соотношении 1:1:1) (БТП). Биогрунт ЭкоФлора универсальный состоит из: смеси торфов различной степени разложения, сапрпель, удобрение «ФлорГумат», вермикулит/агроперлит, песок, мука известняковая (доломитовая). Массовая доля питательных веществ: азот (N) – не менее 300 мг/л, фосфор (P₂O₅) – не менее 300 мг/л, калий (K₂O) – не менее 350 мг/л, микроэлементы (присутствие): бор, молибден, цинк, марганец, медь, кобальт, железо, рН=5,5–7,0 [18].

2. БИОНА-111 – ионообменный субстрат [19]. Субстрат БИОНА-111 был разработан и получен в Институте физико-органической химии НАН Беларуси и представляет собой ионообменный субстрат в виде гранул оранжевого и желтого цвета размером 0,5–2,5 мм. Основа субстратов БИОНА – синтетические (КУ-2, ЭДЭ-10П, АН-2Ф, волокнистые иониты ФИБАН и др.) и природные (клиноптилолит) иониты, насыщенные биогенными макроэлементами: K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Fe³⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻, H₂PO₄⁻, и микроэлементами: Mn²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, MoO₄²⁻, V₄O₇²⁻, Co²⁺, Na⁺, Cl⁻, рН водной взвеси 6,0 –7,0 (БИОНА).

3. Биогрунт ЭкоФлора универсальный и песок (в соотношении 2:1) (БП).

4. Смесь торфа и песка (в соотношении 2:1) (ТП). Торф АГРОБАЛТ-Н нейтрализованный изготовлен на основе верхового торфа низкой степени разложения. Состав: верховой сфагновый торф низкой степени разложения; известняковая (доломитовая) мука. Агротехнические характеристики: степень разложения – не более 20 %; содержание органического вещества – 95–99 %; влажность – не более 60 %; зольность 1–5 %; рН (H₂O) – 5,5–6,6; рН (КСI) – 5,0–6,2; влагоемкость – 6 [20].

Подготовку субстратов для адаптации осуществляли следующим образом. Речной песок промывали и очищали от примесей. Смешивали с биогрунтом универсальным или торфом, затем готовую смесь

автоклавировали в течение 30 мин при температуре 119 °С и 0,9 атм. Субстрату давали остыть в течение суток, а затем им наполняли кассеты. Субстрат БИОНА-111 – при первом использовании увлажняли дистиллированной водой и раскладывали в контейнеры [19].

Процесс адаптации растений-регенерантов после культуры *in vitro* проводили в несколько этапов.

Первый этап (этап адаптации). Первый вариант. Растения, полученные *in vitro*, из пробирок высаживали в кассеты объемом 50 мл, заполненные субстратом, и накрывали прозрачной полиэтиленовой крышечкой, для создания условий 100 % влажности. Появление новых листьев, рост побега свидетельствовали о завершении процесса адаптации. Адаптацию проводили при освещении 2,5–3 тыс. люкс, температуре 24–26 °С, фотопериоде 16/8 часов. Длительность 1-го этапа адаптации составила 27–30 дней.

Второй вариант. Каждое пробирочное растение из пробирки высаживали в индивидуальный стакан, объемом 500 см³, заполненный на 1/3 стерильной смесью – БТП и накрывали прозрачными полиэтиленовыми стаканами. По мере развития растения – роста побега, появления новых листьев – в накрывающем стакане делали маленькие отверстия, чтобы снизить эффект теплицы и давали возможность растению постепенно адаптироваться к новым условиям аэрации. Длительность 1-го этапа адаптации составила 30 дней.

Второй этап (этап постадаптации).

Первый вариант. Адаптированные растения пересаживали в стаканчики объемом 500 см³, на 1/3 наполненные неавтоклавированной смесью – (ПТ) почва и торфяной субстрат, в соотношении 2:1. Длительность 2-го этапа адаптации (постадаптация) составила 8-9 недель. Полив производился водопроводной (отстоявшейся в течение суток) водой.

Второй вариант. Адаптированные растения пересаживали в глиняные горшки объемом от 1500–2000 см³. В качестве постадаптационной смеси использовали БТП, не автоклавированную. Длительность данного этапа составила 8 недель. Полив производился водопроводной (отстоявшейся в течение суток) водой.

Третий этап (доращивание).

Проводили при необходимости дорастить адаптированное растение винограда до размеров, позволяющих передавать их для посадки в открытый грунт в хозяйства.

Перед посадкой на адаптационные смеси корни растений промывали слабым раствором перманганата калия.

После переноса из пробирок в субстраты растения в контейнерах с субстратом помещали в условия светокультуральной комнаты (температура 24–26 °С, влажность 80 %). Контейнеры закрывали крышечкой и не открывали в течение 2 недель. Через две недели растения подкармливали раствором на основе макро- и микросолей среды Мурасиге и Скуга. Растения-регенеранты, адаптируемые на БИОНЕ, поливали только дистиллированной водой в течение всего периода адаптации [21].

Проведено изучение размножения в культуре *in vitro* двадцати таджикских сортов винограда (табл. 1). Сорта представляют большой интерес, поскольку ранее они практически не исследовались на пригодность к размножению в культуре *in vitro*. Для семи сортов винограда: Анзоб, Зариф, Мухчалони, Нимранг, Сангвор, Хушадарози сафед, Шохона показана максимальная 100%-ная результативность введения в культуру *in vitro* эксплантов – меристема, верхняя почка, боковая почка и щиток. При использовании в качестве экспланта меристемы отмечена 100%-ная результативность для сортов винограда Аушон ранний, Гиссарский ранний и Регарский ранний. Для сортов винограда Анзоб, Аушон ранний, Бабатаг, Зариф, Мухчалони, Нимранг, Санвор, Хушадарози сафед, Шахритузский чёрный, Шохона, Чиялки белый и Чиялки чёрный при введении в культуру *in vitro* экспланта боковая почка показана эффективность в пределах от 75 до 100 %. Для сорта винограда Чиялки белый ленинабадский этот показатель равен 58 %. В фазу активного роста показана 100%-ная результативность введения для эксплантов сортов винограда Зариф, Мухчалони и Нимранг. Коэффициент размножения *in vitro* для исследованных сортов винограда при концентрации 6-БАП 1,1 мг/л в питательной среде варьирует от 1,2 (сорт Тагоби) до 3,3 (сорт Сарвар). Для 15 сортов винограда из 20 исследованных, коэффициент размножения находится в диапазоне от 2,2 до 2,8 при концентрации 6-БАП 1,1 мг/л в питательной среде. Этот же показатель для сорта винограда Чиялки белый при концентрации 6-БАП 0,5 мг/л равен 4,5. На ризогенез *in vitro* переведено 19 сортов винограда, для которых эффективность составила от 60 % (сорт Хушадарози сафед) до 98,1 (сорт Шохона) при концентрации ИМК-0,5 мг/л. Эффективность ризогенеза *in vitro* выше 80 % отмечена для 17 из 19 исследованных сортов винограда.

Таблица 1. Результативность на этапе введения, микроразмножения, ризогенеза *in vitro* и адаптации *ex vitro* таджикских сортов винограда

сорт	Введение <i>in vitro</i> , % (эксплант)/ фаза развития	Коэффициент размножения <i>in vitro</i> , концентрация 6-БАП, мг/л	Ризогенез <i>in vitro</i> , %, концентрация ИМК-0,5 мг/л	Адаптация <i>ex vitro</i> , % (субстрат)
Анзоб	100 (м., в. п., б. п., щ.)	2,7 (1,1)	89,0	100 (БИОНА, БТП, ТП) 98,6 (БП)
Аушон ранний	100 (в.п.) 94,8 (б.п.)	2,6 (1,1)	94,4	91,7 (БТП) 62,5 (ТП)
Бабатаг	94,8 (б.п.) 75,0 (м., в.п.)	1,9 (1,1)	85,0	62,5 (БТП) 29,2 (ТП)
Гиссарский ранний	100 (м) 86,7 (щ) 86,9 /а.р.	2,7 (1,1)	84,6	100 (БТП, ТП) 98,8 (БИОНА, БП)
Зариф	100 (м., в. п., б. п., щ.)/а.р.	2,5 (1,1)	87,0	95,6 (БИОНА) 72,9 (ТП)
Зебо	70 (щ.) 66,5 (м., в.п.)	2,6 (1,1)	84,6	100 (БП, ТП) 87,5 (БТП, БИОНА)
Миёна	80,0 (м.) 73,3 (в.п.)	3,2 (1,1)	80,7	100 (БТП) 97,9 (БИОНА, ТП)
Мухчалони	100 (м., в. п., б. п., щ.)/а.р. 86,7-н.в.	2,8 (1,1)	70,4	100 (БИОНА, БП, ТП) 97,9Б (БТП)
Нимранг	100 (м., в. п., б. п., щ.)/а.р.г 90,9 – н.в.	2,2 (1,1)	93,4	100 (БТП, БП, ТП) 97,9 (БИОНА)
Регарский ранний	100 (м.) 81,2 (в. п.) 83,3/а.р.	2,3 (1,1)	86,2	100 (БП, ТП) 98,8 (БИОНА)
Сангвор	100 (м., в. п., б. п., щ.)	2,5 (1,1)	82,4	100 (БИОНА, БТП, БП) 95,8 (ТП)
Сарвар	77,5 (б. п.) 75,0 (м., щ.)	3,3 (1,1)	90,0	100 (БИОНА, БТП, БП, ТП)
Тагоби	80 (в. п.)	1,2 (1,1)	*	*
Хусайне сиёх	83,3 (м.)/(н.в.)	2,7 (1,1)	82,8	100 (БИОНА, БТП, БП, ТП)
Хушадарози сафед	100 (м., в. п., б. п., щ.)	2,4 (1,1)	60,0	100 (БТП, БП, ТП) 97,9 (БИОНА)
Шахритузский чёрный	81(м., в.п.) 78 (б.п.)	2,3 (1,1)	94,1	100 (БТП, БП, ТП) 87,5 (БИОНА)
Шохона	100 (м., в. п., б. п., щ.)	2,5 (1,1)	98,1	98,6 (БП) 97,9 (БИОНА)
Чиляки белый	96,7 (в.п.) 93,3 (б.п.) 91,6/а.р.	4,5 (0,5)	87,5	95,8 (БИОНА) 54,2 (ТП)
Чиляки белый ленинабадский	58 (б.п.)	2,7 (1,1)	82,3	100 (БИОНА, БП, ТП) 95,8 (БТП)
Чиляки чёрный	86,0 (б.п.)	2,5 (1,1)	89,6	100 (БИОНА, БТП, БП, ТП)

Условные обозначения: * – учет не проводили.
 м – меристема, в. п. – верхняя почка, б. п. – боковая почка, щ – щиток.
 БИОНА, БТП – биогрунт универсальный: торф: песок, БП – биогрунт универсальный: песок, ТП – торф: песок.
 н.в. – начало вегетации; а.р. – активный рост

Адаптацию *ex vitro* растений-регенерантов 19 сортов винограда проводили на субстрате БИОНА и адаптационных смесях БТП, БП, ТП. Показан максимальный процент адаптации на всех адаптационных субстратах (БИОНА, БТП, БП, ТП) для растений-регенерантов 3 сортов винограда: Сарвар, Хусайне сиёх и Чиляки чёрный. Высокий процент адаптации растений-регенерантов на субстрате БИОНА отмечен на 18 из 19 адаптированных сортов. Исключение составляет сорт Бабатаг, для которого отмечена эффективность адаптации равная 62,6 %.

Смесь БТП оптимальна для адаптации растений-регенерантов 18 исследованных сортов винограда, за исключением сорта Бабатаг, для которого эффективность адаптации 62,5. На смеси ТП максимальные результаты адаптации растений-регенерантов показаны для 17 из 19 исследованных сортов винограда. Исключение – сорта Аушон ранний и Бабатаг для которых эффективность адаптации составила 62,5 и 29,2 соответственно.

Закключение

На основании данных, полученных при размножении в культуре *in vitro* 20 таджикских сортов винограда, в том числе, аборигенных и народной селекции (Аушон ранний, Мухчалони, Нимранг, Регарский ранний, Тагоби, Хусайне сиёх, Хушадарози сафед, Шартузский чёрный, Шохона, Чиляки белый, Чиляки белый ленинабадский, Чиляки чёрный), а также, полученных таджикскими селекционерами (Анзоб, Бабатаг, Гиссарский ранний, Зариф, Зебо, Миёна, Сангвор, Сарвар), разработаны методические

элементы, позволяющие ускоренно размножить данные сорта для получения высококачественного посадочного материала с ЗКС.

Показано, что использование ступенчатой стерилизации, меристем, вегетативных почек и щитков, изолированных в начале или в стадии активной вегетации маточных растений, обеспечивает от 58 до 100 % эффективность инициации культуры *in vitro*.

Использование питательной среды Мурасига-Скуга, содержащей 1,1 мг/л 6-БА, 10 г/л мезоинозита, 30 г/л сахарозы позволяет получать КР более 2 для большинства сортов. Эффективность ризогенеза высока (более 80 %) для большинства сортов винограда при концентрации ИМК 0,5 мг/л в питательной среде. Для адаптации растений-регенерантов целесообразно использование ступенчатой адаптации, с использованием на первом этапе стерильных субстратов из биогрунта универсального, торфа, песка и ионно-обменного субстрата БИОНА-111 в разных соотношениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Morel, G. Guérison de dahlias atteints d'une maladie à virus / G Morel, C Martin // Acad. sci. – 1952. – Vol. 235. – P. 1324–1325.
2. Дорошенко, Н. П. Особенности клонального микроразмножения винограда / Н. П. Дорошенко. – Новочеркасск: Изд-во ФГБНУ ВНИИВиВ им. Я. И. Потопенко, 2014. – 203 с.
3. Медведева, Н. И. Методические рекомендации по микроклональному размножению винограда *in vitro* / Н. И. Медведева, Н. В. Поливарова, Л. П. Трошин // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – 2010. – № 62(08). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/08/pdf/31.pdf>. – Дата доступа: 29.10.2019.
4. Galzy, R. Confirmation de la nature virale du courtneou de la vigne par des essais de thermothérapie sur des cultures *in vitro* / R Galzy // Acad. sci. – 1961. – Vol. 253. – P. 706–709.
5. Литвак, А. И. Культура клеток, тканей и органов винограда *in vitro* / А. И. Литвак, А. П. Кузьменко // Селекция устойчивых форм винограда. – Кишинев, 1982. – С. 116–139.
6. Бургутин, А. Б. Микроклональное размножение винограда / А. Б. Бургутин // Биология культивируемых клеток и биотехнология растений: сб. ст. / под ред. Р. Г. Бутенко – М.: Наука, 1991. – С. 216–220.
7. Методические рекомендации по клональному микроразмножению винограда / П. Я. Голодрига [и др.]; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т винограда и продуктов его переработки «Магарач»; ред.: Н. В. Гайдук. – Ялта: ВНИИ ВиПП «Магарач», 1986. – 56 с.
8. Оптимизация клонального микроразмножения *in vitro* некоторых сортов винограда / И. Ю. Ковальчук [и др.] // Вестн. Инж. акад. Респ. Казахстан. – 2013. – №2 (48). – С. 126–131.
9. Браткова, Л. Г. Приемы адаптации мериклонов винограда к условиям *in vivo* / Л. Г. Браткова, А. Н. Малыхина, Н. Н. Цаценко // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2015. – № 34 (4). – С. 14–29.
10. Ребров, А. Н. Питательная среда для ввода и регенерации меристем винограда в условия *in vitro* [Электронный ресурс]: пат. RU 2636030 / А. Н. Ребров. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/263/2636030.html>. – Дата доступа: 31.10.2019.
11. Батукаев, А. А. Оптимизация основных элементов размножения винограда биотехнологическим методом: монография / А. А. Батукаев, Э. А. Собралиева, М. С. Батукаев. – Грозный: Изд-во ФГБОУ ВО «Чеченский гос. ун-т», 2019. – 151 с.
12. Krasinskaya, T. Morphogenetic potential of grape explants at initiation stage of *in vitro* culture during the active plant growth and dormancy periods / T. Krasinskaya and A. Zmushko // Acta Horticulture. – № 1324. – 2021. – P. 111–116. DOI:10.17660/Acta-Hortic.2021.1324.17
13. Пузырнова, В. Г. Совершенствование клонального микроразмножения винограда для создания коллекции генофонда *in vitro*: дис. ... канд. с.-х. наук: 03.01.05 – физиология и биохимия растений / В. Г. Пузырнова; ФГБОУ ВО «Кубанский гос. аграр. ун-т им. И. Т. Трубилина». – Новочеркасск, 2021 – 221 с.
14. Бабаева, С. Х. Размножение сортов винограда раннего срока созревания в Таджикистане / С. Х. Бабаева, Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик // Плодоводство: науч. тр. / РУП «Ин-т плододства»; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2015. – Т. 27. – С. 262–270.
15. Ясаулова, Ш. К. Эффективность введения в культуру *in vitro* винограда таджикского сортимента / Ш. К. Ясаулова, Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик // Плодоводство: науч. тр. / РУП «Ин-т плододства»; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2015. – Т. 27. – С. 271–278.
16. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Scoog // Physiol. Plant. – 1962. – Vol. 15. – № 3. – P. 473–497.
17. Бободжанова, Х. И. Оценка эффективности ризогенеза *in vitro* и адаптации *ex vitro* сортов винограда таджикской селекции / Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2022. – №2. – С. 105–111.
18. Биогрунт универсальный [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gazonov.com/item/611-biogrunnt-universalnyjj-101-ehkoflora>. – Дата доступа: 8.12.2020.
19. Методика адаптации регенерантов *ex vitro* / Н. В. Кухарчик, Т. А. Красинская, С. Э. Семенов, Е. В. Колбанова. – Самохваловичи: РУП «Ин-т плододства НАН Беларуси», 2005. – 16 с.
20. Торф Агробалт-Н (нейтрализованный) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sadovod-yasenevo.ru/catalog/posadka_i_ukhod/torf/torf_agrobalt-n_neutralnyy_60_l/. – Дата доступа: 13.07.2020.
21. Бободжанова, Х. И. Микроклональное размножение винограда / Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик. – Душанбе: Эр-Граф, 2017. – 32 с.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЭСПАРЦЕТА ПЕСЧАНОГО И ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

С. С. КИРИЛКИН, Б. В. ШЕЛЮТО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила редакцию 02.06.2023)

В статье рассматривается урожайность эспарцета песчаного и люцерны изменчивой в зависимости от уровня минерального питания в условиях Могилевской области на базе «Опытное поле УО БГСХА». Установлено, что эспарцет песчаный и люцерна изменчивая в зависимости от уровня минерального питания формируют в год посева от 114 до 126,5 ц/га зеленой массы, во второй год жизни растений – от 205,3 до 246,8 ц/га. Наибольшую урожайность на второй год жизни имела люцерна изменчивая с применением P₆₀ + микроудобрения Бор и Марганец.

Полевая всхожесть бобовых трав находилась на уровне 75,2–85,7 %, выживаемость растений бобовых трав составила 94,7–98,9 %, а зимостойкость – 84,5–94,6 %. Наиболее высокая полевая всхожесть, выживаемость и зимостойкость отмечена в варианте люцерны изменчивая с применением P₆₀ + микроудобрения Бор и Марганец.

Доля сорного разнотравья была довольно высокой в год посева 25,5–28,1 %, во второй год жизни трав снизилась до 12,2–13,9 %. Среди сорного разнотравья преобладал пырей ползучий и пастушьи сумка.

Ключевые слова: эспарцет песчаный, люцерна изменчивая, урожайность, полевая всхожесть, выживаемость, зимостойкость, сорное разнотравье, минеральные удобрения.

The article discusses the yield of sandy sainfoin and variable alfalfa, depending on the level of mineral nutrition in the conditions of the Mogilev region on the basis of the "Experimental field of the EE BSAA". It has been established that sandy sainfoin and alfalfa, depending on the level of mineral nutrition, form from 11.4 to 12.65 t/ha of green mass in the year of sowing, and from 20.53 to 24.68 t/ha in the second year of plant life. Variable alfalfa with the use of P₆₀ + microfertilizers Boron and Manganese had the highest yield in the second year of life.

The field germination of leguminous grasses was at the level of 75.2–85.7 %, the survival rate of leguminous grass plants was 94.7–98.9 %, and winter hardiness was 84.5–94.6 %. The highest field germination, survival rate and winter hardiness were noted in the variable alfalfa variant with the use of P₆₀ + Boron and Manganese microfertilizers.

The proportion of weed forbs was quite high in the year of sowing, 25.5–28.1 %; in the second year of grass life, it decreased to 12.2–13.9 %. Among the weedy herbs, couch grass and shepherd's purse prevailed.

Key words: sandy sainfoin, variable alfalfa, productivity, field germination, survival, winter hardiness, weed forbs, mineral fertilizers.

Введение

Эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria* (Kit.)) и люцерна изменчивая (гибридная) (*Medicago varia* (Mart.)) – многолетние травянистые растения, семейства бобовые (Fabaceae). Являются высокоурожайными культурами, в зависимости от региона возделывания бобовых трав урожайность зеленой массы составляет от 120 до 400–500 ц/га, в остросасушливых регионах эспарцет песчаный обеспечивает сбор кормовой массы на уровне люцерны. Люцерна, исходя из многолетних наблюдений большого числа исследователей, является культурой, способной произрастать без перезалужения более 4–6 лет, а иногда и более [4, 7].

Люцерна – один из лучших кормовых и фитомелиорирующих растений. В 1 ц зеленой массы люцерны содержится 18–22 корм. ед., 41–48 кг перевариваемого протеина и 6–7 г каротина. За 2–3 года ее использования, благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, в почве накапливается 270–470 кг/га азота, что равноценно 1 т аммонийной селитры, или 5060 т/га навоза. Люцерну можно рассматривать как расселяющую почву культуру, так как она выносит из корнеобитаемого слоя значительное количество хлора. Благодаря наличию глубокопроникающего стержневого корня и разветвленной корневой системы 3-, 4- и 5-го порядков, она закрепляет пахотный слой и тем самым защищает почву от ветровой и водной эрозии. Корневые и пожнивные остатки люцерны обогащают почву органическим веществом, богатым азотом, кальцием, калием и фосфором. По образному выражению Гео Л. Клотьера, люцерна любит солнечный свет и превращает солнечные лучи в звучное золото. Она извлекает из недр земли скрытые там сокровища, чудесным образом сохраняет землю, воздух, влагу и солнечный свет (цит. по П. Н. Константинову). Люцерна произрастает на всех типах почв, кроме засоленных, кислых и заболоченных, на которых трудно получить полноценные всходы. На формирование 1 кг сухого вещества надземной массы люцерны потребляет 2,3–2,5 кг азота (N), 0,5–0,7 – фосфора (P₂O₅), 1,5–1,7 – калия (K₂O) и 2,6–2,8 кг кальция (CaO). В минеральном питании люцерны важное значение имеет обеспеченность почвы фосфором и калием, которые повышают зимостойкость, улучшают процессы плодотворения и ускоренного созревания семян [11].

Система внесения удобрений под семенную и кормовую люцерну должна способствовать максимальному формированию у растений генеративных органов и строиться с учетом выноса основных элементов питания на запланированную урожайность.

Наибольший эффект в повышении урожайности семян и зеленой массы достигается при совместном внесении минеральных удобрений и микроэлемента (бор). Люцерна очень чувствительна к этому микроэлементу. Однако в кислую почву, его вносить не следует. На известкованной почве бор, внесенные с удобрениями, положительно влияют на кормовую и семенную продуктивность. Вносить микроэлемента целесообразно при содержании его подвижных форм не выше 0,2–0,3 мг на 1 кг почвы.

Выявлена высокая эффективность внекорневой подкормки микроэлемент бором (0,3 кг/га д. в.) при совместном их внесении в фазу бутонизации – начало цветения.

Роль бора особенно велика в оплодотворении и плодообразовании люцерны. Он усиливает прорастание пыльцы, увеличивает число цветков, завязей, ускоряет плодообразование, повышает нектарность цветков. При известковании потребность растений в боре существенно увеличивается. Бор особенно эффективен в засушливые годы на песчаных почвах, и, особенно, на почвах бедных органическим веществом. При недостатке бора в почве в качестве фосфорных удобрений можно использовать бор суперфосфат двойной гранулированный [9].

В. В. Коломейченко отмечает, что при возделывании эспарцета песчаного происходит увеличение содержания фосфора в посевах эспарцета, обусловлено это способностью корневой системы усваивать его из труднорастворимых соединений в почве и накапливать его с пожнивно-корневыми остатками в верхних слоях почвы. Особенно это факт может быть полезен для аграриев в период, когда удобрения имеют довольно высокую стоимость [3].

Также имеются результаты исследований, показывающие положительную эффективность использования средств химизации. В условиях Северной Осетии в лесолуговой зоне на дерново-глеевой слабоподзоленной почве с тяжелым гранулометрическим составом, применение удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ повышали урожайность зеленой массы эспарцета на 14,6 %. В Воронежском НИИ сельского хозяйства, удобрения в дозе $N_{45}P_{45}K_{45}$ повышали урожайность зеленой массы эспарцета на 28 %, в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 41 % [8.] В условиях Восточной Сибири – N_{40-60} , P_{90-120} , K_{60-90} кг д.в/га [1.]

Целью исследований явилось изучение влияния уровней минерального питания на продуктивность эспарцета песчаного сорта Караневіцкі и люцерны изменчивой Прыгажуня Палесся.

Основная часть

Исследования выполнялись в 2021–2019 гг. на территории Горецкого района Могилевской области Республики Беларусь на базе кафедры кормопроизводства и хранения продукции растениеводства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Для достижения цели был заложен опыт по следующей схеме:

Фактор А Бобовые травы:

Эспарцет песчаный

Люцерна изменчивая

Фактор В Уровни минерального питания: 1) контроль (без удобрений); 2) Фон ($N_{30}K_{60}$); 3) $N_{30}K_{60} + P_{40}$; 4) $N_{30}K_{60} + P_{60}$; 5) $N_{30}K_{60} + P_{40} +$ микроудобрения Бор и Марганец; 6) $N_{30}K_{60} + P_{60} +$ микроудобрения Бор и Марганец.

Варианты опыта закладывались в 4-кратной повторности, учетная площадь каждой делянки составляла 25 м² В опытах норма высева принимается для эспарцета песчаного 5 млн всхожих семян на гектар, что в весовой массе составляет для эспарцета песчаного – 0,675 ц/га. и люцерны изменчивой 9 млн всхожих семян на 1 га, что в весовой массе составляет – 0,23 ц/га.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, слабо- и среднесуглинистая (Umbric Retisols, WRB, 2014; Eutric Podzoluvisols, FAO, 1988) [10]. Агротехнические показатели пахотного слоя 0–20 см следующие: рН_{KCl} 6,6; гидролитическая кислотность – 0,86 мг-экв. на 100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 96 %; содержание гумуса (по Тюрину) – 1,65 %; подвижных соединений P_2O_5 и K_2O – 181 и 192 мг на 1 кг почвы соответственно.

В течение вегетации проводили фенологические наблюдения за сроками наступления очередных фаз развития. Началом наступления очередной фазы развития считали наступление ее у 10 % растений, а полную фазу отмечали при наступлении ее у 75 % растений на делянках [5].

Урожайность зеленой массы в опытах определяли методом сплошного скашивания растений со всей делянки и их взвешивания. Параллельно отбирали растительные образцы в металлические бьюксы для высушивания, определения содержания влаги и пересчета на выход сухого вещества [5].

Статистическую оценку экспериментальных данных выполняли по методике Б. А. Доспехова [2].

Влияние минерального питания на полевой всхожести, выживаемости и зимостойкости эспарцета песчаного и люцерны изменчивой в условиях Могилевской области представлена показателями (табл. 1).

Таблица 1. Полевая всхожесть, выживаемость и зимостойкость эспарцета песчаного и люцерны изменчивой в опытах с минеральными удобрениями

Варианты	Полевая всхожесть		Выживаемость		Зимостойкость	
	шт/м ²	%	шт/м ²	%	шт/м ²	%
1. Эспарцет песчаный (Контроль) (500 шт.1м ²)	376	75,2	356	94,7	301	84,5
2. Эспарцет песчаный (Фон: N30 K60)	375	75,1	356	94,9	302	84,9
3. Эспарцет песчаный (Фон + P40)	384	76,8	365	95,1	311	85,1
4. Эспарцет песчаный (Фон + P60)	387	77,3	369	95,3	316	85,6
5. Эспарцет песчаный (Фон + P40+микроудобрение)	391	78,2	375	95,9	322	85,9
6. Эспарцет песчаный (Фон + P60 + микроудобрение)	407	81,5	400	98,3	345	86,3
1. Люцерна (Контроль) (900 шт.1м ²)	762	84,7	733	96,2	662	90,4
2. Люцерна (Фон: N30 K60)	764	84,9	745	97,5	685	91,9
3. Люцерна (Фон + P40)	766	85,1	745	97,3	687	92,3
4. Люцерна (Фон + P60)	764	84,9	751	98,3	697	92,8
5. Люцерна (Фон + P40+ микроудобрение)	771	85,7	755	97,9	705	93,4
6. Люцерна (Фон + P60 + микроудобрение)	776	86,3	767	98,9	726	94,6

Общеизвестно, что фоны минерального питания не оказывают существенного влияния на полевую всхожесть семян. В наших исследованиях полевая всхожесть бобовых трав находилась на уровне от 75,1 до 86,3 %, причем более высокой она была у люцерны изменчивой. Эспарцет в силу своих биологических особенностей (семена находятся в бобиках, покрытых плотной оболочкой) имел всхожесть от 75,2 % в контрольном опыте и до 81,5 % в опыте с Фон + P₆₀ + микроудобрение.

Выживаемость бобовых культур была от 94,7 до 98,9 %. Наиболее жизнестойкими были всходы у люцерны изменчивой 96,2–98,9 %, выживаемость растений эспарцета составила к концу вегетации 94,7–98,3 %. Необходимо отметить, что фоны минерального питания оказали влияние на выживаемость растений. Как видно из приведенных в табл. 1 данных, более высокая выживаемость бобовых трав была отмечена на фоне N₃₀ K₆₀P₆₀ с микроудобрениями бором и марганцем (бора 151 г и марганца 160 г на 1 л).

Бобовые культуры показали не плохие показатели в зимостойкости, которая составила у эспарцета песчаного от 84,5 % до 85,9 %, а у люцерны изменчивой от 90,4 до 94,6 %, причем более высокой она была также на фоне N₃₀ K₆₀P₆₀ с микроудобрениями бором и марганцем.

Таким образом можно сказать, что на выживаемость и зимостойкость эспарцета песчаного и люцерны изменчивой оказали влияние фосфорные удобрения в сочетании с микроудобрениями бором и марганцем. В табл. 2 представлены данные по урожайности изучаемых трав за 2 года жизни.

Таблица 2. Урожайность зеленой массы эспарцета песчаного и люцерны изменчивой в зависимости от минерального питания, ц/га

Вариант опыта	Год посева	1-й год исследований			Всего за два года
		1-й укос	2-й укос	Всего за два укоса	
1. Эспарцет песчаный (Контроль)	117,5	121,3	84,0	205,3	322,8
2. Эспарцет песчаный (Фон : N ₃₀ K ₆₀)	119,0	123,0	87,6	210,6	329,6
3. Эспарцет песчаный (Фон N ₃₀ K ₆₀ + P ₄₀)	121,7	135,1	92,0	227,1	348,8
4. Эспарцет песчаный (Фон N ₃₀ K ₆₀ + P ₆₀)	123,1	132,8	96,4	229,2	352,3
5. Эспарцет песчаный (Фон N ₃₀ K ₆₀ + P ₄₀ +микроудобрение)	123,6	137,0	96,8	233,8	357,4
6. Эспарцет песчаный (Фон N ₃₀ K ₆₀ + P ₆₀ + микроудобрение)	126,0	138,9	98,1	237,0	363,0
1. Люцерна (Контроль)	114,0	115,0	102,5	217,5	331,5
2. Люцерна (Фон : N ₃₀ K ₆₀)	114,8	115,2	103,4	218,6	333,4
3. Люцерна (Фон N ₃₀ K ₆₀ + P ₄₀)	116,0	119,8	106,2	225,0	341,0
4. Люцерна (Фон N ₃₀ K ₆₀ + P ₆₀)	117,9	128,0	109,0	237,0	354,9
5. Люцерна (Фон N ₃₀ K ₆₀ + P ₄₀ + микроудобрение)	120,5	126,3	106,9	233,2	353,7
6. Люцерна (Фон N ₃₀ K ₆₀ + P ₆₀ + микроудобрение)	122,4	132,1	114,7	246,8	369,2
НСР	0,65	1,54	1,32	1,94	1,12

В год посева полученная урожайность зеленой массы за один укос составила от 117,5 ц/га до 126,0 ц/га у эспарцета песчаного, а у люцерны от 114,0 ц/га до 122,4 ц/га. Такую урожайность можно объяснить тем, что в первый год жизни культуры скашивались только однократно, так как бобовые травы полностью не смогли сформироваться за вегетационный период в конкуренции с сорной растительностью.

Из полученных данных видно, что четко прослеживается тенденция увеличения урожайности исследуемых культур от применения больших доз фосфорных удобрений в комплексе с микроудобрениями. Так применение P 40+ микроудобрений Бор и Марганец в год посева для эспарцета песчаного привело к получению урожайности зеленой массы 123,6 ц/га, а у люцерны 120,5ц/га, что на 1,9 ц/га и 4,5 ц/га больше чем в этом же варианте без применения микроудобрений. В вариантах опыта с P₆₀ +микроудобрения урожайность составила у эспарцета 126,0 ц/га и у люцерны 122,4 ц/га, что больше варианта P 40+ микроудобрений на 2,4 ц/га и 1,9 ц/га соответственно. По сравнению с контролем эти

варианты обеспечили прибавку урожайности у эспарцета песчаного 6,1 и 8,5 и у люцерны 6,5 и 8,4 ц/га соответственно.

Во второй год жизни (первый год использования) урожайность значительно выше и составляет в сумме за 2 укоса у эспарцета от 205,3 ц/га до 237,0 ц/га, а у люцерны – от 217,5 ц/га до 246,8 ц/га, что превысило урожайность эспарцета на 12,2–9,8 ц/га зеленой массы. Это связано с тем, что люцерна по сравнению с эспарцетом имеет более развитую надземную массу.

В первый год использования (второй год жизни) урожайность культур также имеет тенденцию на прибавку урожайности от применения наибольшей нормы фосфорных удобрений с микроудобрениями, в сумме за два укоса эспарцет обеспечил урожайность 237,0 ц/га, тогда как люцерна дает 246,8 ц/га, что выше контроля на 31,7 и 29,3 ц/га. Прибавка от применения микроудобрений составила в этом варианте у эспарцета 7,7 и люцерны 9,8 ц/га.

В сумме за два года наблюдений максимально полученная урожайность у эспарцета составила 363,0 ц/га а у люцерны 369,2 ц/га в варианте Р 60+ микроудобрений, по сравнению с вариантом с применением только Р60 прибавка составила 10,7 и у люцерны 14,3 ц/га, а по сравнению с контролем – 40,2 ц/га и 37,7 ц/га соответственно.

Таким образом, анализ урожайности бобовых трав в зависимости от фона минерального питания показывает, что эспарцет песчаный и люцерна изменчивая положительно отзываются на внесение фосфорных удобрений в сочетании с микроудобрениями Бор и Марганец

Заключение

Исходя из данных исследований можно сделать вывод, что бобовые травы положительно относятся к применению минеральных удобрений, особенно фосфорных с микроэлементами бором и марганцем. Эспарцет песчаный и люцерна изменчивая в зависимости от уровня минерального питания формируют в год посева от 114 до 126,5 ц/га зеленой массы, во второй год жизни растений – от 205,3 до 246,8 ц/га. Наибольшую урожайность на второй год жизни имела люцерна изменчивая с применением Р 60 + микроудобрения Бор и Марганец.

Полевая всхожесть бобовых трав находилась на уровне 75,2–85,7 %, выживаемость растений бобовых трав составила 94,7–98,9 %, а зимостойкость – 84,5–94,6 %. Наиболее высокая полевая всхожесть, выживаемость и зимостойкость отмечена в варианте люцерны изменчивая с применением Р₆₀ + микроудобрения Бор и Марганец.

Это подтверждает предыдущие исследования, проводимые различными зарубежными учеными, как на территории СНГ, так и за ее пределами, положения которых подтверждаются на территории Республики Беларусь в современных агроклиматических условиях и экономической обстановки в мире.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брикман, В. И. Интенсивное кормопроизводство в Восточной Сибири / В. И. Брикман, С. Г. Гренда, А. М. Емельянов. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 173 с.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Коломейченко, В. В. Растениеводство : учебник / В. В. Коломейченко. – Москва: Агробизнесцентр, 2007. – 597 с.
4. Матолинец, Н. Н. Приемы возделывания эспарцета песчаного на кормовые цели в среднем предуралье / Н. Н. Матолинец, В. А. Волошин; Пермский ФИЦ УрО РАН. – Пермь, 2020. – 181 с.
5. Методика полевых опытов с кормовыми культурами / Всесоюз. научно-исслед. ин-т кормов им. В. Р. Вильямса. – М., 1971. – 158 с.
6. Моисеев, В. П. Методические указания/Белорусская государственная сельскохозяйственная академия / В. П. Моисеев; сост. Н. П. Решецкий. – Горки, 2009. – 124 с.
7. Осипова, В. В. Научное обоснование возделывания люцерны (*Medicago L*) в адаптивном земледелии Республики Саха (Якутия) / В. В. Осипова, Г. В. Денисов; Якутская Государственная с.-х. академия. – Москва, 2018. – 394 с.
8. Павлюченко, А. У. Формирование адаптивных агроценозов многолетних бобовых трав: к 120-летию Воронежского НИИСХ / А. У. Павлюченко, Л. А. Пискарева, Т. А. Дьячкова, О. А. Абанина // Земледелие. – 2012. – № 4. – С. 12–13.
9. Писковацкий, Ю. М. Агротехника возделывания сортов люцерны селекции ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса на семенные и кормовые цели. (Рекомендации) / Ю. М. Писковацкий, В. М. Косолапов, В. Е. Михалев, Г. В. Степанова, Н. И. Переправо, Л. Ф. Соложенцева, М. Г. Ломова. – М.: ФГУ РЦСК, 2008. – 39 с.
10. Tamara Myslyva. Use of medium and high-resolution remote sensing data and markov chains for forecasting productivity of non-conventional fodder crops / Tamara Myslyva, Branislava Sheliuta, Vera Bushueva // Scientific Papers. Series a. Agronomy, Vol. Lxiv, no. 1, 2021 issn 2285–5785; issn cd-rom 2285-5793; issn online 2285-5807; issn-l 2285-5785.
11. Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-mineralnyh-udobreniy-na-urozhaynost-i-kachestvo-zelenoy-massy-lyutserny-1#:> – Дата доступа 9.06.2023.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ФОРМ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ

И. Р. ВИЛЬДФЛУШ, А. А. КУЛЕШОВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г.Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: anutik_758@mail.ru

(Поступила в редакцию 05.06.2023)

В данной статье представлены результаты исследований по применению новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и экономическую эффективность при возделывании яровой пшеницы и яровой тритикале. Результаты исследований показывают, что наиболее эффективным высококорентабельным приемом повышения урожайности при минимальных затратах является применение микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$. Наибольший чистый доход у яровой пшеницы и яровой тритикале был в вариантах с использованием микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного микроудобрения Нутривант плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, который составил 105,8, 99,3 и 30,9, 35,4 USD/га, рентабельность при этом была 49,3, 43,4 % и 16,3 и 18, % соответственно. Белорусское микроудобрение МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ было более экономически эффективным, чем использование для некорневых подкормок микроудобрения польского производства Адоб Медь. На яровой пшенице и яровой тритикале некорневая подкормка микроудобрением Адоб Медь повышала чистый доход по сравнению с фоном $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ до 57,7 и 2,9 USD/га, рентабельность – до 33,5 и 2,1 %, а МикроСтим-Медь Л – до 80,3 и 3,8 USD/га, 48,1 и 2,5 % соответственно. Микроудобрение МикроСтим-Медь Л может быть рекомендовано для импортозамещения.

Ключевые слова: экономическая эффективность, макроудобрения, микроудобрения, регуляторы роста, яровая пшеница, яровая тритикале.

This article presents the results of research into the influence of new forms of macro-, micro-fertilizers and growth regulators on productivity and economic efficiency of cultivation of spring wheat and spring triticale. The research results show that the most effective and highly profitable method of increasing yields at minimal cost is the use of MicroStim-Copper L micronutrient fertilizer and Nutrivant plus complex fertilizer against the background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$.

The highest net income in spring wheat and spring triticale was in the variants with the use of micro-fertilizer MicroStim-Copper L and complex micro-fertilizer Nutrivant plus against the background of increased doses of mineral fertilizers $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, which amounted to 105.8, 99.3 and 30.9, 35.4 USD/ha, while the profitability was 49.3, 43.4 % and 16.3 and 18.5 %, respectively.

The Belarusian micro-fertilizer MicroStim-Copper L against the background of $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ was more cost-effective than the use of Polish micro-fertilizer Adob Copper for foliar top dressing. On spring wheat and spring triticale, foliar fertilizing with micro-fertilizer Adob Copper increased net income compared to the background $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ to 57.7 and 2.9 USD/ha, profitability – up to 33.5 and 2.1 %, and MicroStim-Copper L – up to 80.3 and 3.8 USD/ha, 48.1 and 2.5 %, respectively. Micro-fertilizer MicroStim-Copper L can be recommended for import substitution.

Key words: economic efficiency, macro-fertilizers, micro-fertilizers, growth regulators, spring wheat, spring triticale.

Введение

Важнейшим направлением современного сельскохозяйственного производства является переход на экологически безопасные и экономически обоснованные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, способствующие повышению урожайности и качества продукции. Наряду с применением макроудобрений (азотных, фосфорных, калийных), большую роль играют микроудобрения (борные, молибденовые, медные, цинковые и др.) [1].

Применение микроудобрений не только повышает урожайность культур и улучшает качество сельскохозяйственной продукции, но также повышает устойчивость растений к вредителям и болезням, к неблагоприятным погодным условиям. Микроэлементы принимают участие во многих важнейших биологических и биохимических процессах развития растений, входят в состав ферментов, ростовых и других веществ. Они участвуют в процессах синтеза и передвижения углеводов, в белковом и жировом обмене веществ. [2, с. 188]. При недостатке в почвах доступных форм микроэлементов наблюдаются специфические заболевания культур, вследствие чего они дают низкий и неполноценный по качеству урожай [3, с. 549].

В настоящее время актуальное значение приобретает производство и применение комплексных удобрений, специализированных для различных сельскохозяйственных культур, содержащих макро- и микроэлементы в больших количествах. Применение комплексных удобрений более экономически оправдано, т.к. дает возможность более равномерно внести удобрения по площади поля, снизить уплотнение почвы и гарантировать внесение всех элементов в заданном соотношении. При этом уменьшаются затраты на хранение, транспортировку и внесение единицы питательных элементов и повышается окупаемость капиталовложений [4, с.18].

РУП «Институт почвоведения и агрохимии» занимается разработкой комплексных удобрений с 2006 года. Разработаны новые формы комплексных удобрений АФК под различные культуры со сбалансированным соотношением микроэлементов и нужным количеством азота, фосфора и калия. В лаборатории микроэлементов РУП «Институт почвоведения и агрохимии» также разработаны жидкие микроудобрения с биостимулятором МикроСтим под конкретные сельскохозяйственные культуры, которые в своем составе наряду с хелатами металлоэлементов содержат регулятор роста стимулирующего действия [5].

По данным исследований М. В. Рака, С. А. Титовой, Н. С. Ивановой и др., некорневая подкормка озимой пшеницы жидкими микроудобрениями МикроСтим-Медь и МикроСтим-Марганец в дозе 0,05 кг/га д.в. на дерново-подзолистой высокоокультуренной легкосуглинистой почве на фоне $N_{160(70+35+55)} + P_{30}K_{60}$ повышала урожайность зерна на 4,1–4,6 ц/га при условно чистом доходе 38,5–40,1 USD/га, рентабельности 102–136 % и уровне урожайности 72 ц/га. Отмечалась тенденция увеличения содержания в зерне белка и клейковины.

Экономическая эффективность удобрения сельскохозяйственных культур имеет важное значение, т. к. позволяет определить, окупает ли полученная прибавка урожая затраты на внесение удобрений, уборку и доработку дополнительной продукции в стоимостном эквиваленте. Основными показателями экономической эффективности являются прибыль (чистый доход) и рентабельность. Для определения прибыли предварительно рассчитывается стоимость прибавки урожая, полученного за счет удобрений, и затраты на получение прибавки урожая от удобрений [7, с. 11].

Цель исследований – изучить влияние комплексных удобрений для допосевного внесения и некорневых подкормок, микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста и комплексных микроудобрений с регуляторами роста на урожайность и экономическую эффективность при возделывании яровой пшеницы и яровой тритикале.

Основная часть

Полевые опыты со среднеспелыми сортами яровой пшеницы Бомбона и яровой тритикале Садко проводили в 2018–2020 гг. в УНЦ «Опытные поля УО БГСХА». Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. По годам исследований почва имела следующие агрохимические показатели: низкое и среднее содержание гумуса (1,5–1,6 %), слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (5,58–6,08), повышенное содержание подвижного фосфора (208,0–244,0 мг/кг), среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием (174,0–231,0 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижной меди (1,46–1,76 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижного цинка (2,75–3,43 мг/кг), высокое и избыточное содержание подвижного марганца (227,1–397,0 мг/кг).

Норма высева – 5,5 млн всхожих семян. Посев яровой пшеницы и яровой тритикале в 2018–2020 гг. производился в III декаде апреля и I декаде мая. Предшественники – горох и подсолнечник. В период вегетации проводились фенологические наблюдения за растениями, обработки гербицидами, фунгицидами и инсектицидами. Стандартные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) вносили до посева под культивацию. Новое комплексное удобрение (АФК) марки 16-12-20 с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn вносили до посева в дозе, эквивалентной по NPK варианту 3 ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$), где применяли карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. Микроудобрение Адоб Медь и комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л применяли в фазу начала выхода в трубку в дозе 0,8 л/га и 0,7 л/га соответственно. Комплексным удобрением Нутривант плюс, Кристалон и Адоб Профит проводили 2 подкормки в дозе 2 кг/га в фазу кущения и фазу начала выхода в трубку. Обработку посевов регулятором роста Экосил в дозе 75 мл/га проводили в фазу начала выхода в трубку. Некорневые подкормки комплексными и микроудобрениями проводили согласно инструкции по применению и отраслевому регламенту. Азотная подкормка яровой пшеницы проводилась в фазу начала выхода в трубку и фазу флагового листа. Уборку урожая проводили селекционным комбайном «Wintersteiger Delta», учет урожая осуществляли сплошным поделяночным методом. Статистическая обработка полученных данных проводилась по методикам Б. А. Доспехова и М. Ф. Дембицкого [7, с. 230; 8].

Экономическая эффективность применения удобрений рассчитывалась по методике Института почвоведения и агрохимии «Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений» [9], исходя из цен в 2020 г. Для определения чистого дохода предварительно рассчитывалась стоимость прибавки урожая, полученной за счет применения удобрений и регуляторов роста, также затраты на их приобретение, внесение и доработку полученной прибавки урожая.

Применение различных удобрений оказало положительное действие на продуктивность яровой пшеницы и было экономически выгодным. Все варианты опыта с применением удобрений на яровой пшенице сорта Бомбона обеспечивали получение чистого дохода и были рентабельны. При увеличении доз минеральных удобрений чистый доход увеличивался (табл. 1).

При внесении карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$ чистый доход составил 4,3 USD/га, при рентабельности 3,7 %. При дополнительном внесении азотной подкормки N_{30} чистый доход увеличился до 28,7 USD/га, а рентабельность до 19,6 % соответственно.

Некорневая подкормка микроудобрениями Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л повышала чистый доход по сравнению с фоном $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ на 29,0 и 51,6 USD/га, а рентабельность – на 13,9 и 28,5 %. При обработке посевов комплексными удобрениями Нутривант плюс, Кристалон, Адоб Профит на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ чистый доход увеличился на 41,7, 28,6 и 37,7 USD/га, а рентабельность – на 17,4, 13,6 и 18,0 %.

При применении регулятора роста Экосил по сравнению с фоновым вариантом $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ чистый доход возрос на 19,2 USD/га, а рентабельность – на 8,1 %.

Наибольший чистый доход у яровой пшеницы был в вариантах с использованием микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного микроудобрения Нутривант плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, который составил 105,8 и 99,3 USD/га, рентабельность при этом была 49,3 и 43,4 % соответственно.

По экономической эффективности применение нового комплексного удобрения для основного внесения АФК с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn значительно превосходило у яровой пшеницы применение стандартных удобрений (карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия), внесенных в эквивалентных дозах ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$). Чистый доход в этих вариантах опыта составил 67,2 и 28,7 USD/га, а рентабельность 31,7 и 19,6 % соответственно. Применение белорусского микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ было более эффективным, чем использование для некорневых подкормок микроудобрения польского производства Адоб Медь. Поэтому микроудобрение МикроСтим-Медь Л можно рекомендовать для импортозамещения при выращивании яровой пшеницы.

Таблица 1. Экономическая эффективность применения новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании яровой пшеницы в среднем за 2018–2020 гг.

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, USD/га	Себестоимость 1 ц продукции, USD/ц	Всего затрат, USD/га	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
1. Контроль (без удобрений)	43,9	–	–	–	–	–	–
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	53,5	9,6	119,2	12,0	114,9	4,3	3,7
3. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – фон 1	58,0	14,1	175,1	10,4	146,4	28,7	19,6
4. Фон 1 +Адоб Медь	62,4	18,5	229,8	9,3	172,1	57,7	33,5
5. Фон 1 +МикроСтим -Медь Л	63,8	19,9	247,1	8,4	166,8	80,3	48,1
6. Фон 1 + Нутривант плюс	64,9	21,0	260,8	9,1	190,4	70,4	37,0
7. Фон 1 + Кристалон	62,4	18,5	229,8	9,3	172,5	57,3	33,2
8. Фон 1 +Адоб Профит	63,3	19,4	240,9	9,0	175,1	65,8	37,6
9. Фон 1 + Экосил	61,7	17,8	221,1	9,7	173,2	47,9	27,7
10. АФК с Cu, Mn + N_{30} (эквивалентный по NPK варианту 3)	66,4	22,5	279,4	9,4	212,2	67,2	31,7
11. $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – фон 2	62,2	18,3	227,3	10,0	182,4	44,9	24,6
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	69,7	25,8	320,4	8,3	214,6	105,8	49,3
13. Фон 2 + Нутривант плюс	70,3	26,4	327,9	8,7	228,6	99,3	43,4
НСР ₀₅	1,1	–	–	–	–	–	–

У яровой тритикале сорта Садко применение минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{90}$, $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ и регулятора роста Экосил на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ было экономически невыгодным, т.к. затраты на приобретение, внесение, транспортировку удобрений и затраты, связанные с уборкой продукции превосходили стоимость полученной прибавки зерна (табл. 2.).

Таблица 2. Экономическая эффективность применения новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании яровой тритикале в среднем за 2018–2020 гг.

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, USD/га	Себестоимость 1 ц продукции, USD/ц	Всего затрат, USD/га	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
1. Контроль (без удобрений)	33,8	–	–	–	–	–	–
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	39,4	5,6	69,5	17,1	96,0	–	–
3. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – фон 1	41,6	7,8	96,9	16,0	125,1	–	–
4. Фон 1 +Адоб Медь	45,2	11,4	141,6	12,2	138,7	2,9	2,1
5. Фон 1 +МикроСтим -Медь Л	46,4	12,6	156,5	12,1	152,7	3,8	2,5
6. Фон 1 + Нутривант плюс	47,2	13,4	166,4	11,6	155,3	11,1	7,2
7. Фон 1 + Кристалон	45,8	12,0	149,0	12,2	146,7	2,3	1,6
8. Фон 1 +Адоб Профит	46,3	12,5	155,2	12,2	152,3	2,9	1,9
9. Фон 1 + Экосил	44,8	11,0	136,6	13,4	147,4	–	–
10. АФК с Cu, Mn + N_{30} (эквивалентный по NPK варианту 3)	48,8	15,0	186,3	12,3	184,1	2,2	1,2
11. $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – фон 2	46,1	12,3	152,8	13,2	162,6	–	–
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	51,6	17,8	221,1	10,7	190,2	30,9	16,3
13. Фон 2 + Нутривант плюс	52,1	18,3	227,3	10,5	191,9	35,4	18,5
НСР ₀₅	1,0	–	–	–	–	–	–

Применение микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ у яровой тритикале обеспечивало более высокий чистый доход и рентабельность (3,8 USD/га и 2,5 %), чем использование для некорневых подкормок микроудобрения Адоб Медь на том же фоне – 2,9 USD/га и 2,1 %. При обработке посевов комплексными удобрениями Нутривант плюс, Кристалон, Адоб Профит на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ чистый доход составил 11,1, 2,3, 2,9 USD/га, а рентабельность – 7,2, 1,6, 1,9 %.

Наибольший чистый доход у яровой тритикале был в вариантах с использованием микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного микроудобрения Нутривант плюс на фоне максимальных доз

минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, который составил 30,9 и 35,4 USD/га, рентабельность в этих вариантах была 16,3 и 18,5 % соответственно.

Применение нового комплексного удобрения для основного внесения АФК с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn у яровой тритикале, также, как и у яровой пшеницы, превосходило применение карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия, внесенных в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию. В этом варианте чистый доход составил 2,2 USD/га, а рентабельность 1,2 % соответственно

Заключение

1. Результаты исследований макро-, микроудобрений и регуляторов роста на яровой пшенице сорта Бомбона и яровой тритикале сорта Садко показывают, что наиболее эффективным высокорентабельным приемом повышения урожайности при минимальных затратах является применение микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$.

Наибольший чистый доход у яровой пшеницы и яровой тритикале был в вариантах с использованием микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного микроудобрения Нутривант плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, который составил 105,8, 99,3 и 30,9, 35,4 USD/га, рентабельность при этом была 49,3, 43,4 % и 16,3 и 18,5 % соответственно.

2. Белорусское микроудобрение МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ было более экономически эффективным, чем использование для некорневых подкормок микроудобрения польского производства Адоб Медь. На яровой пшенице и яровой тритикале некорневая подкормка микроудобрением Адоб Медь повышала чистый доход по сравнению с фоном $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ до 57,7 и 2,9 USD/га, рентабельность – до 33,5 и 2,1 %, а МикроСтим-Медь Л – до 80,3 и 3,8 USD/га, 48,1 и 2,5 % соответственно.

В связи с этим микроудобрение МикроСтим-Медь Л может быть рекомендовано для импортозамещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазарев, В. И. Агроэкологическое обоснование применения микроэлементных удобрений при возделывании яровой пшеницы / В. И. Лазарев, Ж. Н. Минченко, А. Я. Башкатов // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 3. – С. 154–160.

2. Вильдфлуш, И. Р. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии : учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш, В. В. Лапа, О. И. Мишура; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2019. – 405 с.

3. Шеуджен, А. Х. Агрохимия: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров / Под ред. А. Х. Шеуджена. – 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – 1075 с.

4. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш, С. П. Кукреш, В. А. Ионас [и др.]. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: Ураджай, 2001. – 488 с.

5. Изучение почв и новые виды удобрений. Ученый рассказ о перспективах белорусской агрохимии. – Режим доступа: <https://www.belta.by/society/view/izuchenie-pochv-i-novye-vidy-udobrenij-uchenyj-rasskazala-o-perspektivah-belorusskoj-agrohimii-569031-2023>. – Дата доступа: 12.06.2023.

6. Агрономическая и экономическая эффективность микроудобрений при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой высококультурной легкосуглинистой почве / М. В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 2. – С. 125–135.

7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

8. Дзямбіцкі, М. Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматфактарага палявога доследу / М. Ф. Дзямбіцкі // Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 3 – С. 60–64.

9. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] / РУП Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

ОЦЕНКА ГИБРИДОВ ЛЮПИНА ЖЕЛТОГО ПО СТЕПЕНИ ДОМИНИРОВАНИЯ, ПРОЯВЛЕНИЮ ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА И ТРАНСГРЕССИВНОСТИ

Д. В. ГАТАЛЬСКАЯ, Е. В. РАВКОВ

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: dashahatalskaya95@gmail.com*

(Поступила в редакцию 05.06.2023)

Рациональным подходом в решении проблемы дефицита растительного белка в республике является увеличение посевных площадей бобовых трав и зернобобовых культур. Современное животноводство широко использует белковые добавки с содержанием протеина не менее 35 % для производства комбикормов. Одной из таких культур является люпин желтый, который является самым высокобелковым из возделываемых видов люпина. Однако в реестр сортов нашей страны внесено всего три сорта этой высокобелковой культуры, поэтому создание новых высокопродуктивных сортов, отвечающих требованиям производства, является актуальным. В результате проведенных реципрокных скрещиваний были получены гибриды желтого люпина по 17 комбинациям. Полученные гибридные растения отличались от родительских форм продолжительностью вегетационного периода, имели симподиальный и эпигональный тип ветвления, зеленую и антоциановую окраску вегетативных органов, различную окраску венчика и кончика лодочки цветка, а также имели различную окраску семян. В F₁ эффект гетерозиса по количеству бобов и семян на растении наблюдался у 15 комбинаций, по продуктивности 1-го растения у 16 комбинаций. В F₂ положительные трансгрессии по количеству бобов на растении отмечены по 11 комбинациям скрещиваний, по количеству семян на растении у 9 комбинаций, по признаку продуктивность одного растения у 6 комбинаций. В F₃ положительные трансгрессии были получены у 5 комбинаций скрещивания БГСХА 100 × Владко, БГСХА 100 × БГСХА 82, БГСХА 82 × БГСХА 100, БГСХА 100 × БГСХА 112, БГСХА 82 × №1121. Таким образом, полученный исходный материал будет использован в дальнейшей селекционной работе с целью создания новых сортов желтого люпина различного направления использования.

Ключевые слова: люпин жёлтый, эффект гетерозиса, трансгрессии.

A rational approach to solving the problem of vegetable protein deficiency in the republic is to increase the sown areas of legumes and leguminous crops. Modern animal husbandry widely uses protein supplements with a protein content of at least 35 % for the production of animal feed. One such crop is yellow lupine, which has the highest protein content of cultivated lupine species. However, only three varieties of this high-protein crop are included in the register of varieties of our country, so the creation of new highly productive varieties that meet the requirements of production is relevant. As a result of reciprocal crossings, yellow lupine hybrids were obtained in 17 combinations. The resulting hybrid plants differed from the parental forms in the length of the growing season, had sympodial and epigonal branching, green and anthocyanin coloration of the vegetative organs, different colors of the corolla and tip of the flower boat, and also had different seed colors. In F₁, the effect of heterosis in terms of the number of pods and seeds per plant was observed in 15 combinations, in terms of the productivity of the 1st plant – in 16 combinations. In F₂, positive transgressions in terms of the number of pods per plant were noted in 11 combinations of crosses, in terms of the number of seeds per plant in 9 combinations, and in terms of the productivity of one plant – in 6 combinations. In F₃, positive transgressions were obtained in 5 crossing combinations BGSXA 100 × Vladko, BGSXA 100 × BGSXA 82, BGSXA 82 × BGSXA 100, BGSXA 100 × BGSXA 112, BGSXA 82 × No. 1121. Thus, the obtained source material will be used in further breeding work in order to create new varieties of yellow lupine for various purposes.

Key words: yellow lupine, effect of heterosis, transgression.

Введение

В современном мире актуальным направлением является обогащение белком продуктов питания и кормов для животных, для этого используется нетрадиционное растительное сырье, богатое белком с высокой биологической ценностью. В качестве такого сырья может выступать люпин желтый, являющийся одним из мощных резервов в решении проблемы легкоусвояемого белка для производства как животноводческой продукции, так и для использования в пищевой промышленности [1]. Люпин желтый является одним из наиболее ценных возделываемых однолетних видов люпина, который обладает наибольшей адаптацией к песчаным почвам, на которых формирует более высокие урожаи по сравнению с другими видами. Наиболее перспективно использование люпина желтого для получения зерна и зеленой массы. Семена желтого люпина содержат самый высокий процент белка среди зернобобовых культур [2, 3]. Создание сортов желтого люпина собственной селекции, адаптированных к условиям нашей республики, является хорошей альтернативой сои и соевых шротов, что является экономически выгодным при производстве животноводческой продукции и повышения ее конкурентноспособности на мировом рынке. Новые сорта желтого люпина должны сочетать в себе такие признаки, как скороспелость, продуктивность и устойчивость к болезням. Совмещение положительных признаков в одном генотипе возможно при использовании гибридизации, с помощью которой можно получить разнообразный селекционный материал и отобрать константные формы, характеризующиеся комплексом ценных признаков. Эффективность гибридизации в значительной степени определяется правильным подбором пар для скрещиваний. Повышение урожайности возможно за счет получения трансгрессивных форм, для чего необходимо знать ценность

полученных комбинаций скрещиваний. Для этих целей целесообразно изучать явления трансгрессии во втором и последующих поколениях гибридов по хозяйственно полезным признакам, которые выражены сильнее, чем у родительских форм [6].

Целью наших исследований являлась оценка гибридных растений желтого люпина первого, второго и третьего поколения, которые были получены в результате реципрокных скрещиваний.

Основная часть

В наших исследованиях представлены результаты оценки гибридов люпина желтого, полученные на кафедре селекции и генетики в результате внутривидовой гибридизации.

В 2019 году была проведена гибридизация по схеме, включающей прямые и обратные скрещивания, между отобранными родительскими формами, отличающимися по морфологическим и хозяйственно полезным признакам. Стоит отметить, что в результате сильного поражения антракнозом из 30 комбинаций, по которым проводилось скрещивание, к уборке сохранились только 17 комбинаций. Убранные комбинации высевались в 2020 г. в питомнике гибридов F₁. Размеры делянки зависели от количества полученных семян, рядом с каждой комбинацией высевались родительские формы и сорт контроль. В процессе вегетации данные комбинации оценивались по элементам структуры урожайности, по которым в дальнейшем определяли проявление эффекта гипотетического, истинного и конкурсного гетерозиса в сравнении с родительскими формами и сортом-контролем [4], а также степени доминирования по формуле, разработанной Veil и Atkins [5]. По признаку количество бобов на растении гипотетический гетерозис варьировал от -3,9 до 144,3 %, истинный – от -14,2 до 175,6 %, конкурсный – от -12,4 до 100 % (табл. 1).

Таблица 1. Проявление гетерозиса и коэффициент доминирования у гибридов F₁ люпина желтого в 2020 г.

Комбинация скрещивания	Признак, по которому определяли гетерозис											
	количество бобов на растении, шт				количество семян на растении, шт				масса семян с 1-го растения, г			
	Гипотетический гетерозис, %	Истинный гетерозис, %	Конкурсный гетерозис, %	Коэффициент доминирования	Гипотетический гетерозис, %	Истинный гетерозис, %	Конкурсный гетерозис, %	Коэффициент доминирования	Гипотетический гетерозис, %	Истинный гетерозис, %	Конкурсный гетерозис, %	Коэффициент доминирования
БГСХА 82 × №1121	1124	87,8	36,3	8,6	117,3	164,2	28,3	6,6	124,2	184,6	23,3	5,9
БГСХА 82 × №1118	200	20,7	-12,4	33,0	11,8	12,9	-23,1	11,3	-12,9	-17,8	-38,3	-2,2
БГСХА 82 × БГСХА 100	343	62,2	17,7	2,0	39,2	17,1	19,3	2,1	50,0	21,9	30,0	2,2
БГСХА 82 × ЛЖ-СП-18-КД-58	494	54,9	12,4	14,0	60,2	53,0	16,9	12,7	67,1	57,8	18,3	11,4
БГСХА 82 × ЛЖ-СП-18-61	1443	175,6	100,0	12,7	214,6	228,7	109,8	50,1	204,9	197,6	108,3	84,0
БГСХА 82 × БГСХА 99	198	47,6	7,1	1,1	17,7	-2,3	2,9	0,9	31,3	10,2	8,3	1,6
БГСХА 100 × Владко	-39	-5,2	-2,7	-3,0	3,3	4,3	4,3	3,5	17,7	21,7	21,7	5,5
БГСХА 100 × БГСХА 98	27,7	23,3	26,5	7,8	43,6	54,9	36,4	6,0	49,1	78,3	36,7	3,0
БГСХА 97 × ЛЖ-СП-18-КД-58	51,7	20,9	58,4	2,0	75,5	139,3	82,9	2,8	94,3	155,0	70,0	4,0
БГСХА 97 × 1094	40,7	12,2	46,9	1,6	55,0	155,6	46,7	1,4	108,2	215,6	68,3	3,2
БГСХА 100 × БГСХА 112	111,2	79,3	84,1	6,3	142,7	204,2	105,7	7,1	175,8	322,6	118,3	5,1
БГСХА 100 × БГСХА 82	47,5	25,9	29,2	2,8	67,2	106,2	43,3	3,6	94,2	152,5	68,3	4,1
Владко × БГСХА 100	84,8	56,9	61,1	4,8	108,7	161,6	76,9	5,4	137,9	264,5	88,3	4,0
БГСХА 97 × Владко	-2,7	-14,2	12,4	-0,2	-1,0	14,8	14,8	-0,1	31,2	36,7	36,7	7,8
БГСХА 97 × №БГСХА 100	31,1	16,9	53,1	2,6	30,3	49,5	52,4	2,4	48,8	50,0	60,0	63,0
Еврантус × БГСХА 107	3,8	0,9	-2,7	1,3	16,4	16,7	16,7	69,0	86,9	88,7	66,7	93,0
Еврантус × №1122	74,2	42,2	37,2	3,3	92,4	193,2	43,8	2,7	122,7	188,2	63,3	5,4

Депрессия наблюдалась у комбинаций БГСХА 100 × Владко (-3,0) и БГСХА 97 × БГСХА 100 (-0,2). Положительный истинный гетерозис наблюдался у 15 комбинаций, максимальное значение которого отмечено у БГСХА 82 × БГСХА 100 (62,2 %), БГСХА 100 × БГСХА 112 (79,3 %), БГСХА 82 × № 1121 (87,8 %), БГСХА 82 × ЛЖ-СП-18-61 (175,6 %). В обратных комбинациях скрещиваний семена удалось получить только у комбинации БГСХА 100 × БГСХА 82. У реципрокных гибридов с использованием сочетания сортов для скрещивания БГСХА 100 × БГСХА 82 по признаку количество бобов на растении истинный гетерозис составил 25,9 %. Неполное доминирование при установлении истинного гетерозиса наблюдалось у комбинации Еврантус × БГСХА 107. В сравнении с сортом-контролем депрессия наблюдалась у двух комбинаций Еврантус × БГСХА 107 и БГСХА 82 × №1118. Гетерозис более 20 % наблюдался у 8 комбинаций скрещиваний.

По количеству семян на одном растении при подсчете гипотетического гетерозиса депрессия наблюдалась у комбинации БГСХА 97 × Владко, истинного – у БГСХА 82 × БГСХА 99, конкурсного – БГСХА 82 × №1118. У всех остальных комбинаций по этому показателю наблюдалось сверхдоминирование.

Депрессия по массе семян с 1-го растения наблюдалась только у одной комбинации БГСХА 82 × №1118, у остальных комбинаций наблюдалось сверхдоминирование. У реципрокных гибридов с

использованием сочетания сортов для скрещивания БГСХА 82 × БГСХА 100 по признаку количество бобов на растении истинный гетерозис составил 62,2 %, по признаку количество семян на растении 17,1 %, по продуктивности одного растения – 21,9 %.

В обратном скрещивании БГСХА 100 × БГСХА 82 эффект гетерозиса по количеству бобов на растении составил 25,9 %, семян – 106,2 %, а по продуктивности семян был значительно выше и составил 152,5 %. В обратной комбинации истинный гетерозис был выше по количеству семян и массе семян с одного растения, чем в прямом скрещивании. Вместе с тем в обоих парах по всем трём признакам наблюдалось сверхдоминирование. Наиболее высокий истинный гетерозис и сверхдоминирование по трём изучаемым признакам отмечен у гибридов при прямом скрещивании БГСХА 100 × БГСХА 112, Владко × БГСХА 100, БГСХА 82 × ЛЖ-СП-18-61, БГСХА 82 × №1121, а также при обратном скрещивании БГСХА 100 × БГСХА 82. В 2021 году было высеяно 17 гибридных комбинаций второго поколения, которое было проанализировано по наличию хозяйственно ценных признаков (табл. 2).

Таблица 2. Степень проявления трансгрессий у гибридов F₂ и F₃ люпина желтого в 2021 и 2022 гг.

Комбинация скрещивания	F ₂			F ₃		
	Степень трансгрессии, %					
	количество бобов на растении, шт	количество семян на растении, шт	масса семян с 1-го растения, г	количество бобов на растении, шт	количество семян на растении, шт	масса семян с 1-го растения, г
БГСХА 82 × №1121	5,0	16,5	23,2	1,9	9,9	9,0
БГСХА 82 × №1118	-22,2	-7,9	2,9	-10,9	-19,4	-6,2
БГСХА 82 × БГСХА 100	30,8	21,4	4,6	5,6	2,5	1,6
БГСХА 82 × ЛЖ-СП-18-КД58	-11,5	-18,3	-22,2	-36,9	-44,5	-45,1
БГСХА 82 × ЛЖ-СП-18-61	-10,2	-19,4	-35,0	-8,1	-5,0	-9,5
БГСХА 82 × БГСХА 99	-17,4	-28,2	-32,9	-23,1	-31,2	-26,0
БГСХА 100 × Владко	25,0	7,4	2,4	10,4	7,3	5,4
БГСХА 100 × БГСХА 98	15,4	7,4	-1,8	-20,8	-22,8	-19,4
БГСХА 97 × ЛЖ-СП-18-КД-58	-8,8	-24,4	-18,8	-44,1	-48,2	-47,5
БГСХА 97 × №1094	-10,1	-13,4	-13,7	-28,6	-48,8	-40,5
БГСХА 100 × БГСХА 112	3,8	25,6	30,8	4,5	20,1	22,4
БГСХА 100 × БГСХА 82	26,9	22,2	17,7	8,3	9,4	12,7
Владко × БГСХА 100	56,7	16,8	-4,2	-59,0	-48,3	-49,8
БГСХА 97 × Владко	17,0	6,5	-20,5	-34,6	-32,8	-29,3
БГСХА 97 × №БГСХА 100	25,0	19,5	-2,9	-45,1	-50,7	-53,3
Еврантус × БГСХА 107	18,3	-16,4	-19,2	-56,2	-63,1	-59,8
Еврантус × №1122	14,4	-12,3	-20,9	-8,3	-3,0	-7,8

По количеству бобов на растении положительная степень трансгрессии была отмечена по 11 комбинациям скрещиваний, а максимальное значение было у комбинаций Владко × БГСХА 100 (56,7 %) и БГСХА 82 × БГСХА 100 (30,8 %). У 5 комбинаций составляла от 25,0 до 56,7 %, а по остальным варьировала от 3,8 до 18,3 %. По количеству семян на растении положительная степень трансгрессии наблюдается у 9 комбинаций, максимальное значение по этому показателю было у гибридных комбинаций БГСХА 100 × БГСХА 112 (25,6 %), БГСХА 100 × БГСХА 82 (22,2 %) и у обратной комбинации скрещивания БГСХА 82 × БГСХА 100 (21,4 %), а по остальным 6 комбинациям составила от 6,5 до 19,5 %. По признаку продуктивность одного растения у 6 комбинаций наблюдается положительная степень трансгрессии. Максимальное значение по данному показателю было у гибридных комбинаций БГСХА 100 × БГСХА 112 (30,8 %) и БГСХА 82 × №1121 (23,2 %). По остальным комбинациям она варьировала от 2,4 до 17,7 %.

В 2022 г. оценивались гибридные растения желтого люпина третьего поколения, полученные от реципрокных скрещиваний. Анализируя полученные данные, следует отметить, что положительная степень трансгрессии сохраняется далеко не во всех гибридных комбинациях и не по всем признакам. По количеству бобов получена положительная степень трансгрессии при скрещивании БГСХА 100 × Владко (10,4 %), БГСХА 100 × БГСХА 82 (8,3 %), БГСХА 82 × БГСХА 100 (5,6 %), БГСХА 100 × БГСХА 112 (4,5 %), БГСХА 82 × №1121 (1,9 %). По количеству семян отмечена максимальная степень трансгрессии в прямых скрещиваниях БГСХА 100 × БГСХА 112 (20,1 %), БГСХА 82 × №1121 (9,9 %), БГСХА 100 × Владко (7,3 %), БГСХА 82 × БГСХА 100 (2,5%), и при обратных БГСХА 100 × БГСХА 82 (9,4 %). По продуктивности одного растения положительная трансгрессия наблюдалась в 5 комбинациях. Получена максимальная степень трансгрессии при прямом скрещивании БГСХА 100 × БГСХА 112 (22,4 %), а по остальным варьировала в пределах от 1,6 до 12,7 %. В полученных трансгрессивных комбинациях отбирались лучшие растения по признакам количество бобов, семян, продуктивность одного растения, с учетом их устойчивости к антракнозу и длины вегетационного периода.

Неперспективные комбинации выбраковывались. В процессе работы выделены перспективные комбинации с положительной трансгрессией и отобраны лучшие гибридные растения, которые превосходят родительские формы по продуктивности и обладают другими положительными признаками (продолжительность вегетационного периода, тип ветвления, окраска цветка и бобов).

Заключение

В результате проведенных исследований были получены 17 комбинаций гибридов желтого люпина с использованием рецiproкных скрещиваний. Полученные гибридные растения отличались от родительских форм продолжительностью вегетационного периода, имели симподиальный и эпигональный тип ветвления, зеленую и антоциановую окраску вегетативных органов, различную окраску венчика и кончика лодочки цветка, и различную окраску семян. В F_1 эффект гетерозиса по количеству бобов и семян на растении наблюдался у 15 комбинаций, по продуктивности 1-го растения у 16 комбинаций. В F_2 положительные трансгрессии по количеству бобов на растении отмечены по 11 комбинациям скрещиваний, по количеству семян на растении у 9 комбинаций, по признаку продуктивность одного растения у 6 комбинаций. В F_3 положительные трансгрессии были получены у 5 комбинаций скрещивания БГСХА 100 × Владко, БГСХА 100 × БГСХА 82, БГСХА 82 × БГСХА 100, БГСХА 100 × БГСХА 112, БГСХА 82 × №1121. Таким образом, полученный материал будет использован в дальнейшей селекционной работе с целью создания новых сортов желтого люпина различного направления использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гапонов, Н. В. Люпин – Наилучшая бобовая культура для создания высокопротеиновых концентратов / Н. В. Гапонов // Комбикорма. – 2019. – №6. – С. 40–42.
2. Гатальская, Д. В. Результаты рекуррентного отбора на образцах желтого люпина в условиях северо-востока Беларуси / Д. В. Гатальская, Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков // Вестник БГСХА. – 2022. – №3 – С. 60–64.
3. Гатальская, Д. В. Селекция желтого люпина на семенную продуктивность и резистентность к антракнозу / Д. В. Гатальская, Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2020. – № 3. – С. 117–121.
4. Абрамова, З. В. Генетика. Программированное обучение / З. В. Абрамова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 287 с.
5. Beil, G. M. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum / G. M. Beil, R. E. Atkins // Iowa State J. of Science. – 1965. – Vol. 39, №3. – P. 52.
6. Малышкина, Ю. С. Определение степени доминирования эффекта гетерозиса и трансгрессии в питомнике гибридов люпина белого в условиях северо-востока Беларуси / Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков, Лукашевич М. И // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2021. – № 1. – С. 103–108.

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ХЛОРОФИЛЛОВ В ЛИСТЬЯХ ВИНОГРАДА СОРТА ПОБЕДА В ПРОЦЕССЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *IN VITRO*

Х. И. БОБОДЖАНОВА, Ш. К. ЯСАУЛОВА

Центр биотехнологии Таджикского национального университета,
г. Душанбе, Республика Таджикистан, 734025, e-mail: bobojankh_7@bk.ru

Н. А. МАНИЯЗОВА

Институт ботаники, физиологии и генетики растений Национальной академии наук Таджикистана,
г. Душанбе, Республика Таджикистан, 734063, e-mail: maniyazova58@mail.ru

Н. В. КУХАРЧИК

РУП «Институт плодоводства»,
аг. Самохваловичи, Республика Беларусь, 223013, e-mail: nkykhartchik@gmail.com

(Поступила в редакцию 05.06.2023)

В данной статье представлены результаты исследований по оценке содержания пигментов в листьях винограда сорта Победа. Изучено содержание хлорофиллов a , b и каротиноидов в листьях винограда сорта Победа на разных этапах культивирования – *in vitro*, *in vivo*, *ex vitro*. Показано, что содержание хлорофилла a не отличается на этапах введения в культуру и микроразмножения *in vitro*. В то время как содержание хлорофилла b значительно ниже на этапе микроразмножения по сравнению с введением *in vitro*. Соответственно отличается и соотношение $Chl\ a/Chl\ b$, которое значительно выше на этапе микроразмножения по сравнению с введением *in vitro*. В период адаптации *ex vitro* в листьях растений винограда сорта Победа наблюдается снижение содержания хлорофилла a , хлорофилла b и суммы хлорофиллов $a+b$, а также каротиноидов по сравнению с этапом ризогенеза. Установлено, что в сравнении с начальным этапом развития, на этапе адаптации *ex vitro* содержание зеленых пигментов заметно увеличивается. Это происходит как за счет хлорофилла a , так и хлорофилла b . Анализ отношения $Chl(a+b)/каротиноиды$, характеризующий работу фотосинтетического аппарата, показал, что на этапе адаптации *ex vitro* это соотношение имело высокое значение – 7,1, а минимальное на этапе микроразмножения *in vitro* – 3,8. В период ризогенеза *in vitro* и адаптации *in vivo* отношение $Chl(a+b)/каротиноиды$ имело одинаковое значение.

Результаты показали, что содержание хлорофиллов a и b в листьях растений винограда сорта Победа минимальное на этапе микроразмножения, а наибольшее значение содержания зеленых пигментов – на этапе ризогенеза. При адаптации *ex vitro* содержание хлорофиллов заметно увеличивается, по сравнению с начальными этапами развития.

Ключевые слова: виноград, *in vitro*, *ex vitro*, *in vivo*, хлорофилл a , хлорофилл b , каротиноиды.

This article presents the results of studies on the evaluation of the content of pigments in the leaves of the Pobeda grape variety. The content of chlorophylls a , b and carotenoids in the leaves of the Pobeda grape variety was studied at different stages of cultivation – *in vitro*, *in vivo*, *ex vitro*. It has been shown that the content of chlorophyll a does not differ at the stages of introduction into culture and micropropagation *in vitro*. While the content of chlorophyll b is significantly lower at the stage of micropropagation compared to *in vitro* administration. Correspondingly, the $Chl\ a/Chl\ b$ ratio also differs, which is significantly higher at the stage of micropropagation compared to *in vitro* administration. During the period of *ex vitro* adaptation in the leaves of Pobeda grape plants, a decrease in the content of chlorophyll a , chlorophyll b and the amount of chlorophylls $a + b$, as well as carotenoids is observed compared to the stage of rhizogenesis. It has been established that, in comparison with the initial stage of development, at the stage of *ex vitro* adaptation, the content of green pigments increases markedly. This is due to both chlorophyll a and chlorophyll b . Analysis of the $Chl(a+b)/carotenoids$ ratio, which characterizes the operation of the photosynthetic apparatus, showed that at the stage of *ex vitro* adaptation this ratio had a high value of 7.1, and the minimum at the stage of *in vitro* micropropagation was 3.8. During *in vitro* rhizogenesis and *in vivo* adaptation, the $Chl(a+b)/carotenoids$ ratio had the same value.

The results showed that the content of chlorophylls a and b in the leaves of Pobeda grape plants is minimal at the stage of micropropagation, and the highest value of the content of green pigments is at the stage of rhizogenesis. With *ex vitro* adaptation, the content of chlorophylls increases markedly, compared with the initial stages of development.

Key words: grapes, *in vitro*, *ex vitro*, *in vivo*, chlorophyll a , chlorophyll b , carotenoids.

Введение

В процессе фотосинтеза хлорофиллу принадлежит ведущая роль. Он может поглощать солнечную энергию, запастись ее или передавать другим молекулам. Наиболее распространенный хлорофилл a (найден у всех зеленых растений и цианобактерий) имеет голубовато-зеленый цвет. Хлорофилл b – желтовато-зеленый. В состав хлоропластов входят желтые пигменты – каротиноиды. Хлорофилл использует энергию красной части спектра, каротиноиды – синей. Кроме того, каротиноиды могут защищать молекулы хлорофилла от чрезмерного фотоокисления на ярком свете [1]. Содержание пигментов специфично для листьев каждого вида и сорта растений и существенно изменяется в зависимости от освещенности, минерального питания, возраста листьев и других внешних и внутренних условий [2].

Пигментные системы являются первичными акцепторами световой энергии и участвуют в важнейших стадиях фотосинтеза. Они ответственны за поглощение энергии света в фотофизической стадии,

осуществляют процесс преобразования энергии в фотохимических реакциях и являются важнейшими компонентами электрон-транспортной цепи фотосинтеза [3].

Уровень сбалансированности условий среды, фотосинтетической активности и продуктивности растений в природе таков, что, как правило, растения не полностью используют потенциалы их жизненной физиологической и экологической активности. И в этом есть глубокий биологический смысл: условия среды их обитания изменчивы и непостоянны, и растения, сохраняя резервы потенциалов продуктивности на среднем уровне, могут эффективно использовать их в адаптивных процессах [3].

Пигменты, принимая активное участие в обмене веществ, непосредственно связаны с осуществлением окислительно-восстановительных процессов, имеющих большое значение в жизнедеятельности растения [4]. Поэтому динамика изменения содержания пигментов у различных сортов винограда занимает одно из важнейших мест среди основных физиологических показателей.

На основании наблюдений за окраской растительных органов можно сделать вывод о значительных изменениях содержания пигментов в онтогенезе растений: количество хлорофиллов и каротиноидов постепенно увеличивается до цветения и уменьшается к концу вегетации.

Ф. В. Турчиным и другими исследователями показано, что в живых листьях происходит обновление хлорофилла. Скорость этого процесса может быть различной [5]. В большей мере она зависит от особенностей растения. Значительное влияние на нее оказывают внешние условия и физиологическое состояние растения. В онтогенезе наблюдается постепенное замедление процесса обновления хлорофилла, на который влияют условия освещения, температура и минеральное питание.

Отношение $Xл\ a/Xл\ b$ связано с активностью «главного» хлорофилла a . Чем оно больше, тем интенсивнее фотосинтез. В норме этот показатель составляет 2.2–3.0. Отношение $Xл(a+b)/каротиноиды$ играет не менее важную роль при характеристике работы фотосинтетического аппарата. Это соотношение в норме стабильно и очень реагирует на изменение условий выращивания [6].

С. Ю. Тищенко и Р. А. Карначуком установлено, что условия размножения оказывают влияние на содержание фотосинтетических пигментов. Растения соответствующих сортов, полученные *in vitro*, образовали хлорофиллов a и b больше, чем растения, полученные традиционным способом. При переходе от традиционного размножения к микроклональному было обнаружено изменение отношения хлорофиллов a/b . У традиционно размноженных (ТР) растений, независимо от сорта, оно оказалось очень высоким (6–7), в то время как у растений, полученных микроклональным размножением (МР) отношение составило 2–3. Достоверных различий между сортами в том и другом случае не обнаружено. Высокое отношение хлорофиллов у ТР растений связано с достаточно низким содержанием дополнительного пигмента – хлорофилла b . Это свидетельствует о повышенном светолюбии растений, полученных традиционным способом. У растений же, полученных *in vitro*, синтез хлорофилла b был в 2,5–3 раза выше, чем при ТР, что характерно для растений, более теневыносливых [7].

Известно, что в Центральной Азии виноград является одним из широко потребляемых продуктов. Это пластичное растение отличается высокой отзывчивостью на изменение факторов внешней среды [8].

Анализ имеющихся в литературе данных показывает, что у перспективных сортов не исследованы его фотосинтетические параметры, а именно содержание пигментов, поэтому целью настоящей работы было изучение содержания пигментов в листьях винограда сорта Победа, выращенных *in vitro*, *ex vitro* и *in vivo*.

Основная часть

Исследования проводились в период 2018–2022 гг. в Центре биотехнологии Таджикского национального университета. Объектом исследования служил виноград сорта Победа [9], полученный путем микроклонального размножения в условиях *in vitro* с последующей адаптацией *ex vitro*, а также на нестерильном субстрате почва+торф (П:Т) – в условиях *in vivo*. Материал в виде черенков сорта Победа был привезен из подсобного хозяйства Р. Ю. Каландарова, участок Гульбута.

Работы по микроклональному размножению и адаптации растений винограда проводили по описанным ранее методам [10]. Культивирование растений *in vitro* проводили в биологических пробирках 22x220 в культуральных комнатах при освещении 4 тыс. люкс, температуре 24 ± 1 °С, фотопериоде 16/8 часов, относительной влажности 70–80 %. Депонирование проводили при положительных низких температурах (+3...+5 °С) без освещения в течение 16 месяцев.

Определение содержания фотосинтетических пигментов проводили спектрофотометрическим методом на спектрофотометре «Shimadzu-UB-1800». Пигменты экстрагировали из листьев 96%-ным этиловым спиртом. Содержание пигментов рассчитывали по формулам Винтерманс, Де Мотс [11]. Статистическую обработку данных проводили по В. А. Доспехову с использованием программы Microsoft Excel 2010 [12]. В таблице приведены значения среднеарифметических величин и стандартные ошибки пяти измерений из трех биологических повторностей.

Исследовано содержание пластидных пигментов в листьях растений винограда сорта Победа на разных этапах развития. В таблице приведены данные по содержанию фотосинтетических пигментов в листьях растений винограда сорта Победа на разных этапах выращивания.

Содержание пигментов в листьях винограда сорта Победа

Фаза развития	Содержание пигментов (мг/г сыр массы)					
	Хл a	Хл b	Каротиноиды	Хл (a+b)	Хл a/ Хл b	Хл (a+b)/ каротиноиды
До введения в культуру <i>in vitro</i>						
Отрастающие листья на черенках с поля	1.28±0.13	0.58±0.05	*	1.86±0.18	2.2	*
В культуре <i>in vitro</i> при нормальной вегетации						
Микроразмножение <i>in vitro</i>	1.28±0.03	0,21±0,01	0.39±0.01	1,49±0.18	6,0	3,8
В культуре <i>in vitro</i> после депонирования в течении 16 месяцев						
Микроразмножение <i>in vitro</i>	0.90±0.07	0.17±0.02	*	1.07±0.08	5.3	*
Ризогенез <i>in vitro</i>	1.95±0.12	0,68±0,07	0.39±0.02	2,63±0.18	2.9	6,7
Адаптация <i>ex vitro</i>	1.61±0.07	0.59±0.03	0.31±0.01	2.20±0.11	2.7	7,1
Постадаптация	1.32±0.06	0.40±0.02	0.26±0.01	1.72±0.08	3.3	6,6

Примечание: * – учеты не производились

Анализ данных, приведённых в таблице, показывает, что содержания хлорофилла a на этапе введения в культуру и на этапе микроразмножения *in vitro* не отличаются между собой. В то время как содержание хлорофилла b значительно ниже на этапе микроразмножения по сравнению с этапом введения *in vitro*. Соответственно отличается и соотношение Хл a/Хл b, которое значительно выше на этапе микроразмножения по сравнению с введением *in vitro*.

Отношение Хл a/Хл b связано с активностью «главного» хлорофилла a. Чем оно больше, тем интенсивнее фотосинтез [6].

Как видно из таблицы, в период микроразмножения *in vitro*, после хранения при положительных низких температурах и без освещения, наблюдается самое низкое содержание хлорофилла a, хлорофилла b и суммы хлорофиллов a+b. На этом этапе содержание хлорофилла a уменьшалось на 30 %, чем на этапе введение *in vitro*. Содержание хлорофилла b уменьшилось на 70 % и соответственно сумма хлорофиллов a+b уменьшилась на 42 %. При этом отношение хлорофиллов a и b заметно изменилось за счет увеличения хлорофилла b. По-видимому, хранение при положительных низких температурах без освещения в течение 16 месяцев на этапе микроразмножения сильно повлияло на физиологические процессы растений винограда, которые оказали влияние на синтез хлорофиллов.

На этапе ризогенеза в условиях *in vitro* у исследуемого объекта содержание зеленых пигментов выше, чем при микроразмножении *in vitro*. На данном этапе содержание хлорофилла a увеличивалось на 53 %, по сравнению с начальным этапом, т. е. при введении в культуру *in vitro* черенков. Содержание хлорофилла b увеличилось на 17 % и соответственно суммы хлорофиллов a+b на 42 %.

Анализ данных показывает, что на период адаптации *ex vitro* в листьях растений винограда сорта Победа наблюдается снижение содержания хлорофилла a, хлорофилла b и суммы хлорофиллов a+b, а также каротиноидов по сравнению с этапом ризогенеза. Однако эти показатели были выше, чем на этапах введение и микроразмножение *in vitro*.

При постадаптации через 2 месяца наблюдается снижение содержания хлорофиллов a и b, их суммы и каротиноидов на 18 %, 32 %, 22 % и 16 % соответственно по сравнению с первым этапом адаптации. Данные таблицы отчетливо показывают, что в сравнении с начальным этапом развития, на этапе адаптации *ex vitro* содержание зеленых пигментов заметно увеличивается. Это происходит как за счет хлорофилла a, так и хлорофилла b. Как следует из полученных данных, с переходом от этапа введения в культуру *in vitro* на этап микроразмножения растения винограда несколько ослабевают и, по-видимому, это повлияло на содержание зеленых пигментов.

Уменьшение содержания хлорофиллов и каротиноидов, вероятно, связано с ограничением их биосинтеза, а также деструкцией в данных условиях выращивания. Наблюдаемое снижение содержания фотосинтетических пигментов, возможно, является предельным адаптационным потенциалом, позволяющим сохранять нормальную жизнедеятельность [6]. Анализ отношения Хл(a+b)/каротиноиды, которое используют для характеристики работы фотосинтетического аппарата, показывает, что это соотношение в норме стабильно и очень реагирует на изменение условий выращивания [6].

При этом на этапе адаптации *ex vitro* это соотношение имело высокое значение – 7,1, а минимальное на этапе микроразмножения *in vitro* – 3,8. В период ризогенеза *in vitro* и постадаптации *in vivo* оно имело одинаковое значение.

Таким образом, изучение содержания пластидных пигментов в листьях растений винограда сорта Победа на разных этапах развития показало, что минимальное содержание хлорофиллов a и b

наблюдается на этапе микроразмножения после депонирования в течение 16 месяцев, и достигает высоких показателей на этапе ризогенеза. При адаптации *ex vitro* содержание хлорофиллов заметно увеличивается, по сравнению с начальными этапами развития. Это происходит за счет хлорофиллов *a* и *b*. Однако при адаптации *in vivo* наблюдается снижение содержания хлорофиллов и каротиноидов.

Заключение

Результаты исследований по оценке содержания пигментов в листьях винограда показали, что после введения в культуру *in vitro* содержание хлорофилла *a* не изменяется, а содержание хлорофилла *b* снижается, что определяет увеличение показателя соотношения $Xl\ a / Xl\ b$. Минимальные показатели содержания хлорофиллов *a* и *b* отмечены на этапе микроразмножения регенерантов после длительного депонирования, что, по-видимому, является результатом культивирования без освещения в течение 16 месяцев.

Дальнейшее увеличение содержания хлорофиллов *a* и *b*, оптимальные показатели их соотношения на этапах ризогенеза и адаптации дают основание полагать, что негативное влияние депонирования на содержание зеленых пигментов является краткосрочным и не окажет дальнейшего влияния на качество получаемого саженца винограда.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Пластиды и их пигменты [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studbooks.net/858406/agropromyshlennost/-plastydy_pigmenty_fotosintez_neobhodimye_usloviya_delenie_kletki. – Дата доступа: 10.01.2023.
2. Титова, М. С. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое *Picea abies* и *Picea koraiensis* / М. С. Титова. – Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 12. – С. 9–12.
3. Ничипорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений как основа их продуктивности в биосфере и земледелии / А. А. Ничипорович // Фотосинтез и продукционный процесс / Под ред. А. А. Ничипоровича. М.: Наука, 1988. – С. 5–28.
4. Taiz L., Zeiger E. Plant Physiology, (2006). 764p. ISBN 978-0878938568.
5. Состояние хлорофилла в живых пластидах. источник: Физиология растений – 3-е изд., М: 1988 г. / Лебедев С. И. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://agromage.com/stat_id.php?id=1270. – Дата доступа: 1.10.2022 г.
6. Титова, М. С. Динамика фотосинтезирующей активности хвои *Picea ajanensis* и *Picea Smithiana* в условиях зеленой зоны г. Уссурийска / М. С. Титова, Н. Г. Розломий // Живые и биокосные системы. – 2015. – № 12. – Режим доступа: www.jbks.ru/archive/issue-12/article-4/. – Дата доступа: 30.05.2019.
7. Тищенко, С. Ю. Рост и фотосинтетический аппарат сенполии (*Saintpaulia ionantha* H.Wendl), полученной размножением *in vitro* и *in vivo* / С. Ю. Тищенко, Р. А. Карначук. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.biometrika.tomsk.ru/senpoli.htm> – Дата доступа: 2.04.2020.
8. Грибкова, А. Изменение содержания пластидных пигментов в листьях растений винограда сорта Бианка, в зависимости от экологических условий. [Электронный ресурс] / А. Грибкова. Режим доступа: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/45-48_17.pdf – Дата доступа: 1.10.2022 г.
9. Победа. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vinograd.info/sorta/arhiv/pobeda.html>. Дата доступа: 30.10.2022 г.
10. Бободжанова, Х. И. Микрочлональное размножение винограда / Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик. – Душанбе: Эргаф, 2017. – 36 с.
11. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по физиологии растений / В. Ф. Гавриленко, М. Е. Ладыгина, Л. М. Хандобина. – М.: Высшая школа, 1975. – 392 с.
12. Доспехов, В. А. Методы полевого опыта / В. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УРОЖАЙНОСТИ И ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ СЕВА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО РЕГИОНА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

О. А. ХИТРЮК, В. Г. ТАРАНУХО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: ksushka28-oksi@mail.ru

(Поступила в редакцию 07.06.2023)

В данной публикации представлен литературный обзор по кормовой ценности растений сои и возможности ее возделывания в Республике Беларусь. Приведен трехлетний экспериментальный материал по формированию элементов структуры урожайности и зерновой продуктивности у различных по скороспелости сортов сои – Ясельда, Верас, Припять, Рось и Оресса в зависимости от сроков сева в условиях северо-восточной части Беларуси. Проведена математическая обработка полученных результатов методом дисперсионного анализа. По результатам исследований было установлено, что в почвенно-климатических условиях северо-восточного региона Республики Беларусь наиболее благоприятными для сортов сои являются сроки сева в первой декаде мая, которые позволяют получить урожайность на уровне 21,5–28,5 ц/га. Наиболее продуктивными являлись скороспелые сорта Оресса и Верас, которые в зависимости от сроков сева сформировали урожайность в среднем за 2012–2014 гг. на уровне 20,6–27,0 ц/га и 19,2–28,5 ц/га соответственно.

Ключевые слова: соя, сорт, срок сева, структура, урожайность, продуктивность.

This publication presents a literature review on the nutritional value of soybean plants and the possibility of its cultivation in the Republic of Belarus. A three-year experimental material is presented on the formation of elements of the structure of yield and grain productivity in soybean varieties of different early maturity – Yaselda, Veras, Pripyat, Ros and Oressa, depending on the sowing time in the conditions of the north-eastern part of Belarus. Mathematical processing of the results obtained by the method of dispersion analysis was carried out. According to the results of the research, it was found that in the soil and climatic conditions of the north-eastern region of the Republic of Belarus, the most favorable sowing dates for soybean varieties are in the first ten days of May, which make it possible to obtain a yield of 2.15–2.85 t/ha. The most productive were the early maturing varieties Oressa and Veras, which, depending on the sowing time, formed an average yield for 2012–2014 at the level of 2.06–2.70 t/ha and 1.92–2.85 t/ha, respectively.

Key words: soybean, variety, sowing time, structure, yield, productivity.

Введение

В конце прошлого – начале текущего столетия в Республике Беларусь наблюдается устойчивый рост среднегодовой температуры воздуха. В результате изменения климата в сторону потепления, прежде всего, увеличилась средняя продолжительность вегетационного периода и повысилась обеспеченность теплом, что создает более благоприятные условия для возделывания ряда теплолюбивых культур, в том числе и для растений сои [2, 6]. Соя по своему богатому, разнообразному химическому составу семян и многостороннему использованию в пищевых, кормовых и технических целях является уникально ценной сельскохозяйственной культурой. Высокое (до 45 %) содержание в зерне полноценного по аминокислотному составу, растворимости и усвояемости белка и высококачественного по жирнокислотному составу масла (до 25 %) предопределяют ее широкое распространение во всем мире. Огромное значение соя имеет в качестве кормовой культуры, где занимает первое место в мире как белковый компонент при производстве концентрированных кормов. Для скармливания сельскохозяйственным животным, пушным зверям, птице и рыбам используется не только мука, полученная из семян, но и соевый шрот, полученный при производстве растительного масла [1, 3, 7].

В Республике Беларусь соя относится к малораспространенным культурам. Возможность ее возделывания в условиях умеренного климата Республики Беларусь появилась благодаря достижениям современной, в том числе и белорусской, селекции с выведением сортов так называемого «северного экотипа», которые в отличие от американских, канадских, бразильских и аргентинских сортов генетически не модифицированы, хотя и не уступают им по урожайности, содержанию белка и масла, и превосходят по способности устойчиво вызревать на территориях с ограниченными тепловыми ресурсами и длинным летним днем. Белорусские сорта сои пригодны для механизированной уборки, вызревают за 120 дней с потенциальной урожайностью 30 ц/га, содержат 38–43 % белка, 18–22 % масла, обладают достаточно высокой адаптивностью к условиям Беларуси и пригодны для возделывания не только в южных областях, но и практически во всех районах центральной и более северной части республики. Учитывая огромную ценность сои, особенно в решении белкового дефицита, необходимо всестороннее развитие научных исследований, направленных на расширение генотипического разнообразия этой культуры и ареала возделывания. В связи с этим, актуальным является изучение вопроса оптимизации сроков сева для различных по

скороспелости сортов сои с целью более полной реализации потенциала его продуктивности в северо-восточной части Республики Беларусь [1–5].

Целью наших исследований было изучение влияния сроков сева на формирование структуры урожайности и зерновой продуктивности сортов сои в условиях северо-восточного региона Беларуси.

Основная часть

Исследования проводились в 2012–2014 гг. на опытном поле кафедры селекции и генетики УНЦ «Опытные поля БГСХА». Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, подстилаемая лессовидным суглинком с глубины 1,0 м. Объектами исследований были сорта сои белорусской селекции – Ясельда, Верас, Припять, Рось и Оресса. Опытные деланки размещались систематическим методом в четырехкратной повторности. Подготовка почвы, посев и уход за растениями сои проводились в соответствии с общепринятой агротехникой возделывания культуры. Посев проводился сплошным рядовым способом в пять сроков – 30 апреля, 5, 10, 15, 20 мая. Норма высева 1,0 млн всхожих семян на 1 га. Посев 30 апреля был принят в качестве контрольного варианта, так как уже к этому времени почва на глубине заделки семян достаточно прогрелась и миновала опасность попадания всходов под сильные заморозки. В ходе исследований проводились наблюдения за ростом и развитием растений, перед уборкой, по общепринятой методике, определялась структура урожайности. Достоверность данных по урожайности зерна сортов сои подвергалась математической обработке методом дисперсионного анализа.

Для полноты оценки влияния внешних условий на особенности развития растений учитывали гидротермический коэффициент (ГТК). Этот коэффициент отражает условный баланс влаги и показывает отношение поступления влаги в почву в виде осадков, к ее расходу на испарение. Величина ГТК более 1,6 – характеризует избыточно влажный период; 1,3–1,6 – влажный; 1,0–1,3 – слабо засушливый; 0,7–1,0 – засушливый; 0,4–0,7 – очень засушливый; менее 0,4 – сухой.

В 2012 г. апрель был теплым и влажным (ГТК–2,7), начальный период вегетации (май–июнь) характеризовался сильным переувлажнением почвы (ГТК 2,5–3,3). В свою очередь июль был очень засушливым (ГТК–0,5), вследствие этого, возникшая воздушная и почвенная засуха отрицательно сказалась на формировании бобов, снизив продуктивность посевов. В период налива семян и созревания в августе и сентябре было отмечено избыточное выпадение осадков, ГТК 2,4 и 1,7 соответственно.

В 2013 г. апрель был сухим, ГТК – 0,2, в свою очередь в мае выпало достаточно осадков, и по ГТК–1,4 характеризовался влажным периодом. Июнь и июль были засушливыми периодами, где ГТК составил 0,9 в каждом месяце. Август характеризовался влажным периодом (ГТК–1,6), а сентябрь слабо-засушливым (ГТК–1,2).

В 2014 г. в апреле продуктивных дождей не наблюдалось, и ГТК составил 0,02, в свою очередь май был избыточно-влажным (ГТК–1,7). В июне была отмечена засуха, и ГТК находился на уровне 0,9. В июле и августе влаги и тепла было достаточно (ГТК – 1,4 и 1,7 соответственно), что положительно повлияло на формирование бобов и налив зерна. Сентябрь характеризовался засушливым периодом (ГТК–0,8), что в конечном итоге повлияло на более быстрое созревание и своевременную уборку.

Таким образом, по расчетам ГТК условия вегетационных периодов 2012–2014 гг. значительно различались. Так период вегетации (май–сентябрь) 2012 года можно отнести к избыточно влажному (ГТК–2,1), а 2013 и 2014 гг. слабо засушливыми (ГТК соответственно 1,2, 1,3).

Сроки сева сортов сои оказывали существенное влияние на формирование элементов структуры урожайности, о чем свидетельствуют полученные данные таблицы 1. Низкая продуктивность поздних посевов была обусловлена многими причинами. Эти посевы испытывали недостаток влаги в период посев–всходы, а самые высокие температуры лета приходились на периоды цветения и формирования бобов. Но самое главное, чего нельзя было избежать при поздних посевах, это ускоренное развитие самого растения под влиянием высоких температур. Значительное сокращение вегетационного периода, в конечном итоге, отрицательно сказалось на формировании генеративных органов растений сои и реализации потенциала продуктивности сортов.

В среднем по годам исследований согласно полученным результатам, высота растений сои существенно изменялась от погодных условий, сортовых признаков и сроков сева. У всех изучаемых сортов отмечалась активизация роста растений при более поздних сроках сева по сравнению с ранними, что можно объяснить более благоприятными условиями теплообеспеченности для ростовых процессов. Высота растений в зависимости от сроков сева и сортовых особенностей находилась в пределах: Ясельда 57,6–63,6 см, Верас 62,4–71,7 см, Припять 52,2–60,3 см, Рось 49,7–62,0 см, Оресса 61,1–68,8 см (табл. 1).

Таблица 1. Элементы структуры урожайности сои в зависимости от сроков сева (2012–2014 гг.)

Варианты опыта	Норма высева, млн./га	Высота растений, см	На 1 растении		Кол-во семян в бобе, шт.	Масса 1000 семян, г	Масса семян с 1 растения, г
			бобов, шт.	семян, шт.			
Ясельда							
30 апреля – К	1,0	57,6	10,1	20,8	2,1	138,7	2,88
5 мая	1,0	58,7	12,4	27,4	2,2	140,2	3,84
10 мая	1,0	62,2	13,0	28,0	2,2	140,5	3,93
15 мая	1,0	63,0	10,7	22,5	2,1	137,2	3,09
20 мая	1,0	63,6	9,2	18,5	2,0	135,1	2,50
Верас							
30 апреля – К	1,0	62,4	12,3	30,2	2,5	125,8	3,80
5 мая	1,0	63,8	15,3	36,6	2,4	125,1	4,58
10 мая	1,0	65,7	14,4	34,4	2,4	126,9	4,37
15 мая	1,0	71,7	12,9	30,9	2,4	124,0	3,83
20 мая	1,0	68,0	11,7	26,9	2,3	121,1	3,26
Припять							
30 апреля – К	1,0	52,2	13,9	31,1	2,2	146,9	4,57
5 мая	1,0	56,0	16,6	35,4	2,1	145,3	5,14
10 мая	1,0	57,0	15,0	33,1	2,2	149,1	4,94
15 мая	1,0	60,0	13,3	29,8	2,2	144,0	4,29
20 мая	1,0	60,3	12,4	26,7	2,2	141,3	3,77
Рось							
30 апреля – К	1,0	49,7	14,4	30,3	2,1	185,9	5,63
5 мая	1,0	50,8	15,3	33,7	2,2	186,4	6,28
10 мая	1,0	57,4	14,3	31,9	2,2	188,4	6,01
15 мая	1,0	62,0	12,8	27,8	2,2	184,0	5,12
20 мая	1,0	58,9	11,6	23,8	2,1	183,0	4,36
Оресса							
30 апреля – К	1,0	61,1	12,8	26,4	2,1	131,7	3,48
5 мая	1,0	62,5	14,8	31,0	2,1	132,3	4,10
10 мая	1,0	64,7	14,6	28,7	2,0	131,6	3,78
15 мая	1,0	68,8	12,3	25,7	2,1	126,0	3,24
20 мая	1,0	67,3	12,1	24,0	2,0	125,6	3,01

Для пяти изучаемых сортов наиболее вариabельными показателями были количество бобов и семян на растении. Варьирование количества образовавшихся бобов и семян на растениях у разных по продолжительности вегетирования сортов, в среднем по годам исследований, можно объяснить различиями погодных условий в фазах плодообразования–налива семян в зависимости от сроков сева. В наших опытах при посеве 5 и 10 мая на каждом растении сои образовалось большее количество бобов и семян, чем на растениях поздних сроков посева (15 и 20 мая) и при более раннем посеве 30 апреля. Так, при посеве 5 мая у сортов Верас, Припять, Рось и Оресса наблюдалось максимальное количество бобов и семян – 15,3 и 36,6; 16,6 и 35,4; 15,3 и 33,7; 14,8 и 31,0 штук, соответственно, у сорта Ясельда наибольшее количество бобов и семян насчитывалось при посеве 10 мая – 13,0 и 28,0 штук, соответственно.

У сортов Ясельда, Припять, Рось и Оресса в среднем за годы проведения наших исследований озерненность бобов колебалась от 2,0 до 2,2 штук, а у сорта Верас этот показатель был выше на 12–14 % и находился в пределах от 2,3 до 2,5 штук семян в одном бобе. Как известно, масса 1000 зерен является сортовым признаком, однако влияние могут оказывать и погодные условия. Так, при анализе данных по массе 1000 семян у всех изучаемых сортов наблюдалась тенденция к некоторому снижению этого показателя при более поздних сроках посева 15 и 20 мая, а максимальные значения этого показателя были отмечены при посеве изучаемых сортов 5 и 10 мая. По крупности зерна наиболее выгодно отличался сорт Рось, у которого масса 1000 семян по вариантам опыта, в среднем за три года исследований, находилась в пределах 183,0–188,4 г, а наиболее мелкосемянными были сорта Верас и Оресса, у которых величина этого показателя колебалась в пределах 121,1–126,9 и 125,6–132,3 г соответственно.

Семенная продуктивность растений сои зависит как от биологических особенностей сорта, обусловленных генетически, так и от обеспеченности растений факторами жизни в зависимости от фактических условий произрастания. В наших опытах наиболее высокая семенная продуктивность в расчете на одно растение выявлена у всех пяти исследуемых сортов при посеве 5 и 10 мая, а минимальным данный показатель был при позднем сроке сева – 20 мая. Благодаря крупности семян и разреженности посевов наиболее высокий уровень индивидуальной продуктивности растений, в весовом выражении, был отмечен у сорта Рось при посеве 5 мая – 6,28 г, а при смещении к более позднему сроку посева

20 мая этот показатель снижался до 4,36 г, однако все равно был выше по сравнению со всеми изучаемыми сортами.

Основным критерием при проведении сравнительной оценки вариантов опыта является урожайность зерна изучаемых сортов. Анализируя результаты данных табл. 2, следует отметить, прежде всего, что урожайность зерна сои существенно варьировала по годам и срокам сева под влиянием температурного режима и влагообеспеченности.

Таблица 2. Урожайность сои в зависимости от сроков сева (2012-2014 гг.)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га						Средняя (2012-2014 гг.)	
	2012 г.		2013 г.		2014 г.		ц/га	± к контр. ц/га
	ц/га	± к контр. ц/га	ц/га	± к контр. ц/га	ц/га	± к контр. ц/га		
Ясельда								
30 апреля – К	15,0	–	16,9	–	17,5	–	16,5	–
5 мая	18,8	+3,8	21,6	+4,7	29,3	+11,8	23,2	+6,7
10 мая	23,7	+8,7	20,7	+3,8	27,2	+9,7	23,9	+7,4
15 мая	16,8	+1,8	17,9	+1	26,3	+8,8	20,3	+3,8
20 мая	14,6	-0,4	15,1	-1,8	18,5	+1	16,1	-0,4
НСР ₀₅ , ц/га	2,48		1,05		4,52		–	–
Верас								
30 апреля – К	21,1	–	20,1	–	24,2	–	21,8	–
5 мая	29,6	+8,5	24,9	+4,8	31,1	+6,9	28,5	+6,7
10 мая	25,7	+4,6	23,7	+3,6	27,3	+3,1	25,6	+3,8
15 мая	22,9	+1,8	22,4	+2,3	27,6	+3,4	24,3	+2,5
20 мая	18,8	-2,3	16,9	-3,2	21,8	-2,4	19,2	-2,6
НСР ₀₅ , ц/га	3,05		1,44		4,71		–	–
Припять								
30 апреля – К	19,4	–	21,0	–	24,4	–	21,6	–
5 мая	24,7	+5,3	23,3	+2,3	28,6	+4,2	25,5	+3,9
10 мая	25,9	+6,5	22,5	+1,5	32,0	+7,6	26,8	+5,2
15 мая	18,2	-1,2	20,2	-0,8	24,7	+0,3	21,0	-0,6
20 мая	15,9	-3,5	18,2	-2,8	23,0	-1,4	19,0	-2,6
НСР ₀₅ , ц/га	3,52		2,08		4,55		–	–
Рось								
30 апреля – К	19,4	–	17,3	–	26,7	–	21,1	–
5 мая	23,4	+4	16,8	-0,5	28,4	+1,7	22,9	+1,8
10 мая	21,2	+1,8	18,5	+1,2	24,8	-1,9	21,5	+0,4
15 мая	15,8	-3,6	15,3	-2	23,2	-3,5	18,1	-3,0
20 мая	13,7	-5,7	14,4	-2,9	20,0	-6,7	16,0	-5,1
НСР ₀₅ , ц/га	3,22		3,38		2,74		–	–
Оресса								
30 апреля – К	19,9	–	20,6	–	25,4	–	22,0	–
5 мая	27,3	+7,4	22,7	+2,1	30,9	+5,5	27,0	+5,0
10 мая	20,1	+0,2	24,6	+4	31,2	+5,8	25,3	+3,3
15 мая	19,8	-0,1	18,3	-2,3	27,5	+2,1	21,9	-0,1
20 мая	18,0	-1,9	17,6	-3	26,1	+0,7	20,6	-1,4
НСР ₀₅ , ц/га	3,58		1,74		4,63		–	–

Дисперсионный анализ по годам в отдельности и в среднем за три года исследований показал, что у позднеспелого сорта Ясельда прибавка урожайности на втором и третьем сроках посева – 5 и 10 мая была максимальной по отношению к контрольному варианту и превышала НСР₀₅, т. е. была достоверной. В среднем за 2012–2014 гг. на данных вариантах урожайность составила 23,2 и 23,9 ц/га, что на 6,7 и 7,4 ц/га достоверно превышало контрольный срок посева. Урожайность раннеспелых сортов Верас и Припять по вариантам опыта в среднем за годы исследований варьировала в пределах 19,2–28,5 ц/га и 19,0–26,8 ц/га, что на 1,7–5,3 ц/га и 0,7–5,1 ц/га, соответственно выше, чем у позднеспелого сорта Ясельда. Достоверно высокие показатели зерновой продуктивности у сорта Верас в отдельности и в среднем за три года исследований были получены при посеве 5 мая, прибавка была достоверной по отношению к контролю и составила в 2012 г. – 8,5 ц/га, в 2013 г. – 4,8 ц/г и в 2014 г. – 6,9 ц/га. Максимальную урожайность в наших исследованиях сорт Припять сформировал при посеве 5 и 10 мая, где в среднем за три года исследований урожайность зерна достоверно превышала контрольный вариант и составила 25,5 и 26,8 ц/га (прибавка 3,9 и 5,2 ц/га), соответственно. В среднем за годы исследований наименьший уровень урожайности семян сои при различных сроках сева обеспечивали посевы среднераннего сорта Рось – 16,0–22,9 ц/га по сравнению с другими изучаемыми сортами. У сорта Рось достоверное снижение урожайности отмечалось при посеве 15 и 20 мая в 2012 и 2014 гг. – 15,8 и 13,7 ц/га,

23,2 и 20,0 ц/га, соответственно; в 2013 г. также отмечено снижение зерновой продуктивности, но оно не было математически достоверным – 15,3 и 14,4 ц/га. В свою очередь среднеранний сорт Оресса характеризовался высокими показателями зерновой продуктивности, где в среднем за три года исследований в зависимости от сроков сева урожайность находилась в пределах 20,6–27,0 ц/га, что на 0,9–4,6 ц/га выше, чем у среднераннего сорта Рось. В среднем за три года исследований у сорта Оресса при посеве 5 и 10 мая урожайность была максимальной и составила 27,0 и 25,3 ц/га соответственно. Достоверные прибавки по отношению к контролю были получены в 2013 и 2014 гг. при посеве 5 и 10 мая – 2,1 и 4,0 ц/га, 5,5 и 5,8 ц/г. В 2012 г. наиболее высокий уровень урожайности наблюдался при посеве 5 мая – 27,3 ц/га, что на 7,4 ц/га существенно превышал ранневесенний посев – 30 апреля.

В то же время следует отметить, что урожайность семян сои по годам исследований при одном и том же сроке сева значительно колебалась. В 2012 г. урожайность по изучаемым вариантам опыта составила 13,7–29,6 ц/га, а в 2013 г. 14,4–24,9 ц/га. Наиболее высокие показатели зерновой продуктивности семян у всех изучаемых сортов в зависимости от сроков сева были получены в 2014 году, где урожайность варьировала в пределах 17,5–32,0 ц/га.

Таким образом, исходя из полученных результатов за 2012–2014 гг. заметное увеличение урожайности семян сои наблюдалось на втором и третьем сроках посева – 5, 10 мая. У сортов Верас, Оресса и Рось максимальная урожайность наблюдалась при посеве 5 мая и составила 28,5, 27,0 и 22,9 ц/га соответственно. При посеве 10 мая наиболее высокие показатели зерновой продуктивности были отмечены у сортов Ясельда и Припять – 23,9 и 26,8 ц/га, что на 7,4 и 5,2 ц/га превышали урожайность этих сортов на контрольном варианте. При ранневесеннем сроке 30 апреля, в связи с недостаточно прогретой почвой, всходы появлялись медленнее и формировались более изреженные посевы, что в дальнейшем оказало влияние на снижение продуктивности сортов. При данном сроке сева урожайность находилась в пределах от 16,5 ц/га у позднеспелого сорта Ясельда, до 22,0 ц/га у среднераннего сорта Оресса. Наименьшие показатели зерновой продуктивности у всех изучаемых сортов наблюдались при поздних сроках сева 15 и 20 мая; растения не смогли накопить необходимую сумму активных температур и максимально использовать тепло и запасы влаги. Урожайность по вариантам опыта в среднем за три года исследований находилась на уровне 16,0–24,3 ц/га.

Заключение

На основании результатов трехлетних исследований в условиях северо-восточного региона Беларуси, нами было установлено, что наиболее высокие показатели зерновой продуктивности формируются при посеве сои в первой декаде мая. Изменение сроков сева является мощным фактором, определяющим условия развития растений и уровень их продуктивности. Как более ранние, так и более поздние сроки снижали урожайность семян сортов сои различных групп спелости. Наиболее продуктивными являлись сорта Оресса и Верас, которые в зависимости от сроков сева сформировали урожайность в среднем за 2012–2014 гг. на уровне 20,6–27,0 ц/га и 19,2–28,5 ц/га, соответственно. В свою очередь у сорта Рось были отмечены наиболее низкие показатели зерновой продуктивности, которые находились в пределах 16,0–22,9 ц/га в зависимости от сроков сева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарануха, В. Г. Соя: пособие / В. Г. Тарануха. – Горки: БГСХА, 2011. – 51 с.
2. Павловский, В. К. Посевы сои в хозяйствах Беларуси целесообразно расширять / В. К. Павловский, О. Г. Давыденко // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – №2. – С. 34–38.
3. Кукреш, Л. В. Зернобобовые культуры / Л. В. Кукреш, Н. П. Лукашевич. – Минск: Ураджай, 1992. – 256 с.
4. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.]; под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. В. Н. Босака. – Горки: БГСХА, 2022. – 183 с.
5. Давыденко, О. Г. Внимание: соя / О. Г. Давыденко. – Минск: Ураджай, 1995. – 222 с.
6. Леонович, И. И. Климат Республики Беларусь: эл. учеб. пособ. / И. И. Леонович – Минск: БНТУ, 2012.
7. Петибская, В. С. Соя: химический состав и использование / В. С. Петибская. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2012. – 432 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВЫХ ФОРМ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ИХ ВНЕСЕНИЯ В ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ

В. А. РЫЛКО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: vital_rylko@rambler.ru

(Поступила в редакцию 07.06.2023)

В статье приведены результаты исследования влияния форм и способов внесения комплексных удобрений на продуктивность и качество картофеля трех сортов различной скороспелости в условиях северо-восточной части республики Беларусь. В качестве стандартных форм удобрений использовались мочевина, аммофос и хлористый калий. Из новых форм применялось комплексное гранулированное азотно-фосфорно-калийное удобрение марки 7-20-30 и комплексное органоминеральное удобрение пролонгированного действия «ИПАН» марки 10-10-15, состоящее на 30–50 % из торфа и 50–70 % минеральных удобрений. Установлено, что преимущество использования новых форм комплексных форм удобрений по сравнению со стандартными более четко проявляется на раннеспелом сорте Першацвет. Локальное внесение комплексных удобрений на всех сортах обеспечивает прибавку урожайности по сравнению с разбросным внесением. При этом сорта по-разному реагируют на форму комплексных удобрений: раннеспелый Першацвет и среднеспелый Скарб показывают лучшие результаты при использовании азотно-фосфорно-калийного удобрения, а среднепоздний Рубин – при локальном внесении органоминерального удобрения. Растения картофеля формируют больше крупных клубней при внесении комплексных удобрений по сравнению со стандартными формами, независимо от вида и способа внесения.

Ключевые слова: картофель, комплексные удобрения, способ внесения, урожайность, качество урожая.

The article presents the results of a study of the influence of forms and methods of applying complex fertilizers on the productivity and quality of potatoes of three varieties of different early maturity in the conditions of the north-eastern part of the Republic of Belarus. Urea, ammophos and potassium chloride were used as standard forms of fertilizer. Of the new forms, a complex granulated nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer brand 7-20-30 and a complex organomineral fertilizer of prolonged action "IPAN" of brand 10-10-15, consisting of 30–50 % of peat and 50–70 % of mineral fertilizers, were used. It has been established that the advantage of using new forms of complex forms of fertilizers in comparison with standard forms is more clearly manifested in the early ripe variety Pershatsvet. Local application of complex fertilizers on all varieties provides an increase in yield compared to broadcast application. At the same time, varieties react differently to the form of complex fertilizers: early-ripening Pershatsvet and mid-ripening Skarb show the best results when using nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer, and medium-late Rubin – with local application of organomineral fertilizer. Potato plants form more large tubers when complex fertilizers are applied compared to standard forms, regardless of the type and method of application.

Key words: potatoes, complex fertilizers, application method, yield, crop quality.

Введение

Одной из первостепенных задач в растениеводстве является применение удобрений на уровне, обеспечивающем заданную продуктивность пашни при одновременном поддержании и повышении плодородия почв. Внесение минеральных удобрений должно базироваться на точном расчете их потребности с учетом свойств почвы, биологических особенностей возделываемой культуры и планируемой урожайности. С учетом данных факторов определяются и формы применяемых удобрений [7, 9].

В настоящее время на рынке удобрений представлено много новых форм комплексных минеральных и органоминеральных удобрений, в том числе и для картофеля. Применение комплексных удобрений взамен простых их форм оправдано с хозяйственной и экономической точек зрения, т. к. позволяет более равномерно внести питательные вещества по площади поля, снизить уплотненность почвы за счет уменьшения количества проездов техники по полю, уменьшить потребность в технике, а также гарантировать внесение элементов питания в заданном соотношении [3].

В то же время наукой и практикой установлено, что отдача от удобрений зависит не только от дозы и соотношения между элементами питания, но и от способа их внесения. Уже давно в производственных условиях распространены приемы локального внесения основных доз минеральных удобрений. Локальное внесение исключает многие недостатки, присущие традиционному разбросному способу. Размещение туков концентрированными очагами на заданной глубине во влагообеспеченном слое почвы, с ориентацией относительно корневой системы растений, создает условия для более рационального использования элементов питания и повышения их эффективности [5, 12].

В Белорусской сельскохозяйственной академии исследования по локальному внесению удобрений, в том числе и под картофель, также проводились с середины прошлого века [1, 2, 4]. Серией опытов, проведенных в 1986–1990 гг. установлено, что локальный (ленточный) способ внесения основной дозы минеральных удобрений или ее части позволяет повысить урожайность клубней на 2,3–5,3 т/га, а окупаемость удобрений – на 15–20 %. Результаты опытов подтверждены на практике в учебно-опытном

хозяйстве академии. Здесь внесение основного минерального удобрения под картофель локальным способом одновременно с нарезкой гребней переоборудованным культиватором КРН-4,2 применялось с 1992 года. В качестве удобрений использовались сложные туки, производимые на гомельском химическом заводе (N₇:P₁₆:K₃₅). Недостающее количество азота восполнялось за счет внесения сульфата аммония. Эффект от локализации удобрений составил в среднем 10–15 % и более [6, 8].

На преимущества локального внесения минеральных удобрений под картофель указывают и другие авторы [10, 11]. Вместе с тем, если учесть, что описанные исследования проводились в различных почвенно-климатических условиях, в разные годы и с разными сортами, то, принимая во внимание актуальность вопроса, проведение специальных исследований в данном направлении необходимо и перспективно.

Таким образом, есть все основания говорить об актуальности разрабатываемой тематики. Осуществлялась она в соответствии с Государственной научно-технической программой «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии», подпрограмма «Агропромкомплекс – инновационное развитие».

Цель нашей работы – оценка влияния форм и способов внесения комплексных удобрений на продуктивность и качество картофеля в условиях северо-восточной части республики.

Основная часть

Полевые опыты закладывались в УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2020–2021 гг. с тремя сортами (фактор А): раннеспелым Першацвет, среднеспелым Скарб и среднепоздним Рубин. Лабораторные анализы проводились в лаборатории кафедры кормопроизводства и хранения продукции растениеводства.

Почва опытного участка по своим агрофизическим и агрохимическим характеристикам в целом соответствуют требованиям культуры. Предшественником в опыте являлась яровая пшеница. После нее поле засеивалось редькой масличной, которая была запахана в качестве сидерата. Технология возделывания культуры – традиционная для региона, кроме изучаемого фактора.

Удобрения вносили весной вручную в соответствии со схемой опыта (фактор В):

1. Контроль – без удобрений;
2. N₁₀₀P₁₀₀K₁₅₀ (стандартные формы удобрений) вразброс;
3. N₁₀₀P₁₀₀K₁₅₀ (комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение марки 7-20-30) локально;
4. N₁₀₀P₁₀₀K₁₅₀ (комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение марки 7-20-30) вразброс;
5. N₁₀₀P₁₀₀K₁₅₀ (комплексное органоминеральное гранулированное удобрение марки 10-10-15) локально;
6. N₁₀₀P₁₀₀K₁₅₀ (комплексное органоминеральное гранулированное удобрение марки 10-10-15) вразброс.

В качестве стандартных удобрений использовались мочевины, аммофос и хлористый калий. Мочевина также использовалась для компенсации дозы азота в вариантах 3 и 4, для которых применялось гранулированное азотно-фосфорно-калийное комплексное (АФК) удобрение марки 7-20-30 производства ОАО «Беларуськалий». В вариантах 5 и 6 применялось комплексное органоминеральное удобрение пролонгированного действия «ИПАН» марки 10-10-15, состоящее на 30–50 % из торфа и 50–70 % минеральных удобрений. Общая площадь делянки – 25,2 м² (4 рядка по 9 м), повторность в опыте трехкратная. Для разбросного внесения навеску удобрения равномерно распределяли по делянке перед нарезкой гребней. Для локального внесения в нарезанных рядках вручную проделывались продольные бороздки глубиной 15 см, вносились в нее удобрения, и производилась повторная обработка окучником (по всему опыту). Посадка клубней осуществлялась механизированно по схеме 70 х 30 см. В период вегетации проводились фенологические наблюдения, оценка биометрических показателей растений и промежуточный учет их продуктивности (в конце фазы цветения). Уборка проводилась механизировано, поделаночно. На каждой делянке предварительно подсчитывалось количество растений и стеблей. Урожай с делянки взвешивался и сортировался на фракции (> 60 мм, 40-60 мм и < 40 мм) для оценки структуры урожайности. Содержание крахмала определяли по удельному весу клубней.

В наших исследованиях существенных различий в фенологическом развитии между вариантами с различными видами и способами внесения удобрений отмечено не было. Однако растения в варианте без удобрений (контрольном) отставали в прохождении фенофаз на 2–6 дней. Особенно четко это проявилось на более позднеспелом сорте Рубин. Также в контрольном варианте отмечалось более раннее и интенсивное поражение растений фитофторозом. На раннем сорте Першацвет эта закономерность проявилась быстрее всего. В то же время прослеживалась некоторая тенденция большей устойчивости растений к фитофторозу листьев в вариантах с локальным внесением комплексных удобрений (3 и 5) по сравнению с вариантами с разбросным внесением (4 и 6). Растения сортов Першацвет и Рубин несколько быстрее поражались фитофторозом в варианте со стандартными формами удобрений по

сравнению с вариантами с комплексными удобрениями. В целом по сортам наибольшую устойчивость к заболеванию показал среднепоздний Рубин, минимальную – ранний Першацвет.

По результатам оценки биометрических параметров растений и промежуточных учетов их продуктивности необходимо отметить, что в контрольном варианте растения всех сортов отличались менее мощным морфологическим развитием. Это отражали показатели длины стебля, общей высоты стеблестоя и массы ботвы одного куста. В то же время количество формируемых стеблей и клубней, в том числе товарных, в этом варианте не всегда были минимальными, но урожай клубней в расчете на один куст был все же самым низким. По способам внесения удобрений обнаружить какую-либо четкую закономерность в реакции растений на данном этапе было трудно.

Во время вегетации в оба года исследований в контрольном варианте растения всех сортов отличались менее мощным морфологическим развитием. Это отражали минимальные показатели длины стебля, общей высоты стеблестоя и массы ботвы одного куста. Однако, окончательно судить об эффективности того или иного варианта внесения удобрений можно только по результатам учета конечного урожая (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность и качество урожая картофеля

Сорт (А)	№ варианта (В)	Урожайность, т/га			Товарность, %			Содержание крахмала в клубнях, %		
		2020 г.	2021 г.	средняя	2020 г.	2021 г.	средняя	2020 г.	2021 г.	среднее
Першацвет	1	29,58	30,69	30,14	91	82	87	14,0	15,4	14,7
	2	49,61	41,22	45,42	96	82	89	13,3	14,2	13,8
	3	62,48	52,37	57,43	98	86	92	13,2	15,5	14,4
	4	58,23	49,65	53,94	97	87	92	13,2	15,3	14,3
	5	56,11	51,47	53,79	97	90	94	14,3	14,6	14,5
	6	55,76	46,44	51,10	97	87	92	13,2	14,8	14,0
Скарб	1	22,88	24,12	23,50	85	82	84	14,0	14,9	14,5
	2	33,22	32,02	32,62	82	79	81	13,7	13,8	13,8
	3	36,96	38,01	37,49	93	89	91	12,8	15,5	14,2
	4	35,96	33,68	34,82	85	87	86	13,3	14,9	14,1
	5	35,47	37,23	36,35	93	87	90	12,7	14,9	13,8
	6	30,89	33,96	32,43	92	83	88	12,5	14,4	13,5
Рубин	1	30,21	35,64	32,93	96	81	89	14,2	15,4	14,8
	2	41,34	45,36	43,35	94	79	87	13,3	14,3	13,8
	3	41,10	52,98	47,04	94	84	89	13,5	16,8	15,2
	4	37,12	47,94	42,53	94	82	88	13,2	16,3	14,8
	5	48,22	53,05	50,64	94	87	91	14,5	15,4	15,0
	6	38,52	50,13	44,33	91	85	88	14,0	15,1	14,6
НСР ₀₅ : А		1,43	1,77							
В		2,02	2,54	–	–	–	–	–	–	–
АВ		3,49	3,95							

В первую очередь следует отметить, что в контрольном варианте, где удобрения не вносились, урожайность всех сортов в оба года исследований была существенно ниже по сравнению со всеми другими вариантами. Также в большинстве случаев урожайность с использованием стандартных форм удобрений, вносимых вразброс (вариант 2), была ниже по сравнению с вариантами с использованием комплексных удобрений (варианты 3–6), особенно четко это видно на сорте Першацвет. Растения более позднеспелых сортов Скарб и Рубин реагировали на этот фактор не так однозначно и обеспечили в среднем за два года в вариантах 2, 4 и 6 (разбросное внесение всех форм удобрений) урожайность примерно одного уровня. По всем сортам также отмечается преимущество локального внесения комплексных удобрений любой формы по сравнению с внесением вразброс, хотя разница не всегда была математически доказуемой. При этом разные сорта по-разному отреагировали на форму комплексных удобрений: Першацвет и Скарб несколько лучше отреагировали на внесение удобрения АФК (варианты 3 и 4), а более позднеспелый Рубин лучший результат показал при локальном внесении органоминерального удобрения (вариант 5).

Товарность клубней была стабильно самой низкой в контрольном варианте только у сорта Першацвет. В блоках опыта с сортами Скарб и Рубин этот показатель был минимальным при внесении вразброс стандартных форм удобрений (вариант 2). Наилучшие показатели товарности урожая обеспечивало локальное внесение комплексных удобрений.

Внесение удобрений, особенно стандартных форм, чаще закономерно снижало крахмалистость клубней по сравнению с контрольным вариантом. При сравнении форм комплексных удобрений четкого преимущества того или иного варианта не выявлено, в разные годы сорта реагировали на данный фактор по-разному. Однако в среднем за два года прослеживается некоторая тенденция к

преимуществу вариантов с использованием АФК, хотя разница между вариантами составляет десятые доли процента. Что касается способов использования комплексных удобрений, заметно более благоприятное влияние на крахмалистость клубней локального внесения.

В табл. 2 представлена характеристика структуры урожайности картофеля по вариантам в среднем за два года исследований.

Таблица 2. Структура урожайности картофеля (средние данные за 2020-2021 гг.)

Сорт	№ варианта	Число стеблей, шт/куст	Число клубней, шт/куст	Масса клубней, г/куст	Средняя масса 1 клубня, г	Удельный вес клубней по фракциям, %		
						> 60 мм	40–60 мм	< 40 мм
Першацвет	1	4,7	6,6	634	98	54	34	14
	2	5,0	8,2	951	118	68	21	11
	3	4,4	8,5	1207	150	71	21	8
	4	4,9	8,5	1129	137	73	19	8
	5	4,4	8,5	1130	135	75	19	7
	6	5,3	8,7	1070	125	74	19	8
Скарб	1	4,8	7,9	494	63	30	54	17
	2	5,2	9,5	683	72	39	42	20
	3	5,0	9,3	788	85	47	44	10
	4	4,9	9,6	729	76	43	44	14
	5	4,5	9,1	764	84	49	43	10
	6	4,7	9,2	679	74	44	44	13
Рубин	1	7,5	8,6	692	83	57	32	12
	2	7,8	11,8	907	78	45	42	14
	3	8,0	11,0	988	91	54	36	11
	4	7,9	10,5	890	87	52	36	12
	5	8,1	11,9	1064	90	51	40	10
	6	7,9	10,9	927	86	51	38	12

Количество образуемых стеблей в расчете на один куст не зависело от формы и способа внесения удобрений, в данном случае это показатель сортоспецифичный. Минимальное количество клубней и их общую массу в расчете на куст формировали растения контрольного варианта. Растения сортов Першацвет и Скарб образовали больше клубней при разбросном внесении комплексных удобрений, растения сорта Рубин – при локальном. Продуктивность одного куста во всех случаях была выше при локальном внесении удобрений. При этом Першацвет и Скарб лучше отреагировали на удобрение АФК, а более позднеспелый Рубин – на органоминеральное удобрение.

Самыми мелкими были клубни в контрольном варианте или, как у сорта Рубин, в варианте с использованием стандартных форм удобрений. Максимальной крупностью отличались клубни, выращенные при локальном внесении комплексных удобрений, хотя на данном показателе сказывается влияние соотношения количества клубней и их общей массы.

Минимальный удельный вес крупных клубней и максимальный – семенных и мелких наблюдался в урожае растений контрольного варианта, за исключением сорта Рубин – здесь выделялся вариант со стандартными удобрениями. Больше всего (в %) клубней крупной фракции в основном формировали растения при внесении комплексных удобрений, независимо от формы и способа внесения.

Заключение

Таким образом, преимущество использования новых форм комплексных форм удобрений по сравнению со стандартными более четко проявляется на раннеспелом сорте Першацвет. Локальное внесение комплексных удобрений на всех сортах обеспечивает прибавку урожайности по сравнению с разбросным внесением. Сорта по-разному реагируют на форму комплексных удобрений: раннеспелый Першацвет и среднеспелый Скарб показывают лучшие результаты при использовании удобрения АФК, а среднеспелый Рубин лучший результат показал при локальном внесении органоминерального удобрения. Возможно, это объясняется пролонгированным действием органоминерального удобрения, что более эффективно для позднеспелых сортов. Растения картофеля формируют больше крупных клубней при внесении комплексных удобрений по сравнению со стандартными формами, независимо от вида и способа внесения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильдфлуш, Р. Т. Повышение эффективности основного минерального удобрения при местном внесении под картофель / Р. Т. Вильдфлуш, Б. А. Калько // Агрохимия. – 1965. – № 8. – С. 12.
2. Вильдфлуш, Р. Т. Эффективность ленточного удобрения в борозду под картофель на супесчаной почве / Р. Т. Вильдфлуш, Э. М. Томсон // Науч. тр. / Белорус. с.-х. акад.– Горки, 1974.– С. 81–83.
3. Ионас, Е. Л. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество сортов картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: автореф. на соиск. уч. ст. канд. с.-х. наук / Е. Л. Ионас. – Минск, 2018. – 25 с.

4. Каликинский, А. А. Эффективность локального внесения основного удобрения под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах Белоруссии / А. А. Каликинский // Бюл. / ВНИИ удобрений агропочвоведения. – 1980. – № 53. – С. 9–15.
5. Локальное внесение минеральных удобрений эффективнее разбросного / А. Э. Шабанов [и др.] // Картофель и овощи.– 2011. – № 6. – С. 13.
6. Мельничук, Д. И. Предварительная нарезка гребней с локальным внесением удобрений как прием интенсивной технологии возделывания картофеля / Д. И. Мельничук, П. И. Панасюга, М. Н. Старовойтов // Биологические основы интенсивных технологий полевых культур: сб. науч. тр. – Горки, 1990. – С. 32–37.
7. Мельничук, Д. И. Эффективность приемов интенсификации производства картофеля на связных почвах северо-востока Беларуси / Д. И. Мельничук, М. Н. Старовойтов, В. А. Рылко // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Минск, 2018. – Т. 26. – С. 102–123.
8. Панасюга, П. И. Локальное внесение минеральных удобрений под картофель / П. И. Панасюга // Материалы Международной юбилейной науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Института картофелеводства НАН Беларуси. – Минск: Мерлит, 2003. – Ч II. – С. 317–323.
9. Подлужный, Г. И. Научные основы картофелеводства Могилевской области / Г. И. Подлужный. – Минск: «ИВЦ Минфина», 2005. – 229 с.
10. Пшеченков, К. А. Оптимизация технологии подготовки почвы и способа внесения минеральных удобрений под картофель / К. А. Пшеченков, А. В. Смирнов // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 3. – С. 30–32.
11. Старовойтов, В. И. Влияние сочетания высокоточного внесения минеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клубней картофеля / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2014. – № 2. – С. 38–41.
12. Татиров, М. Ш. Эффективность способов посадки, сроков и способов внесения удобрений под картофель в условиях республики Татарстан / М. Ш. Татиров // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 4. – С. 35–37.

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ СЕВА НА ФОРМИРОВАНИЕ ГУСТОТЫ СТЕБЛЕСТОЯ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

О. А. ХИТРЮК, В. Г. ТАРАНУХО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: ksushka28-oksi@mail.ru

(Поступила в редакцию 07.06.2023)

В данной публикации представлен литературный обзор по адаптации растений к новым климатическим условиям в Республике Беларусь. Приведен анализ экспериментальных данных по влиянию сроков сева на полевую всхожесть семян, сохраняемость и выживаемость растений к уборке, на прохождение растениями фенологических фаз и продолжительность межфазных периодов у различных по скороспелости сортов сои – Ясельда, Верас, Припять, Рось и Оресса. Представлены материалы фенологических наблюдений за ростом и развитием растений сортов сои, которые позволили установить некоторые различия в темпах прохождения фенологических фаз, что в конечном итоге существенно отразилось на датах наступления полной спелости растений. По результатам полученных данных сделаны выводы о влиянии метеорологических условий и сроков сева на густоту посевов и продолжительность вегетационного периода. По результатам исследований было установлено, что в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь наиболее благоприятными для сортов сои являются сроки сева в первой декаде мая.

Ключевые слова: соя, сорт, сроки сева, полевая всхожесть, вегетационный период.

This publication presents a literature review on the adaptation of plants to new climatic conditions in the Republic of Belarus. We have presented an analysis of experimental data on the effect of sowing time on the field germination of seeds, the storability and survival of plants for harvesting, on the passage of phenological phases by plants and the duration of interphase periods in soybean varieties of different early maturity – Yaselda, Veras, Pripyat, Ros and Oressa. The materials of phenological observations of the growth and development of plants of soybean varieties are presented, which made it possible to establish some differences in the rates of passage of phenological phases, which ultimately significantly affected the dates of the onset of full ripeness of plants. Based on the results of the data obtained, conclusions were drawn about the influence of meteorological conditions and sowing dates on the density of crops and the duration of the growing season. According to the results of the research, it was found that in the soil and climatic conditions of the north-eastern part of the Republic of Belarus, the most favorable sowing dates for soybean varieties are in the first ten days of May.

Key words: soybean, variety, sowing time, field germination, growing season.

Введение

В северо-восточной части Республики Беларусь основным лимитирующим фактором являются тепловые ресурсы и здесь преимущественно распространены сельскохозяйственные культуры умеренного пояса, которые требуют для своего роста и развития невысокие температуры на уровне 15–20 °С. Однако в последние десятилетия климатологи отмечают устойчивый рост среднегодовой температуры воздуха. Потепление климата, отмечаемое с 1989 года, привело к тому, что среднемноголетняя температура воздуха в Беларуси повысилась на 1,3 °С. Исходя из оценок, средняя глобальная температура по сравнению с современным состоянием еще повысится примерно на 1 °С к 2025 г. и на 3 °С к концу столетия. Наряду с повышением температуры, количество осадков на территории страны за последний двадцатилетний период изменилось незначительно. Но наблюдаются изменения по порам года, больше осадков зимой и меньше в теплый период, в частности в июне, августе и сентябре. В связи с неизбежностью дальнейших климатических изменений для более полной реализации агроклиматического потенциала в Беларуси принимаются меры для адаптации сельскохозяйственного производства, одним из ключевых факторов повышения его эффективности является увеличение доли в структуре посевных площадей более теплолюбивых нетрадиционных культур, в том числе и растений сои [1, 2, 3].

Для оптимизации технологических приемов возделывания сои в северо-восточном регионе Республики Беларусь требуется обоснование оптимальных сроков ее посева. Выбирая срок сева, следует рассчитывать на полное использование растениями вегетационного периода, плодородия почвы, особенностей влагообеспеченности местности. Вопросу установления наиболее благоприятного срока сева сои большое внимание уделялось многими учеными-соеведами, поскольку этот фактор оказывает значительное влияние на величину полевой всхожести семян от которой в большой степени зависит дальнейшее развитие растений и их продуктивность [3, 4, 5, 6]. Благодаря достижениям современной, в том числе и белорусской селекции с выведением сортов северного экотипа установлено, что ростовые процессы у растений сои начинаются при более низких температурах (+6–8 °С) и следует ожидать, что их можно высевать в более ранние сроки, чтобы семена успели взойти до середины сентября, когда

начинается резкое снижение температуры воздуха вплоть до заморозков и возрастает вероятность выпадения затяжных дождей. Однако при раннем сроке посева в условиях пониженных температур существует опасность, что растения будут медленно развиваться и сильно угнетаться сорняками, что потребует дополнительных затрат на применение гербицидов. В связи с этим, актуальным остается изучение вопроса оптимизации сроков сева для различных по скороспелости сортов сои с целью более полной реализации потенциала их продуктивности в условиях северо-восточной части Беларуси [3, 5, 6, 7].

Целью наших исследований было изучение влияния сроков сева на формирование густоты стеблестоя и продолжительности вегетационного периода сортов сои различных групп спелости в условиях северо-восточного региона Беларуси.

Основная часть

Исследования проводились в 2012–2014 гг. на опытном поле кафедры селекции и генетики УНЦ «Опытные поля БГСХА». Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, подстилаемая с глубины 1,0 м лессовидным суглинком. Объектами исследований были сорта сои белорусской селекции – Ясельда, Припять, Рось, Верас и Оресса. Опытные делянки размещались систематическим методом в четырехкратной повторности. Подготовка почвы, посев и уход за растениями сои проводились в соответствии с общепринятой агротехникой возделывания культуры. Посев проводился сплошным рядовым способом в пять сроков – 30 апреля, 5, 10, 15, 20 мая. Норма высева 1,0 млн. всхожих семян на 1 га. Посев 30 апреля был принят в качестве контрольного варианта, так как уже к этому времени почва на глубине заделки семян достаточно прогрелась и миновала опасность попадания всходов под сильные заморозки. В ходе исследований проводились наблюдения за формированием продуктивного стеблестоя путем определения полевой всхожести семян, сохраняемости и общей выживаемости растений к уборке, а также фенологические наблюдения за ростом и развитием растений, с регистрацией фаз полных всходов, первого тройчатого листа, цветения, образования бобов, налива семян и полной спелости.

За годы исследований погодные условия на протяжении периода вегетации имели значительные различия по тепло- и влагообеспеченности.

Вегетационный период 2012 года можно охарактеризовать как теплый и избыточно-влажный. Температура воздуха находилась на уровне или поднималась выше среднегодовых показателей. Количество выпавших осадков значительно превышало норму во все месяцы вегетационного периода, кроме июля, где осадков выпало 38 % от среднегодовых значений. Май и июнь характеризовались сильным переувлажнением почвы, что привело к торможению ростовых процессов растений сои (ГТК – 2,5 и 3,3, соответственно). Сумма активных температур за период вегетации сортов сои (всходы–полная спелость) составила 2354,5 °С, а количество выпавших осадков – 489,6 мм, или 135 % от нормы.

Условия вегетационного периода 2013 г. по значениям температуры воздуха превышали среднегодовые показатели в весенне-летние месяцы на +0,5–4,4 °С. В III декаде апреля наблюдался дефицит осадков – 35,6 % от нормы. В свою очередь май был теплым (+16,8 °С) и избыточно-влажным – 72,3 мм, или 131,5 % от среднегодовых значений. В летние месяцы было жарко и наблюдался дефицит осадков, только III декада августа была очень дождливой и количество выпавших осадков составило 84,8 мм, или 314,1 % от среднегодовых показателей. В III декаде сентября установилась холодная (+6,5 °С) дождливая погода (53,1 мм, или 279,5 % от нормы). Сумма активных температур за месяцы вегетационного периода (всходы–полная спелость) составила 2493,7 °С, а количество выпавших осадков – 347,2 мм, или 96 % от нормы.

В 2014 году метеорологические условия были достаточно благоприятными для роста и развития растений сои, что сказалось в определенной мере, на величине урожаев и наступлении фаз развития. Первая декада мая характеризовалась холодной (+8,9 °С) и засушливой погодой, что увеличило период посев-всходы сои. Во второй и третьей декадах мая, погода стабилизировалась (+16,7–18,7 °С) и температура воздуха была уже выше среднегодовой на 4,1 °С и 4,5 °С соответственно, а количество осадков составило 162,4 мм, или 193,7 % от среднегодовых показателей. Июнь был умеренно-теплым (+15,3 °С), но осадков за этот месяц выпало 43,5 мм, что почти в 2 раза меньше месячной нормы. В июле и августе влаги и тепла было достаточно (ГТК – 1,4 и 1,7 соответственно), что положительно повлияло на формирование бобов и налив зерна. Сентябрь характеризовался засушливым периодом (ГТК–0,8). Сумма активных температур за период вегетации сортов сои (всходы–полная спелость) составила 2386,6 °С, а количество выпавших осадков – 326,1 мм, или 90 % от нормы.

Основными показателями формирования густоты стеблестоя являются полевая всхожесть семян, величина которой зависит от качества посевного материала и погодных условий, а также

сохраняемость и выживаемость растений во время вегетации, которые определялись перед уборкой. В среднем за 2012–2014 гг. максимальное количество взошедших растений отмечалось при посеве 5 мая у сортов Верас и Оресса – 78 и 84 шт/м², а у сортов Ясельда, Припять и Рось наиболее высокая полевая всхожесть наблюдалась при третьем сроке посева – 10 мая и составила 75, 66 и 51 шт/м² соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Полевая всхожесть, сохраняемость и выживаемость растений сои в зависимости от сроков сева

Варианты опыта	Норма высева	Полевая всхожесть, %				Сохраняемость, %				Выживаемость, %			
		2012 г.	2013 г.	2014 г.	В среднем	2012 г.	2013 г.	2014 г.	В среднем	2012 г.	2013 г.	2014 г.	В среднем
Ясельда													
30 апреля – К	1,0	67	60	79	69	87	80	86	84	58	48	68	58
5 мая	1,0	77	63	80	73	81	81	89	84	62	51	71	61
10 мая	1,0	72	65	87	75	89	77	80	82	64	50	70	61
15 мая	1,0	71	62	90	74	94	90	84	89	67	56	76	66
20 мая	1,0	74	61	86	74	95	87	85	89	70	53	73	65
Верас													
30 апреля – К	1,0	73	59	71	68	86	78	93	86	63	46	66	58
5 мая	1,0	85	61	87	78	78	84	82	81	66	51	71	63
10 мая	1,0	74	65	88	76	89	72	76	79	66	47	67	60
15 мая	1,0	77	63	87	76	90	83	83	85	69	52	72	64
20 мая	1,0	75	62	88	75	87	76	76	80	65	47	67	60
Припять													
30 апреля – К	1,0	55	48	68	57	84	81	87	84	46	39	59	48
5 мая	1,0	61	53	71	62	77	79	87	81	47	42	62	50
10 мая	1,0	64	54	79	66	81	78	91	83	52	42	72	55
15 мая	1,0	56	52	77	62	84	79	79	81	47	41	61	50
20 мая	1,0	63	51	73	62	75	84	86	82	47	43	63	51
Рось													
30 апреля – К	1,0	39	32	63	45	90	81	89	87	35	26	56	39
5 мая	1,0	48	34	65	49	79	68	82	76	38	23	53	38
10 мая	1,0	46	38	70	51	70	68	80	73	32	26	56	38
15 мая	1,0	42	36	74	51	81	67	73	74	34	24	54	37
20 мая	1,0	44	36	71	50	84	69	77	77	37	25	55	39
Оресса													
30 апреля – К	1,0	79	68	82	76	86	71	95	84	68	48	78	65
5 мая	1,0	91	75	85	84	82	64	92	79	75	48	78	67
10 мая	1,0	82	77	91	83	80	70	92	81	66	54	84	68
15 мая	1,0	88	75	87	83	93	64	90	82	82	48	78	69
20 мая	1,0	83	73	87	81	83	73	95	84	69	53	83	68

Полевая всхожесть несколько различалась по годам исследований. Так, наиболее низкий уровень этого показателя был отмечен в 2013 году и колебался по вариантам опыта от 32 до 77 %, в то время как в 2014 г. наблюдалось максимальное количество растений, взошедших после посева – 63–91 % в зависимости от сорта. 2012 год по количеству взошедших растений занимал промежуточное положение – от 39 до 91 % растений. Следует отметить, что самыми высокими показателями полевой всхожести в среднем за три года исследований характеризовались посеы раннеспелого сорта Оресса (76–84 %). Меньшее количество нормальных всходов было сформировано при посеве семенами среднераннего сорта Рось (45–51 %).

На сохраняемость растений сои, сроки посева не оказали значительного влияния и в разрезе изучаемых сортов этот показатель колебался в среднем по вариантам опыта от 73 до 89 %. В 2012–2014 гг. не наблюдалось природных явлений, опасных для роста и развития растений сои, хотя были периоды, не совсем благоприятные для этих процессов. Наиболее благоприятными были условия вегетационного периода 2014 года, когда сохраняемость растений по вариантам опыта колебалась от 73 до 95 %.

В зависимости от сорта и срока сева в среднем за три года исследований, выживаемость растений сортов сои к уборке была на уровне 37–69 %. Установлено, что при раннем сроке посева – 30 апреля у сортов Ясельда, Верас, Припять и Оресса отмечена самая низкая плотность растений – 48–65 шт/м², в дальнейшем при посеве с 5 мая число растений к уборке на 1 гектаре увеличивалось и находилось на уровне 50–69 шт/м². У сорта Рось, в различные сроки сева, выживаемость растений к моменту уборки изменялось незначительно и по вариантам опыта находилось в пределах 37–39 % от высеянных семян.

Анализируя результаты учетов и наблюдений в наших исследованиях, биологическая реакция сортов сои на сроки сева проявлялась, в первую очередь, в изменении сроков наступления фенологических фаз и продолжительности межфазных периодов (рис. 1).

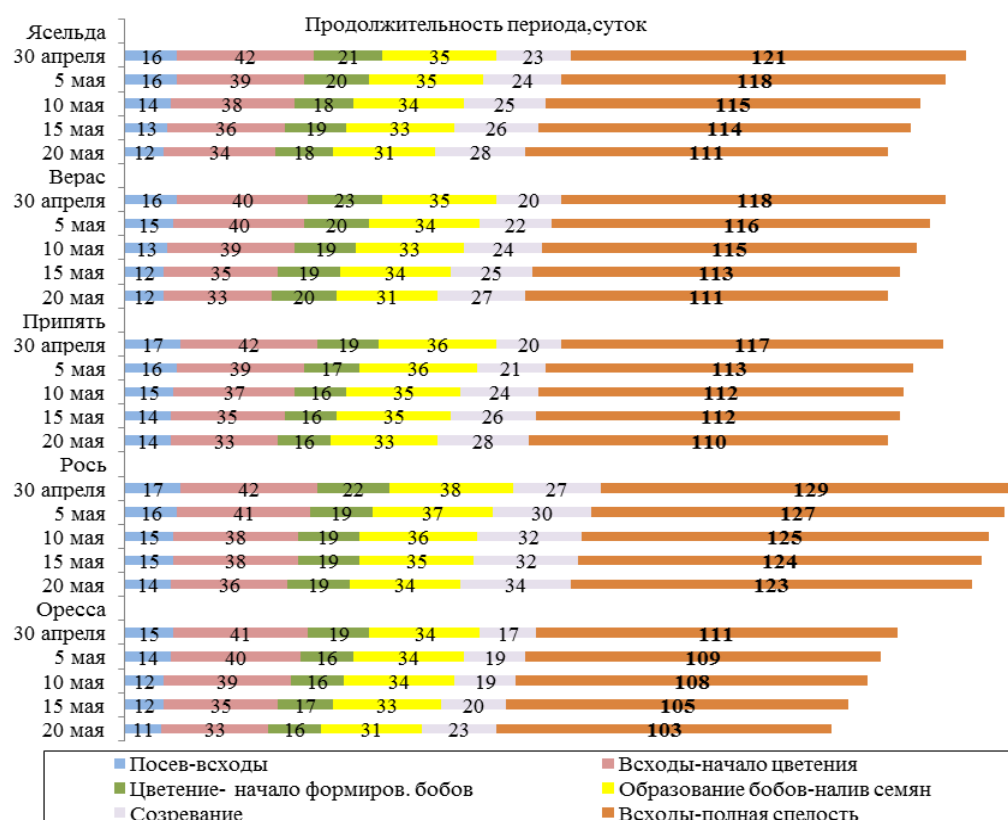


Рис. 1. Продолжительность межфазных периодов разных по скороспелости сортов сои в зависимости от сроков сева за 2012–2014 гг.

Во всех пяти вариантах сроков посева в наших исследованиях среднесуточная температура для периода посев–всходы по годам сложилась в пределах биологически допустимых до оптимальных величин и составила +8,9–20,5 °С. Осадки по всем срокам выпали на уровне среднемноголетних данных. Среди метеорологических факторов, решающее влияние на скорость появления всходов оказывал температурный режим. Наиболее продолжительный период посев–всходы наблюдался при раннем сроке посева (30 апреля) во все годы исследований и составил 15–17 дней, что вполне закономерно, так как в связи с недостаточными условиями теплообеспеченности для прорастания семян, всходы появлялись медленнее и формировались более изреженные посевы, чем при остальных сроках сева. Смещение срока посева на каждые 5 дней сокращало продолжительность периода посев–всходы с 16 до 11 дней, что объясняется большей степенью прогревания почвы на глубине заделки семян. Так, при посеве 5 мая длительность указанного периода составила 14–16 дней, 10 и 15 мая – 12–15 дней, 20 мая – от 11 до 14 дней. Из сортовых особенностей по продолжительности периода посев–всходы нами было установлено, что вне зависимости от срока посева у сортов Рось и Припять всходы отмечались позже на несколько дней по сравнению с остальными изучаемыми сортами.

В период всходы – начало цветения происходит рост и развитие в основном вегетативных органов, способствующих накоплению общей биомассы растений. Первый сложный лист раскрывался через 6–8 дней после появления всходов, а последующие листья через каждые 4–7 дней. Рост каждого листа продолжался 12–16 дней. Продолжительность периода всходы–начало цветения являлось достаточно устойчивым сортовым признаком и в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода и срока посева в среднем по годам составило 33–42 дня, сокращаясь от более ранних к более поздним срокам посева.

Наступление фазы цветение проходило в конце июня–начале июля. В разрезе сортов, первыми зацветали Оресса и Верас. У сорта Рось цветение начиналось позже, чем у остальных изучаемых сортов вне зависимости от сроков посева. Сорта Ясельда и Припять занимали промежуточное положение, у них цветение проходило в одинаковые сроки.

Плодообразование начиналось через 16–23 дня после начала цветения. В период плодообразования наблюдалось более четкое разделение сортов с различной продолжительностью вегетационного

периода. Первыми начинали формироваться бобы у сорта Оресса, так в среднем по годам исследований первые бобы были отмечены на контрольном варианте 13 июля, а при посеве 20 мая – 18 июля, в свою очередь у сорта Рось – 19 и 27 июля соответственно. У сортов Ясельда, Верас и Припять при раннем посеве 30 апреля первые бобы начали формироваться 16 и 17 июля, а при самом позднем посеве 20 мая – 21–23 июля, соответственно. В среднем по годам исследований период плодообразования-налив семян продолжался от 47 до 60 дней.

Для производства существенное значение имеет продолжительность периода посев-полная спелость, так как от этого зависит срок уборки культуры. Так, по результатам учетов и наблюдений продолжительность вегетационного периода по изучаемым сортам в среднем за три года исследований варьировала от 103 до 129 дней. Первыми созревали растения первого срока посева. Различия в календарных сроках при достижении посевов полной спелости между соседними сроками посева составляли в среднем по годам 1–4 дня. При посеве 15 и 20 мая созревание проходило на фоне пониженных температур, вследствие чего приводило к более позднему вызреванию растений на 6–11 дней в календарном выражении, несмотря на то что сам вегетационный период растений сои при этих сроках посева на 5–10 дней был короче, чем при посеве 30 апреля.

В разрезе сортов сои наиболее короткий вегетационный период в нашем опыте наблюдался у среднераннего сорта Оресса и составил 103–111 дней в зависимости от сроков посева и в целом он устойчиво созревал в I декаде сентября во все годы даже при позднем сроке посева. Раннеспелые сорта Верас и Припять при раннем посеве 30 апреля созревали в I декаде сентября, а при посеве с 5 по 20 мая полная спелость наблюдалась во II декаде сентября. Позднеспелый сорт Ясельда с периодом вегетации 111–121 день, созревал с 13 по 19 сентября. В свою очередь среднеранний сорт Рось при посеве с 30 апреля по 15 мая начинал созревать только в III декаде сентября, а при посеве 20 мая полная спелость семян наблюдалась уже в начале I декады октября. Вегетационный период у сорта Рось в зависимости от сроков посева варьировал от 123 до 129 дней.

Заключение

В результате трехлетнего изучения пяти сроков посева (с 30 апреля по 20 мая) пяти различающихся по продолжительности вегетации сортов сои в условиях северо-восточного региона Беларуси, нами было выявлено, что при разных сроках сева для агроценоза сои складывались различные температурные и водные режимы, которые существенно повлияли на формирование густоты посевов и продолжительность вегетационного периода. При слишком раннем посеве снижалось количество взошедших растений, а при поздних посевах (II декада мая) происходило сокращение в основном вегетативной, в меньшей степени генеративной фазы развития растений, и в целом вегетационного периода. При более ранних сроках сева растения сои имели более продолжительные межфазные периоды, но в целом, по календарным срокам, созревание растений наступало раньше и в более благоприятный период, чем при более поздних сроках посева на фоне пониженных температур. Продолжительность вегетационного периода в среднем за 2012–2014 годы колебалась: у сорта Ясельда от 121 дня при раннем сроке посева до 111 дней при самом позднем; у сорта Верас от 118 до 111 дней; у сорта Припять от 117 до 110 дней; у сорта Рось от 129 до 123 дней и у сорта Оресса от 111 до 103 дней, соответственно. В связи с более поздним плодообразованием и наливом семян, сорт Рось менее адаптирован для возделывания в северо-восточной части Республики Беларусь. Наиболее благоприятные условия для посева сои в среднем за три года исследований складывались в первой декаде мая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович, И. И. Климат Республики Беларусь: эл. учеб. пособ. / И. И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2012.
2. Природа Беларуси: энциклопедия: в 3 т. / Климат и вода; редкол.: Т. В. Белова [и др.]. – Минск: Беларус. энцыкл. імя П. Броўкі. – Т. 2. – 2010. – 504 с.
3. Давыденко, О. Г. Соя для умеренного климата / О. Г. Давыденко, Д. В. Голоенко, В. Е. Розенцвейг. – Минск: Тэхналогія, 2004. – 173 с.
4. Павловский, В. К. Посевы сои в хозяйствах Беларуси целесообразно расширять / В. К. Павловский, О. Г. Давыденко // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – №2. – С. 34–38.
5. Тарануха, В. Г. Соя: пособие / В. Г. Тарануха. – Горки: БГСХА, 2011. – 51 с.
6. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.]; под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. В. Н. Босака. – Горки: БГСХА, 2022. – 183 с.
7. Давыденко, О. Г. Внимание: соя / О. Г. Давыденко. – Минск: Ураджай, 1995. – 222 с.

ПРОЯВЛЕНИЕ ИСТИННОГО ГЕТЕРОЗИСА И ХАРАКТЕР НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ УРОЖАЙНОСТИ У ГИБРИДОВ ТОМАТА F₁ В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

А. В. ФРАНЦУЗЕНКО, И. Г. ПУГАЧЕВА, Н. Ю. ЛЕЩИНА,

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: puhachova.irina@gmail.com*

О. Г. БАБАК, А. В. КИЛЬЧЕВСКИЙ,

*Институт генетики и цитологии НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь, 220072*

С. Р. ГАСАНОВ, Г. А. ГУСЕЙНЗАДЕ,

*Институт генетических ресурсов НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджанская Республика, AZ1106*

З. К. АЛИЕВА

*Институт овощеводства НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджанская Республика, AZ1135*

(Поступила в редакцию 09.06.2023)

Главным направлением интенсификации производства томата является культивирование гетерозисных гибридов. Наиболее характерные признаки проявления гетерозиса у томата – скороспелость, повышенная урожайность, мощность растений, высокая устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды, выравненность продукции. Практический интерес представляет гетерозис, проявляющийся в раннем созревании плодов и дружной отдаче урожая. Целью наших исследований было испытание новых гетерозисных гибридов F₁ томата в открытом грунте в северо-восточной части Беларуси. Работа проводилась на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА в 2021–2022 гг.

В результате выявлены гибриды F₁ с высокой ранней (1,33–1,99 кг/м²), товарной (5,61–7,59 кг/м²), общей (6,00–8,09 кг/м²) урожайностью и массой плода 78–127 г. Выделены гибридные комбинации с максимальным положительным гетерозисом по ранней (53,30–264,24 %), товарной (46,43–115,13 %) и общей (37,57–96,70 %) урожайности. Определен характер наследования элементов урожайности на основе анализа коэффициента фенотипического доминирования. Испытанные образцы характеризуются высоким уровнем и частотой истинного гетерозиса по основным признакам урожайности. Положительное сверхдоминирование проявлялось при наследовании ранней урожайности у 51,7 % гибридов, товарной урожайности – у 56,7 % гибридов, общей урожайности – у 45,0 % гибридов. Комплексный анализ хозяйственно ценных признаков позволил выявить перспективные гибридные комбинации: Линия 16-8 × Zafar, Линия 16-8 × Желтый жемчуг, Линия 16-8 × Линия 217, Линия 16-57 × Желтый жемчуг, Линия 16-57 × Ирма, Линия 19-645 × Желтый жемчуг, Линия 19-652 × Желтый жемчуг, Линия 19-652 × Линия 217, Линия №4 × Желтый жемчуг.

Ключевые слова: томат, урожайность, гетерозис, гибриды F₁, открытый грунт.

The main direction of tomato production intensification is the cultivation of heterotic hybrids. The most characteristic signs of the manifestation of heterosis in tomato are precocity, increased productivity, plant power, high resistance to biotic and abiotic environmental factors, and evenness of production. Of practical interest is heterosis, which manifests itself in the early ripening of fruits and the friendly return of the crop. The aim of our research was to test new heterotic tomato hybrids F₁ in the open field in the north-eastern part of Belarus. The work was carried out on the experimental field of the Department of Agricultural Biotechnology, Ecology and Radiology, EE BSAA in 2021–2022.

As a result, we have established F₁ hybrids with high early productivity (1.33–1.99 kg/m²), marketable (5.61–7.59 kg/m²), total (6.00–8.09 kg/m²) yield and the fruit weight of 78–127 g. Hybrid combinations with maximum positive heterosis were identified for early (53.30–264.24 %), commercial (46.43–115.13 %) and total (37.57–96.70 %) productivity. The nature of the inheritance of yield elements was determined based on the analysis of the coefficient of phenotypic dominance. The tested samples are characterized by a high level and frequency of true heterosis according to the main characteristics of yield. Positive overdominance was manifested in the inheritance of early yield in 51.7 % of hybrids, marketable yield in 56.7 % of hybrids, and total yield in 45.0 % of hybrids. A comprehensive analysis of economically valuable traits made it possible to identify promising hybrid combinations: Line 16-8 × Zafar, Line 16-8 × Yellow pearl, Line 16-8 × Line 217, Line 16-57 × Yellow pearl, Line 16-57 × Irma, Line 19-645 × Yellow Pearl, Line 19-652 × Yellow Pearl, Line 19-652 × Line 217, Line #4 × Yellow Pearl.

Key words: tomato, yield, heterosis, F₁ hybrids, open ground.

Введение

Томат занимает среди овощных культур первое место в мире по посевным площадям (4 млн га) и пользуется устойчивым спросом среди населения благодаря высокой питательной, вкусовой и диетической ценности плодов [1, 2]. Главным направлением интенсификации производства томата является

культивирование гетерозисных гибридов. В развитых странах ими занимают 85–100 % площадей открытого грунта [3, 4, 5].

Под гетерозисом понимается свойство гибридов F_1 превосходить родителей или лучшую из родительских форм по биологическим и хозяйственным признакам или степени их выраженности [3]. Выращивание гетерозисных гибридов позволило поднять урожайность сельскохозяйственных культур на 20–30%, иногда 50 %, увеличить скороспелость, дружность созревания, повысить устойчивость к болезням и вредителям по сравнению с исходным материалом [3, 4, 5, 6, 7, 8]. Эффект гетерозиса существенно зависит от конкретной комбинации скрещивания и степени генетической дивергентности родительских форм, а также от условий среды [6, 9]. Скороспелость, повышенная урожайность, мощность растений, высокая устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды, выравненность продукции – наиболее характерные признаки проявления гетерозиса у томата [10, 11]. Практический интерес представляет гетерозис, проявляющийся в раннем созревании плодов и дружной отдаче урожая, так как раннеспелые образцы способны уходить от поражения фитофторозом, не снижая продуктивности растений. Ценной особенностью селекции на гетерозис является возможность совмещения в гибриде F_1 различных генов устойчивости к болезням и абиотическим факторам среды без потери скороспелости, урожайности и качества плодов [3, 10, 12].

В связи с этим целью наших исследований было испытание новых гетерозисных гибридов F_1 томата, созданных на основе образцов с генетической детерминацией устойчивости к болезням и качества плодов, в открытом грунте в северо-восточной части Беларуси.

Основная часть

Исследования проводились на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА в 2021–2022 годах. Почва дерново-подзолистая, окультуренная, среднесуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, среднегумусированная, нейтральная со следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 6,5–6,6, содержание P_2O_5 – 218–240 мг/кг, K_2O – 164–165 мг/кг почвы, гумуса – 1,84–2,02 %.

Материалом для изучения эффекта гетерозиса послужили 30 гибридных комбинаций, созданных на основе исходных образцов различного экологического происхождения из коллекций Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, Института генетики и цитологии НАН Беларуси, а также Института генетических ресурсов и Института овощеводства НАН Азербайджана, используемых в рамках совместных исследований. В качестве материнских форм в схеме гибридизации выступали фертильные линии (Линия 16-8 (*I-2*, *Cf-4*, *Cf-9*), Линия 16-57, Линия 19-612 (*t*, *og^c*), Линия 19-645, Линия 19-652) и партенокарпическая Линия № 4 (*Tm-2²*) с функциональной мужской стерильностью. Отцовскими формами являлись сорта *Zafar*, Желтый жемчуг (*Ph-3*, *I-2*, *Cf-4*, *Cf-9*), *Ирма*, а также Линия 217 (*t*) и Линия 221 (*og^c*, *I-2*) [13]. Контролем являлся гибрид F_1 Адапт.

Исследуемые образцы высаживались в трехкратной повторности по 5 растений на делянке. Схема посадки 70х30 см. Возделывание томата осуществлялось в соответствии с рекомендациями, разработанными БГСХА [14]. Учитывалась ранняя (первые три сбора плодов), товарная и общая урожайность, масса товарного плода, а также биометрические показатели. Данные исследований по урожайности обработаны методом однофакторного дисперсионного анализа [15].

Истинный гетерозис оценивали как процент превышения значения признака у гибрида F_1 над значением лучшего родителя $[(F_1 - P_{лучш}) / P_{лучш}] \times 100\%$. Характер наследования признаков определяли по коэффициенту фенотипического доминирования: $H_p = (F_1 - MP) / (P_{лучш} - MP)$; где F_1 – это значение изучаемого признака у гибрида, $P_{лучш}$ – лучший показатель у одной из исходных форм, MP – среднее значение признака у исходных форм [16]. Если $H_p < -1$, то наблюдается отрицательное сверхдоминирование; H_p от -1 до 1 – промежуточное наследование (неполное доминирование); если $H_p > 1$ – положительное сверхдоминирование.

Оценка ранней урожайности при выращивании томата в открытом грунте на северо-востоке Беларуси обусловлена необходимостью отбора скороспелых форм, способных большую часть урожая отдавать за короткий период (табл. 1).

По результатам двухлетних испытаний гибриды F_1 Линия 16-57 х Желтый жемчуг и Линия 19-645 х Желтый жемчуг существенно не уступали раннеспелому контролю Адапт F_1 по массе плодов, собранных за первые три сбора, сформировав 1,99 и 1,78 кг/м² соответственно. Кроме того, высокой ранней урожайностью (1,33 – 1,89 кг/м²) характеризовались гибриды Линия 16-8 х *Zafar*, Линия 16-8 х Желтый жемчуг, Линия 16-57 х *Ирма*, Линия 19-645 х *Zafar*, Линия №4 х Желтый жемчуг.

Таблица 1. Ранняя урожайность и истинный гетерозис гибридов F₁ томата в открытом грунте

Название образца	2021 г.		2022 г.		Среднее	
	Ранняя урожайность, кг/м ²	Истинный гетерозис, %	Ранняя урожайность, кг/м ²	Истинный гетерозис, %	Ранняя урожайность, кг/м ²	Истинный гетерозис, %
Адапт F ₁ стандарт	2,14		1,94		2,04	
Линия 16-8 × Zafar	1,32	41,94	1,34	65,43	1,33	53,68
Линия 16-8 × Желтый жемчуг	2,35	85,04	1,43	180,39	1,89	132,72
Линия 16-8 × Ирма	1,08	77,05	1,06	41,33	1,07	59,19
Линия 16-8 × Линия 217	0,72	33,33	1,21	137,25	0,97	85,29
Линия 16-8 × Линия 221	0,95	75,93	0,89	74,51	0,92	75,22
Линия 16-57 × Zafar	0,66	-29,03	1,10	35,80	0,88	3,39
Линия 16-57 × Желтый жемчуг	2,42	90,55	1,56	437,93	1,99	264,24
Линия 16-57 × Ирма	1,42	132,79	1,34	78,67	1,38	105,73
Линия 16-57 × Линия 217	0,31	-40,38	0,61	205,00	0,46	82,31
Линия 16-57 × Линия 221	0,14	-73,08	0,40	100,00	0,27	13,46
Линия 19-612 × Zafar	0,12	-87,10	0,33	-59,26	0,23	-73,18
Линия 19-612 × Желтый жемчуг	0,90	-29,13	0,75	158,62	0,83	64,74
Линия 19-612 × Ирма	0,59	-3,28	0,54	-28,00	0,57	-15,64
Линия 19-612 × Линия 217	0,17	325,00	0,45	45,00	0,31	185,00
Линия 19-612 × Линия 221	0,05	-78,26	0,26	73,33	0,16	-2,46
Линия 19-645 × Zafar	1,44	41,18	1,34	65,43	1,39	53,30
Линия 19-645 × Желтый жемчуг	1,88	48,03	1,68	154,55	1,78	101,29
Линия 19-645 × Ирма	1,17	14,71	1,00	33,33	1,09	24,02
Линия 19-645 × Линия 217	0,31	-69,61	0,15	-77,27	0,23	-73,44
Линия 19-645 × Линия 221	0,58	-43,14	0,47	-28,79	0,53	-35,96
Линия 19-652 × Zafar	1,19	27,96	0,74	-9,76	0,97	9,10
Линия 19-652 × Желтый жемчуг	1,24	-2,36	0,60	-26,83	0,92	-14,60
Линия 19-652 × Ирма	0,64	-28,89	0,69	-15,85	0,67	-22,37
Линия 19-652 × Линия 217	1,08	20,00	0,69	-15,85	0,89	2,07
Линия 19-652 × Линия 221	1,17	30,00	0,21	-74,39	0,69	-22,20
Линия №4 × Zafar	0,51	-49,50	0,66	-54,17	0,59	-51,84
Линия №4 × Желтый жемчуг	1,52	19,69	1,98	37,50	1,75	28,59
Линия №4 × Ирма	0,27	-73,27	0,16	-88,89	0,22	-81,08
Линия №4 × Линия 217	0,17	-83,17	0,21	-85,42	0,19	-84,29
Линия №4 × Линия 221	0,00	-100,00	1,11	-22,92	0,56	-61,46
НСР ₀₅	0,429		0,459			

Частота положительного гетерозисного эффекта по признаку «ранняя урожайность» в зависимости от года составляла 50–57 % при величине в среднем от 2,07 до 264,24 %. За два года исследований наибольший эффект гетерозиса по ранней урожайности (53,30–264,24 %) отмечен у всех гибридных комбинаций с Линией 16-8, а также у F₁ Линия 16-57 × Желтый жемчуг, F₁ Линия 16-57 × Ирма, F₁ Линия 16-57 × Линия 217, F₁ Линия 19-612 × Желтый жемчуг, F₁ Линия 19-612 × Линия 217, F₁ Линия 19-645 × Zafar, F₁ Линия 19-645 × Желтый жемчуг. Товарная урожайность – основной признак, определяющий коммерческую часть урожая (табл. 2).

Таблица 2. Товарная урожайность и истинный гетерозис гибридов F₁ томата в открытом грунте

Название образца	2021 г.		2022 г.		Среднее	
	Товарная урожайность, кг/м ²	Истинный гетерозис, %	Товарная урожайность, кг/м ²	Истинный гетерозис, %	Товарная урожайность, кг/м ²	Истинный гетерозис, %
Адапт F ₁ стандарт	3,92		4,09		4,01	
Линия 16-8 × Zafar	5,98	62,06	3,92	-9,47	4,95	26,30
Линия 16-8 × Желтый жемчуг	5,84	117,10	5,37	52,12	5,61	84,61
Линия 16-8 × Ирма	3,60	-9,09	3,44	-15,27	3,52	-12,18
Линия 16-8 × Линия 217	4,97	56,29	3,66	3,68	4,32	29,99
Линия 16-8 × Линия 221	4,44	-13,45	5,53	-5,31	4,99	-9,38
Линия 16-57 × Zafar	5,37	3,07	4,69	5,16	5,03	4,11
Линия 16-57 × Желтый жемчуг	6,50	24,76	5,76	29,15	6,13	26,95
Линия 16-57 × Ирма	7,84	50,48	6,35	42,38	7,10	46,43
Линия 16-57 × Линия 217	4,83	-7,29	3,72	-16,59	4,28	-11,94
Линия 16-57 × Линия 221	6,33	21,50	6,29	7,71	6,31	14,60
Линия 19-612 × Zafar	7,25	7,57	4,14	-17,69	5,70	-5,06
Линия 19-612 × Желтый жемчуг	8,70	29,08	6,47	28,63	7,59	28,85
Линия 19-612 × Ирма	6,57	-2,52	3,94	-21,67	5,26	-12,10
Линия 19-612 × Линия 217	4,96	-26,41	3,00	-40,36	3,98	-33,38
Линия 19-612 × Линия 221	7,41	9,94	6,00	2,74	6,71	6,34
Линия 19-645 × Zafar	5,41	46,61	3,76	-13,16	4,59	16,72
Линия 19-645 × Желтый жемчуг	5,20	43,65	5,39	49,72	5,30	46,68
Линия 19-645 × Ирма	3,79	-4,29	4,09	0,74	3,94	-1,78
Линия 19-645 × Линия 217	4,23	16,85	2,88	-20,00	3,56	-1,57
Линия 19-645 × Линия 221	4,92	-4,09	4,12	-29,45	4,52	-16,77
Линия 19-652 × Zafar	4,33	17,34	4,39	1,39	4,36	9,36
Линия 19-652 × Желтый жемчуг	6,39	193,12	4,69	37,13	5,54	115,13
Линия 19-652 × Ирма	4,89	23,48	3,67	-9,61	4,28	6,94
Линия 19-652 × Линия 217	6,18	94,34	3,65	6,73	4,92	50,53
Линия 19-652 × Линия 221	4,73	-7,80	5,04	-13,70	4,89	-10,75
Линия №4 × Zafar	4,52	22,49	3,19	-26,33	3,86	-1,92
Линия №4 × Желтый жемчуг	4,92	62,38	5,99	131,27	5,46	96,83
Линия №4 × Ирма	4,18	5,56	3,03	-25,37	3,61	-9,91
Линия №4 × Линия 217	2,66	-16,35	2,02	-28,37	2,34	-22,36
Линия №4 × Линия 221	4,99	-2,73	5,31	-9,08	5,15	-5,90
НСР ₀₅	2,049		1,169			

Товарная урожайность лучших гибридов F₁ находились на уровне 5,98–8,70 кг/м² в 2021 г. и 5,31–6,47 кг/м² в 2022 г., что превышало значение контроля Адапт F₁ на 30–122 %. Гибриды F₁, выделившиеся по общей урожайности, превысили значение этого признака у контроля Адапт F₁ на 36,3–96,4 %.

Величина истинного гетерозиса по товарной урожайности у изучаемых гибридов изменялась в интервале – 33,38–115,13 %. Положительный эффект отмечался у 47–67 % гибридных комбинаций. Частота гибридов с положительным гетерозисом по общей урожайности (33–57 %) была немного ниже, чем по товарной. В среднем за два года выделены гибридные комбинации с максимальным положительным гетерозисом по товарной (46,43–115,13 %) и общей (37,57–96,70 %) урожайности: Линия 16-8 × Желтый жемчуг, Линия 16-57 × Ирма, Линия 19-645 × Желтый жемчуг, Линия 19-652 × Желтый жемчуг, Линия 19-652 × Линия 217, Линия №4 × Желтый жемчуг. Установлено, что наиболее крупные плоды массой более 90–100 г (табл. 3) имели гибриды F₁ Линия 16-57 × Zafar, Линия 19-612 × Zafar, Линия 19-612 × Линия 217, Линия 19-612 × Линия 221, Линия 19-645 × Zafar.

Таблица 3. Масса плода и истинный гетерозис гибридов F₁ томата в открытом грунте

Название образца	2021 г.		2022 г.		Среднее	
	Масса плода, кг/м ²	Истинный гетерозис, %	Масса плода, кг/м ²	Истинный гетерозис, %	Масса плода, кг/м ²	Истинный гетерозис, %
Адапт F ₁ стандарт	62,13		56,30		59,22	
Линия 16-8 × Zafar	96,08	-4,98	72,16	-21,47	84,12	-13,23
Линия 16-8 × Желтый жемчуг	27,29	-61,95	30,37	-60,15	28,83	-61,05
Линия 16-8 × Ирма	34,99	-51,22	40,10	-47,38	37,55	-49,30
Линия 16-8 × Линия 217	64,22	-18,55	69,82	-8,38	67,02	-13,47
Линия 16-8 × Линия 221	57,70	-19,56	63,78	-18,96	60,74	-19,26
Линия 16-57 × Zafar	117,71	6,21	94,69	3,05	106,20	4,63
Линия 16-57 × Желтый жемчуг	31,84	-71,27	30,63	-65,75	31,24	-68,51
Линия 16-57 × Ирма	47,71	-56,95	55,23	-38,25	51,47	-47,60
Линия 16-57 × Линия 217	92,00	-16,99	80,95	-9,49	86,48	-13,24
Линия 16-57 × Линия 221	87,67	-20,90	79,40	-11,23	83,54	-16,06
Линия 19-612 × Zafar	147,57	-16,53	105,51	-14,02	126,54	-15,28
Линия 19-612 × Желтый жемчуг	41,87	-76,32	34,93	-71,54	38,40	-73,93
Линия 19-612 × Ирма	64,55	-63,49	57,40	-53,23	60,98	-58,36
Линия 19-612 × Линия 217	127,53	-27,86	84,45	-31,18	105,99	-29,52
Линия 19-612 × Линия 221	116,54	-34,08	90,95	-25,89	103,75	-29,98
Линия 19-645 × Zafar	103,75	2,60	91,35	-0,59	97,55	1,01
Линия 19-645 × Желтый жемчуг	26,52	-62,25	27,65	-61,96	27,09	-62,11
Линия 19-645 × Ирма	39,82	-43,32	43,14	-40,64	41,48	-41,98
Линия 19-645 × Линия 217	70,46	-10,64	70,87	-2,49	70,67	-6,57
Линия 19-645 × Линия 221	75,94	8,08	76,98	-2,19	76,46	2,95
Линия 19-652 × Zafar	78,60	-22,27	79,43	-13,56	79,02	-17,92
Линия 19-652 × Желтый жемчуг	23,50	-53,86	24,83	-55,29	24,17	-54,58
Линия 19-652 × Ирма	43,62	-14,35	41,59	-25,12	42,61	-19,74
Линия 19-652 × Линия 217	62,76	-20,41	62,41	-12,38	62,59	-16,39
Линия 19-652 × Линия 221	61,92	10,61	63,59	-19,20	62,76	-4,29
Линия №4 × Zafar	83,60	-17,33	71,45	-22,24	77,53	-19,78
Линия №4 × Желтый жемчуг	24,99	-53,18	29,09	-40,78	27,04	-46,98
Линия №4 × Ирма	42,91	-19,60	40,81	-16,92	41,86	-18,26
Линия №4 × Линия 217	74,57	-5,43	63,04	-11,50	68,81	-8,46
Линия №4 × Линия 221	81,22	45,09	75,76	-3,74	78,49	20,68
НСР ₀₅	12,427		13,134			

Исследование эффекта гетерозиса по массе плода показало преобладание отрицательных значений. Вероятно, это связано с генетическими особенностями вовлеченных в гибридизацию образцов: не только крупноплодных, но и мелкоплодных (Желтый жемчуг с массой плода 8,18 г, Линия №4 – 51,25 г, Линия 19-652 – 53,24 г, которые при этом характеризовались высокой завязываемостью плодов и скороспелостью) и промежуточным характером наследования признака (табл. 4). Положительный эффект гетерозиса в среднем за два года наблюдался только у четырех гибридных комбинаций: Линия 16-57 × Zafar, Линия 19-645 × Zafar, Линия 19-645 × Линия 221, Линия №4 × Линия 221 (от 1,01 до 20,68 %).

Таблица 4. Характер наследования признаков томата в открытом грунте в 2021–2022 гг.

Признаки	Год	Доля гибридных комбинаций, %		
		H _p < -1	-1 ≥ H _p ≤ 1	H _p > 1
Ранняя урожайность	2021	13,3	36,7	50
	2022	13,3	33,3	53,3
	Среднее	13,3	35,0	51,7
Товарная урожайность	2021	3,3	30,0	66,7
	2022	13,3	40,0	46,7
	Среднее	8,3	35,0	56,7
Общая урожайность	2021	6,7	36,7	56,7
	2022	13,3	53,3	33,3
	Среднее	10,0	45,0	45,0
Масса плода	2021	3,3	80,0	16,7
	2022	13,3	83,3	3,3
	Среднее	8,3	81,7	10,0

Особенности наследования признаков урожайности можно оценить по соотношению гибридных комбинаций с разным уровнем коэффициента доминирования. В условиях открытого грунта положительное сверхдоминирование преобладало при наследовании ранней (51,7 % гибридов) и товарной (56,7 % гибридов) урожайности. Проявление признака «общая урожайность» у гибридов в равной степени (по 45 %) определялось промежуточным наследованием или положительным сверхдоминированием. По массе плода преобладало промежуточное наследование (81,7 %).

Заключение

Выявлены гибриды F₁ с высокой ранней (1,33–1,99 кг/м²), товарной (5,61–7,59 кг/м²), общей (6,00–8,09 кг/м²) урожайностью и массой плода 78–127 г.

Выделены гибридные комбинации с максимальным положительным гетерозисом по ранней (53,30–264,24 %), товарной (46,43–115,13 %) и общей (37,57–96,70 %) урожайности. Испытанные образцы характеризуются высоким уровнем и частотой истинного гетерозиса по основным признакам урожайности. Положительное сверхдоминирование проявлялось при наследовании ранней урожайности у 51,7 % гибридов, товарной урожайности – у 56,7 % гибридов, общей урожайности – у 45,0 % гибридов.

Комплексный анализ хозяйственно ценных признаков позволил выявить перспективные гибридные комбинации: Линия 16-8 × Zafar, 16-8 × Желтый жемчуг, Линия 16-8 × Линия 217, Линия 16-57 × Желтый жемчуг, Линия 16-57 × Ирма, Линия 19-645 × Желтый жемчуг, Линия 19-652 × Желтый жемчуг, Линия 19-652 × Линия 217, Линия №4 × Желтый жемчуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аутко, А. А. В мире овощей / А. А. Аутко. – Минск: Технопринт, 2004. – С. 278.
2. FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations) [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/> – Дата доступа: 21.01.2023.
3. Кильчевский, А. В. Селекция гетерозисных гибридов томата: монография / А. В. Кильчевский, В. В. Скорина; Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2005. – 217 с.
4. Нурматов, Н. Ж. Использование гетерозиса в селекции томата на скороспелость / Н. Ж. Нурматов, Э. Жумаев // Овощи России. – 2018. – (4): 36–38. DOI:10.18619/2072-9146-2018-4-36-38.
5. Пивоваров, В. Ф. Частная селекция пасленовых культур / В. Ф. Пивоваров, Р. В. Скворцова, И. Ю. Кондратьева. – Москва, 2002. – 285 с.
6. Турбин, Н. В. Гетерозис. Теория и методы практического использования / Н. В. Турбин. – Минск, 1961. – 263 с.
7. Игнатова, С. И. Селекция тепличных сортов и гибридов томата / С. И. Игнатова, Н. С. Горшкова, Е. И. Кондакова // Селекция и семеноводство овощных и бахчевых культур. – М., 1989. – С. 115–128.
8. Пивоваров, В. Ф. Индицирование мощности гетерозиса в гибридном семеноводстве томата / В. Ф. Пивоваров, Е. Г. Добруцкая // Гавриш. – 1998. – № 5 – 6. – С. 33–34.
9. Хотылева, Л. В. Теоретические аспекты гетерозиса / Л. В. Хотылева, А. В. Кильчевский, М. Н. Шаптуренко // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016;20(4):482-492. DOI 10.18699/VJ16.174.
10. Мамедов, М. И. Гетерозис и корреляционная зависимость по продуктивности и их компонентов у гибридов F₁ томата на стерильной основе / М. И. Мамедов, В. А. Харченко // Селекция и семеноводства овощных культур: Сб. науч. тр. – Всерос. НИИ. – 2002. – Вып. 37. – С. 127 – 145.
11. Кавцевич, В. Н. Гетерозис по компонентам продуктивности плодов у гибридов томата F₁ с участием кистевидных линий / В. Н. Кавцевич, Н. Д. Лисов, Л. А. Тарутина, И. Б. Капуста // Весці БДПУ. Серыя 3. – 2015. – №1. – С. 3–9.
12. Генетические основы селекции томата на гетерозис / Кильчевский А. В., Добродькин М. М., Скорина В. В. и др. // Молекулярная и прикладная генетика: Сб. науч. тр. – Минск, 2008. – Т. 8. – С. 25–39.
13. Использование методов молекулярного маркирования признаков устойчивости к болезням и пигментного состава плодов в селекции томата *Solanum lycopersicum* L. для открытого грунта / И. Г. Пугачева, А. В. Французенок, И. Е. Баева, Н. Ю. Лещина, М. М. Добродькин, Н. А. Некрашевич, О. Г. Бабак, А. В. Кильчевский // Овощеводство = Vegetablegrowing: сборник научных трудов / Национальная академия наук Беларуси, РУП «Институт овощеводства». – Самохваловичи, 2022. – Вып. 30. – С. 117–131.
14. Оптимизация технологии возделывания томата в открытом грунте: рекомендации / А. В. Кильчевский [и др.]. – Горки: БГСХА, 2018. – 51 с.
15. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
16. Брюбейкер, Дж. Л. Сельскохозяйственная генетика / Дж. Л. Брюбейкер. – М.: Колос, 1966. – 224 с.

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ ЯБЛОНИ

В. В. СКОРИНА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: skorina@list.ru

(Поступила в редакцию 09.06.2023)

Яблоня – основная плодовая культура в Республике Беларусь. Получение максимального урожая культуры во многом зависит от действия комплекса многих факторов, важная роль среди которых принадлежит удобрениям. Элементы минерального питания необходимы для нормального роста и развития. При нарушении баланса в системе удобрение нарушается обмен веществ, что в конечном итоге приводит к нарушению развития, снижению урожайности и качества продукции.

В статье предоставлены результаты исследований по оценке влияния комплексного минерального удобрения и кальцийсодержащего удобрения ЛИГОПЛЕКС Са, Ж на биометрические показатели, урожайность и качество плодов сортов яблони.

Установлено, что некорневое применение данных видов минеральных удобрений (Удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 15 (N:P:K 2:3:6) и ЛИГОПЛЕКС Са, Ж) в указанных нормах расхода оказывало положительное влияние на показатели качества и урожайность сортов яблони.

Отмечено при применении Удобрения смешанного «Добрая Сила», марка 15 увеличение однолетнего прироста на 23,3 %, увеличение объема корней на 12,2 % по сравнению с контролем.

В среднем по опыту при применении удобрения ЛИГОПЛЕКС Са, Ж содержание сухих веществ составило 13,4 % в опытном варианте и 12,57 % – в эталоне. Средняя масса плодов яблони увеличилась на 11,2 %, урожайность у сортов Надежны и память Коваленко на 5,35 т/га, достоверно превысив контроль.

По большинству изучаемых показателей при применении удобрения Удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 15 (N:P:K 2:3:6) ЛИГОПЛЕКС Са, Ж отмечено проявление сортовой специфичности.

Ключевые слова: яблоня, сорт, удобрение, урожайность, качество.

The apple tree is the main fruit crop in the Republic of Belarus. Obtaining the maximum crop yield largely depends on the action of a complex of many factors, an important role among which belongs to fertilizers. Mineral nutrition elements are necessary for normal growth and development. If the balance in the fertilizer system is disturbed, the metabolism is disturbed, which ultimately leads to a violation of development, a decrease in yield and product quality.

The article presents the results of studies on the assessment of the effect of complex mineral fertilizer and calcium-containing fertilizer LIGOPLEX Ca, liquid on biometric indicators, yield and quality of fruits of apple varieties.

It has been established that the foliar application of these types of mineral fertilizers (Mixed Fertilizer "Good Power", grade 15 (N:P:K 2:3:6) and LIGOPLEX Ca, liquid) in the indicated consumption rates had a positive effect on the quality indicators and the yield of varieties of apple trees.

An increase in annual growth by 23.3 %, an increase in the volume of roots by 12.2 % compared with the control was noted when using the Mixed Fertilizer "Good Power", grade 15.

On average, according to the experiment, when using the fertilizer LIGOPLEX Ca, liquid, the content of dry substances was 13.4 % in the experimental variant and 12.57 % in the standard. The average weight of apple fruits increased by 11.2 %, the yield of varieties Nadeyna and Kovalenko's memory increased by 5.35 t/ha, significantly exceeding the control.

According to most of the studied indicators, when applying the Mixed fertilizer "Good Power", grade 15 (N:P:K 2:3:6), LIGOPLEX Ca, liquid, a manifestation of varietal specificity was noted.

Key words: apple tree, variety, fertilizer, productivity, quality.

Введение

Главной задачей отрасли плодоводства в Беларуси является обеспечение населения свежими фруктами и продуктами их переработки, которые должны входить в постоянный рацион питания человека. Яблоня – основная плодовая культура в республике. В плодах содержится более 60 макро- и микроэлементов, различные биологически активные вещества, которые обладают высокими диетическими, целебными и питательными свойствами. Плоды яблони могут храниться длительное время.

В настоящее время в Беларуси площадь плодово-ягодных насаждений составляет 94,4 тыс. га, с которых ежегодно получают урожай около 500 тыс. т [1].

Получение максимально возможного урожая сельскохозяйственных культур напрямую зависит от действия комплекса многих факторов, важная роль среди которых принадлежит удобрениям.

Высокая эффективность удобрений отмечена только при применении их в определенной научно обоснованной системе с учетом конкретных почвенно-климатических условий, особенностей питания отдельных культур, агротехники, свойств удобрений и других факторов [2]. В настоящее время некорневые подкормки широко применяются как важный агротехнический прием [3, 4].

Питание растений должно быть сбалансировано и удовлетворять их потребности в соответствии с фенологическими фазами развития. При некорневом применении питательные вещества усваиваются растением практически во время внесения, т.е. это наиболее оперативный способ снабжения растений питательными веществами. Для достижения оптимальных результатов необходимо формирование пофазных систем некорневых подкормок в течение всего вегетационного периода.

Ряд авторов указывают, что элементы минерального питания оказывают как непосредственное, так и опосредованное влияние на качество плодов. Непосредственное влияние элементов питания на качество плодов, включая низкую лежкоспособность и восприимчивость к физиологическим заболеваниям (горькая ямчатость, ожог и т. д.), зависит как от уровня содержания отдельных элементов питания, так и их общего баланса [5].

В своих исследованиях Ю. В. Трунов и др. указывают, что применение минеральных удобрений оказывает заметное влияние на физиологическое состояние растений. Установлено, что достаточно тесная взаимосвязь существует между сохранностью плодов при хранении и их минеральным составом, который в значительной степени определяется мероприятиями по внесению удобрений [6].

По данным ряда литературных источников отмечается, что из всех элементов питания кальций является самым важным с точки зрения обеспечения сохранности плодов при хранении [7, 8, 9, 10].

Кальций, как отмечают исследователи [11] оказывает влияние на процессы старения и качества плодов, изменяя внутриклеточные и межклеточные процессы, в частности, от содержания кальция зависит скорость размягчения мякоти.

В значительной степени это объясняется тем, что кальций замедляет расщепление пектиновых веществ клеточных стенок [11 и др.]. Кальций является неретулируемым элементом и обладает относительно невысокой подвижностью в растении т.к. при снижении физиологической активности цитоплазмы он может выпадать в осадок в форме нерастворимых оксалатов, цитратов и т. д. [12].

Для обеспечения длительной лежкости плодов сорта очень важно подобрать правильный баланс ряда элементов питания с кальцием. В первую очередь это относится к азоту и калию, когда низкое значение К/Са и N/Са являются своеобразными условиями хорошей сохранности плодов [13, 14].

В настоящее время отмечается эффективность некорневых подкормок, которые оказывают большое воздействие на растения, усиливают листовой аппарат, повышая его устойчивость к неблагоприятным факторам, увеличивают скорость роста и обеспечивают лучшее развитие растений, стимулируют раннее цветение и раннее формирование урожая, увеличивают общий объем урожая и повышают качество продукции [15].

Влияние некорневых подкормок на характер ростовых процессов плодовых культур указывают исследования и других авторов [16–19].

В связи с этим целью исследований являлось изучение влияния комплексных минеральных удобрений на биометрические показатели, урожайность и качество плодов у различных сортов яблони.

Основная часть

Исследования проводили в 2021–2022 гг. в учебно-опытном саду и питомнике кафедры плодовоовощеводства УО БГСХА.

Основной особенностью погодных условий 2021 года являлись более высокие среднемесячные температуры в июне на 3,2 °С и июле на 4,2 °С по сравнению со средней многолетней. Начало лета было более засушливым на фоне высоких температур воздуха. В июне количество осадков составило 30 % от среднего многолетнего значения, а в августе, напротив, осадков было в 1,6 раза больше.

Среднемесячные температуры вегетационного периода 2022 года имели значительное отличие от средних многолетних. В целом отмечены превышения среднемесячных температур в пределах от 2,4 °С в июне до 4,0 °С в августе. В апреле и мае среднемесячная температура была на 0,9 °С и 2,1 °С ниже средней многолетней. Отмечены более высокие температуры, по сравнению со средней многолетней, были во II и III декаде августа (на 4,5 °С и 5,6 °С), а также в I и III декаде июня (на 2,6 °С и 3,3 °С), I декаде июля (на 52,7 °С), I декаде августа (на 1,8 °С). Более низкие температуры были в I–III декаде мая (на 1,9–2,4 °С), во II декаде июля и I декаде сентября на 2,6 °С и 4,0 °С ниже средней многолетней.

Избыточное увлажнение, сформировавшееся после таяния снега в начале апреля, в дальнейшем было обусловлено дефицитом влаги в конце июля и особенно в августе. Во II и III декаде августа осадки составляли около 4 % от среднемноголетних значений на фоне повышенных температур воздуха.

Исследования проводили на сортах яблони Белорусское сладкое, Ауксис, Алеся, Надеины, Память Коваленко (подвой 54-118) в саду 2012 г. закладки. Схема размещения 4×2,5 м.

Опытный участок характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН – 6,1, P₂O₅ – 223,0 мг/кг, K₂O – 219,0 мг/кг.

В технологии ухода за культурой яблони придерживались отраслевых регламентов [13]. Борьба с сорной растительностью проводилась по мере отрастания сорняков. На яблоне применяли гербицидный пар в приствольной полосе (3 л/га Торнадо 500, ВР). В междурядьях – естественное залужение с подкашиванием 4 раза за сезон. По мере необходимости проводилась борьба с вредителями (Рогор-С, КЭ – 1,0–1,5 л/га; Шарпей, МЭ – 0,2 л/га) и болезнями (Делан, 70 % в. г. – 0,6 кг/га, Топаз, КЭ – 0,3 л/га).

В качестве источника микроэлементов в 2021 г. изучали удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 15 (N:P:K 2:3:6), производитель: АО «РУСИНХИМ», Россия.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль;

2. Удобрение минеральное NPK+Mg+Si+MЭ, марка 2:8:12, Г. Состав: N_{общ.} – не менее 2 %; P₂O₅ – не менее 8 %; K₂O – не менее 12 %; SiO – 20 %; MgO – не менее 0,6 %; CaO – не менее 0,25 %;

3. Удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 15 (N:P:K 2:3:6).

Вносили при посадке из расчета 120–160 г/дерево и подкормка (внесение в приствольный круг с заделкой и обильным поливом – 60-80 г/м², 1–2 раза за сезон.

В 2022 г. изучали удобрение ЛИГОПЛЕКС Са, Ж с содержанием кальция 15%,

Удобрение ЛИГОПЛЕКС Са, Ж (Биолким С.п.А, Италия) используется для повышения качества плодов. В контрольном варианте, на фоне рекомендованной отраслевым регламентом системы удобрений, исключали обработку солями кальция.

В эталонном варианте, разрешенным к применению на территории Республики Беларусь [20] использовали жидкое микроэлементное удобрение ПОЛИДОН марка КАЛЬЦИЙ, Ж.

Схема опыта на яблони включала следующие варианты:

1. Контроль;

2. Жидкое микроэлементное удобрение ПОЛИДОН марка КАЛЬЦИЙ, Ж (2,0–4,0 л/га);

3. ЛИГОПЛЕКС Са, Ж, Общий оксид кальция (СаО) – 15 %). (2,0–4,0 л/га);

Опрыскивание растений в следующие фазы: начало цветения; до увеличения плодов, 2–4 раза каждые 10–15 дней. Расход рабочей жидкости 1000 л/га.

В работе придерживались основных положений методики полевого опыта [21] и методических указаний по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений [22]. Статистическая обработка результатов исследований выполнена в программе Microsoft Excel.

При применении Удобрения смешанного «Добрая Сила», марка 15 на растениях яблони отмечено достоверное увеличение однолетнего прироста на 23,3 % (табл. 1). Толщина стволика в опытном и эталонном варианте увеличилась на 5,3 и 4,8 % соответственно. Количество основных скелетных корней в этих вариантах опыта достоверно превышало контроль на 7,1 и 5,7 % соответственно. При применении Удобрения смешанного «Добрая Сила», марка 15 на растениях яблони отмечено достоверное увеличение объема корней на 12,2 % по сравнению с контролем.

Таблица 1. Биометрическая характеристика растений яблони

Варианты опыта	Приживаемость, %	Суммарная длина однолетнего прироста, см	Толщина стволика, мм	Количество основных скелетных корней, шт.	Объем корней, см ³
Контроль (без применения удобрения)	98,7	302,1	18,7	14,1	990,2
Удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 15 (N:P:K 2:3:6)	99,7	372,6	19,7	15,1	1110,6
Эталон. Удобрение минеральное NPK+Mg+Si+MЭ, марка 2:8:12, Г	99,5	363,3	19,6	14,9	1083,4
НСР ₀₅	F _ф <F ₀₅	21,625	F _ф <F ₀₅	0,976	66,338

При обработке растений яблони удобрением ЛИГОПЛЕКС Са трехкратно на испытуемых сортах (табл. 2) отмечалось статистически достоверное увеличение растворимых сухих веществ в плодах сорта Надеины (НСР₀₅ – 0,860), растворимых углеводов у сорта Память Коваленко (НСР₀₅ – 0,728), а также у сортов Надеины и Память Коваленко сырой клетчатки и витамина С. В среднем по опыту при применении удобрения ЛИГОПЛЕКС Са, Ж содержание сухих веществ составило 13,4% в опыте и 12,57% – в эталоне.

Таблица 2. Биохимические показатели качества плодов

Варианты опыта	Сухое вещество, %	Растворимые углеводы, %	Сырая клетчатка, %	Витамин С, %	N, %	P, %
Надеины						
Контроль (без удобрений)	11,37	9,32	3,15	10,3	0,36	0,065
ЛИГОПЛЕКС Са, Ж	13,03	9,81	4,04	15,8	0,34	0,065
Эталон. Жидкое микроэлементное удобрение ПОЛИДОН марка КАЛЬЦИЙ, Ж	11,72	8,98	2,97	12,3	0,35	0,065
НСР ₀₅	0,860	F _ф <F ₀₅	0,199	0,914	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅
Память Коваленко						
Контроль (без удобрений)	13,76	9,48	3,266	12,1	0,34	0,065
ЛИГОПЛЕКС Са, Ж	13,88	11,71	3,75	13,8	0,35	0,070
Эталон. Жидкое микроэлементное удобрение ПОЛИДОН марка КАЛЬЦИЙ, Ж	13,42	9,38	3,31	12,3	0,35	0,065
НСР ₀₅	F _ф <F ₀₅	0,728	0,287	1,061	F _ф <F ₀₅	0,004

При применении удобрения ЛИГОПЛЕКС Са для внекорневых подкормок, у испытуемых сортов (табл. 3) отмечалось статистически достоверное увеличение средней массы на 20,6–2,6 %. Плотность кожицы плода является важным параметром, характеризующим транспортные качества плодов, позволяет обеспечить продолжительный срок хранения и сохранения свежести плода.

В проведенных исследованиях в зависимости от сорта при применении удобрения ЛИГОПЛЕКС Са, Ж плотность кожицы плодов повысилась на 8,8–22,0 %. В среднем по опыту применение удобрения ЛИГОПЛЕКС, Ж способствовало повышению плотности кожицы плодов на 1,2 кг/см².

При анализе влияния опытного удобрения на плотность кожицы плодов яблони следует отметить достоверное увеличение данного показателя у сортов Надежны и Память Коваленко.

Таблица 3. Средняя масса, урожайность и плотность плода сортов яблони

Варианты опыта	Сорт (повторение)			
	Надежны		Память Коваленко	
	Масса, г	Плотность, кг/см ²	Масса, г	Плотность, кг/см ²
Средняя масса и плотность плода				
Контроль (без обработки)	150,96	18,02	174,84	17,98
ЛИГОПЛЕКС Са, Ж	182,06	18,9	179,56	19,58
Эталон. Жидкое микроэлементное удобрение ПОЛИДОН марка КАЛЫЦИЙ, Ж	168,28	18,36	177,8	19,44
НСР ₀₅	15,191	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	1,543
Урожайность, т/га				
Варианты опыта	Сорт (повторение)		Среднее	Прибавка т/га
	Надежны	Память Коваленко		
Контроль (без обработки)	66,2	61,2	63,7	
ЛИГОПЛЕКС Са, Ж	70,0	68,1	69,05	5,35
Эталон. Жидкое микроэлементное удобрение ПОЛИДОН марка КАЛЫЦИЙ, Ж	68,3	67,4	67,85	4,15
НСР ₀₅	F _ф <F ₀₅	4,098	3,933	

Отмечено достоверное повышение урожайности (табл. 4) культуры в среднем по опыту (на 8,3 % и 6,5 %) в опытном и эталонном вариантах по отношению к контролю. При применении удобрения ЛИГОПЛЕКС Са достоверно по урожайности отмечена у сортов Память Коваленко в опытном варианте.

Положительное влияние на товарность плодов удобрения ЛИГОПЛЕКС, Ж оказало на сорта и в среднем по сортам. Выход плодов первого товарного сорта увеличился на 3,7 и 5,2 процентных пункта соответственно, достоверно превысив контроль.

Достоверное увеличение средней максимальной массы плода относительно контроля отмечено у сорта Надежны (НСР₀₅ – 12,123) при использовании удобрения ЛИГОПЛЕКС Са.

Достоверное увеличение максимальной массы (табл. 4) плода на отмечено у сортов Надежны и Память Коваленко на 7,0 и 22,4 % соответственно, и на 15,2 % в целом по опыту при использовании удобрения ЛИГОПЛЕКС, Ж.

Таблица 4. Максимальная масса плода, г

Варианты опыта	Сорт (повторение)		Среднее
	Надежны	Память Коваленко	
Контроль (без обработки)	188,0	204,3	196,15
ЛИГОПЛЕКС Са, Ж	201,3	250,9	226,1
Эталон. Жидкое микроэлементное удобрение ПОЛИДОН марка КАЛЫЦИЙ, Ж	192,6	228,0	210,3
НСР ₀₅	12,123	16,267	16,219

По результатам исследований установлено, что некорневые подкормки испытуемым удобрением оказали достоверное влияние на увеличение однолетнего прироста на 23,3 %, количество основных скелетных корней. При обработке растений яблони удобрением ЛИГОПЛЕКС Са отмечалось статистически достоверное увеличение растворимых сухих веществ, сырой клетчатки и витамина С, увеличение средней массы на 20,6–2,6 % и плотности кожицы плодов.

Заключение

Некорневое применение комплексных минеральных удобрений (Удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 15 (N:P:K 2:3:6), ЛИГОПЛЕКС Са, Ж, в указанных нормах расхода оказывает положительное влияние на показатели качества и урожайность сортов яблони.

Отмечено увеличение однолетнего прироста на 23,3 % при применении Удобрения смешанного «Добрая Сила», марка 15. Средняя масса плодов яблони увеличилась на 11,2 %, увеличение объема корней на 12,2 % по сравнению с контролем.

В среднем по опыту при применении удобрения ЛИГОПЛЕКС Са, Ж содержание сухих веществ составило 13,4 % в опытном варианте и 12,57 % – в эталоне. Установлено увеличение средней массы плода на 20,6–2,6 %. Урожайность яблони у сортов Надежны и память Коваленко увеличилась в среднем на 5,35 т/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь; редкол.: И. В. Медведева (председатель) [и др.]. – Минск, 2018. – 234 с.

2. Скорина, В. В. Влияние комплексных минеральных удобрений на урожайность и качество сортов яблони / В. В. Скорина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4. – С. 64–68.
3. Трунов, Ю. В. Биологические основы минерального питания яблони: научное издание / Ю. В. Трунов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж: Изд-во Кварта, 2016. – 418 с.
4. Bondada et al., 2001 (Bondada, B.R., Urea nitrogen uptake by citrus leaves / B.R. Bondada, J.P. Syvertsen, L.G. Albrigo // HortScience. – 2001. – No. 36, No. 6. – P.1061–1065.
5. Marcelle, 1995) Marcelle, R.D. Mineral nutrition and fruit quality / R.D. Marcelle // Acta Horticulturae. – 1995. – Vol. 383. – Pp. 219–226
6. Трунов, Ю. В. Минеральный состав яблочки при некорневых подкормках минеральными удобрениями и биостимулятором роста Эдагум / Ю. В. Трунов, Е. М. Цуканова, Е. Н. Ткачев, О. А. Грезнев, Н. Н.Сергеева, Н. И. Ненько, Ю. Ф. Якуба // Сельскохозяйственная биология. – 20126. – №1. – С. 93–97.
7. Гудковский, В. А. Содержание Са в плодах и его роль в устойчивости к физиологическим заболеваниям / В. А. Гудковский, Т. Л. Урюпина // Вестник с.-х. науки Казахстана. – 1977. – № 12. – С. 42–46.
8. Гудковский, В. А. Содержание кальция в различных частях плодов яблони и его влияние на изменение пектиновых веществ и устойчивость к грибным гнилям / В. А. Гудковский // Экспресс информация Каз. НИИНТИ. Сер. Экономика сельского хозяйства. – Алма-ата, 1984. – Вып. 28. – С. 12–15.
9. Тибилова, Т. С. Влияние хлористого калия на сохраняемость маточников и продуктивность семенников моркови / Т. С. Тибилова // Селекция, семеноводство и технологии возделывания овощных культур: сб. науч тр. – Воронеж, 1989. – С. 50–54.
10. Смирнов, В. Г. Агротехнические аспекты технологии производства плодов в связи с их лежкоспособностью: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.07 / В. Г. Смирнов. – Воронеж, 2002. – 20 с.
11. Кохана, В. М. О пектинометилэстеразе кожицы плодов томата / В. М. Кохана, Н. И. Кривелева, В. В. Арасимович // Известия АН МССР. Серия биологических и химических наук. – 1988. – № 5. – С. 69–70.
12. Третьяков, Н. Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н. Н.Третьяков, Е. И. Кошкин, Н. М. Макрушин, А. С. Лосева, Н. В. Пильщикова, Н. Н. Новиков, Т. В. Карнаухова под ред. Н. Н. Третьякова. – М.: Колос, 1998. – 640 с.
13. Casero T. Interrelation between fruit mineral content and pre-harvest calcium treatments on 'Golden Smoothie' apple quality / T. Casero, A. L. Benavides, I. Recasens // Journal of Plant Nutrition. – 2009. – Vol.33, No.1. – Pp. 27–37.
14. Lanauskas J. The effect of calcium foliar fertilizers on cv. Ligol apples / J. Lanauskas, N. Kviklienė, N. Uselis, D. Kviklys, L. Buskienė, R. Mažeika, G. Staugaitis // Plant soil and environment. – 2012. – Vol. 58, No 10. – Pp. 465–470.
15. Трунов, Ю. В. Минеральное питание и урожайность яблони на слаброслых клоновых подвоях / Ю. В. Трунов – Мичуринск: Изд. МичГАУ, 2003. – 188 с.
16. Бруйло, А. С. Изучение влияния некорневой внесения микроэлементов на рост и развитие яблони в плодоносящем саду / А. С. Бруйло, В. А. Самусь, О. И. Камзолова // Плодоводство: Научные труды Белорусский научно-исследовательский институт плодоводства. – Минск. 1999. – Т.12. – С. 85–90.
17. Самусь, В. А. Адаптивная интенсификация плодоводства в Беларуси / В. А. Самусь / Плодоводство: научн. Тр. / РУП «Институт плодоводства»; редкол.: В. А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. Самохваловичи, 2004. –Т.16. – С. 7–15.
18. Сергеева, Н. Н. Применение специальных удобрений в интенсивных насаждениях яблони на юге России / Н. Н. Сергеева, Н. В. Говорущенко, А. А. Салтанов // Садоводство и виноградарство. – 2002. – №6. – С. 8–10.
19. Сергеева, Н. Н. Система удобрения яблони в интенсивных насаждениях / Н. Н. Сергеева // Садоводство и виноградарство. – 2006. – №1. – С. 8–9.
20. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: справочное издание. – А. В. Пискун [и др.]. – Минск, 2020. – 742 с.
21. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
22. Методические указания по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / В. В. Лапа [и др.]. – РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2008. – 36 с.

РАЗВИТИЕ ЦВЕТКА ЧЕРНОГО ТМИНА НА ПРИМЕРЕ СОРТА СУНІЧНЫ ВОДАР (*NIGELLA DAMASCENA* L.)

А. Л. ИСАКОВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: nastyaisakova213@gmail.com

(Поступила в редакцию 09.06.2023)

Вопросы обогащения культурной флоры новыми видами полезных растений приобретают особую значимость. Это обусловлено целым рядом объективных причин, в числе которых особое место отводится необходимости создания устойчивой сырьевой базы как основы эффективного и устойчивого развития фармацевтической, пищевой, парфюмерно-косметической промышленности и кормопроизводства страны. Сегодня довольно остро также стоит проблема истощения природных запасов дикорастущей флоры и естественной сырьевой базы, заготовки в природных условиях довольно трудоемки, поэтому культивирование лекарственных растений является перспективным. Лекарственные растения широко применяются в медицине: из них получают около трети современных препаратов. Так, актуальным направлением работы с черным тмином (*Nigella* L.) является создание сортов, адаптированных к условиям произрастания. Эффективным методом создания новых сортов для факультативно перекрестноопыляющихся растений является гибридизация – перенос пыльцы с пыльников тычинок одного цветка на рыльце пестика цветка другого образца.

Черный тмин (*Nigella* L.) – однолетняя эфирномасличная, лекарственная и декоративная культура. Особый интерес уделяется сортам вида нигеллы дамасской (*Nigella damascena* L.) при использовании в декоративном садоводстве, ландшафтном дизайне, пищевой, парфюмерно-косметологической отрасли. Сорт Сунічны Водар создан методом индивидуального отбора по хозяйственно ценным признакам. Растение засухоустойчивое, тепло- и светолюбивое. Урожайность – 130,0 г/м². Является перспективным исходным материалом для ведения селекционной работы по признакам декоративности, продуктивности и масличности. Работа по созданию сортов черного тмина (*Nigella* L.) в Республике Беларусь ведется с 2013 года. По результатам исследований, проведенных за период 2013–2019 разработана методика гибридизации нигеллы посевной (*N. sativa* L.) для эффективного ведения селекции на скороспелость, урожайность, масличность. В ходе исследований определены фазы индивидуального развития цветка черного тмина вида *Nigella damascena* L. на примере сорта Сунічны Водар белорусской селекции, что предоставляет возможность не только качественно проводить оценку на отличимость и стабильность сортов вида н. дамасской, но и успешно проводить работы по гибридизации данного вида.

Ключевые слова: нигелла дамасская, развитие, селекция, эфиромасличные растения, гибридизация.

The issues of enriching the cultural flora with new types of useful plants are of particular importance. This is due to a number of objective reasons, among which a special place is given to the need to create a sustainable raw material base as the basis for the effective and sustainable development of the pharmaceutical, food, perfume and cosmetic industries and the country's feed production. Today, the problem of depletion of natural reserves of wild flora and natural raw materials is also quite acute, harvesting in natural conditions is quite laborious, so the cultivation of medicinal plants is promising. Medicinal plants are widely used in medicine: about a third of modern drugs are obtained from them. So, the actual direction of work with black cumin (*Nigella* L.) is the creation of varieties adapted to growing conditions. An effective method for creating new varieties for facultative cross-pollinating plants is hybridization – the transfer of pollen from the anthers of one flower to the stigma of the pistil of a flower of another sample.

Black cumin (*Nigella* L.) is an annual essential oil, medicinal and ornamental crop. Particular interest is given to varieties of the species *Nigella damascena* L., when used in ornamental gardening, landscape design, food, perfumery and cosmetology industries. Variety Sunichny Vodar was created by the method of individual selection according to economically valuable traits. The plant is drought-resistant, warm and photophilous. Its productivity is 130.0 g / m². It is a promising source material for breeding work on the basis of decorativeness, productivity and oil content. Work on the creation of varieties of black cumin (*Nigella* L.) in the Republic of Belarus has been carried out since 2013. Based on the results of studies conducted over the period 2013–2019, a hybridization technique for *N. sativa* L. has been developed for effective breeding for early maturity, yield, and oil content. In the course of the research, the phases of the individual development of the flower of black cumin of the species *Nigella damascena* L. were determined using the example of the variety Sunichny Vodar of the Belarusian selection, which will provide an opportunity not only to qualitatively assess the distinctness and stability of varieties of the species *N. damascena*, but also to successfully carry out work on the hybridization of this species.

Key words: *Nigella damascena*, development, selection, essential oil plants, hybridization.

Введение

Актуальным направлением работы с черным тмином (*Nigella* L.) является создание сортов, адаптированных к условиям произрастания. Эффективным методом создания новых сортов для факультативно перекрестноопыляющихся растений является гибридизация – перенос пыльцы с пыльников тычинок одного цветка на рыльце пестика цветка другого образца. Характерными типами опыления для черного тмина являются как ксеногамия, так и автогамия. Необходимо отметить, что вопросы обогащения культурной флоры новыми видами полезных растений приобретают особую значимость. Это обусловлено целым рядом объективных причин, в числе которых особое место отводится необходимости создания устойчивой сырьевой базы как основы эффективного и устойчивого развития фармацевтической, пищевой, парфюмерно-косметической промышленности и кормопроизводства страны. Сегодня довольно остро также стоит проблема истощения природных запасов дикорастущей флоры и естественной сырьевой базы, заготовки в природных условиях довольно трудоемки, поэтому культивирование лекарственных растений является перспективным. Лекарственные растения широко применяются в медицине: из них получают около трети современных препаратов [7].

Черный тмин (*Nigella L.*) – однолетняя эфирномасличная, лекарственная и декоративная культура. Особый интерес уделяется сортам вида нигеллы дамасской (*Nigella damascena L.*) при использовании в декоративном садоводстве, ландшафтном дизайне, пищевой, парфюмерно-косметологической отрасли. Каждый сорт данного вида обладает своими индивидуальными отличительными как количественными, так и качественными морфологическими признаками. Лекарственные растения широко применяются в медицине: из них получают около трети современных препаратов. Создание и быстрое внедрение сортов и гибридов с высоким потенциалом продуктивности и технологических свойств, устойчивых к воздействию абиотических и биотических факторов среды, а также разработка современных методов семеноводства обеспечивает эффективное использование материально-финансовых ресурсов, экологическую безопасность, энергосбережение и повышает рентабельность сельскохозяйственного производства.

Работа по созданию сортов черного тмина (*Nigella L.*) в Республике Беларусь ведется с 2013 года. По результатам исследований, проведенных за период 2013–2019 разработана методика гибридизации нигеллы посевной (*N. sativa L.*) для эффективного ведения селекции на скороспелость, урожайность, масличность. Безусловно, для успешной работы при проведении скрещиваний образцов черного тмина необходимо было изучить процессы опыления как в естественных (природных), так и в искусственных (принудительное опыление) условиях, а также выявить фазы индивидуального развития цветка черного тмина (*Nigella L.*). Так, руководствуясь данными К. А. Abu-Hammour о процессах опыления данной культуры в природных условиях Иордании [8] и проведения собственных наблюдений за 2014–2015 гг., были определены фазы развития цветка черного тмина (*N. sativa L.*), в которых происходит опыление в естественных условиях среды. При исследовании учитывалась продолжительность цветения одного цветка в условиях Беларуси. Были отмечены фазы, оптимальные для ведения работы по гибридизации: 3-я фаза – изолирование бутона цветка, 5-я фаза – проведение кастрации цветка (рыльца пестика сухие), 6-я фаза – проведение опыления (происходит массовое опыление цветка насекомыми), 7-я фаза – происходит самоопыление цветка. Из-за разнообразия основной окраски цветка у сортов вида *N. damascena L.* и различия ее в разные фазы индивидуального развития, необходимо акцентировать внимание на этом качественном морфологическом признаке для проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность нигеллы (чернушки) [3, 4, 5].

Национальная методика для проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность нигеллы (чернушки) предоставляет возможность селекционерам обратить внимание на соответствующие характерные и отличительные признаки данной культуры, что будет способствовать эффективному ведению дальнейшей селекционной работы по созданию форм и сортов нигеллы с различными хозяйственно ценными свойствами. Так, для сортов нигеллы в качестве группировочных рекомендуется использовать следующие признаки: а) растение: высота; б) цветок: тип; в) цветок: основная окраска со следующими группами окрасок: группа 1 (белая); группа 2 (желтая); группа 3 (бледно-розовая); группа 4 (розово-красная); группа 5 (голубая); группа 6 (синяя); группа 7 (светло-фиолетовая); группа 8 (иная); д) время начала цветения [6].

Основным методом в селекционной работе с экологически и географически отдаленными формами черного тмина является индивидуальный отбор. Отбор лучших растений черного тмина с ценными хозяйственными признаками осуществляется по следующим параметрам: до цветения – общее количество побегов на растении, количество плодолистиков цветка, раннее завязывание бутонов цветка; после цветения – раннее созревание семян, тип и окраска чашелистиков цветка.

Цель работы заключалась в определении фаз индивидуального развития цветка черного тмина вида *Nigella damascena L.* на примере сорта Сунічны Водар белорусской селекции.

Основная часть

Сорт Сунічны Водар был создан методом индивидуального отбора по хозяйственно ценным признакам. Индивидуальный отбор осуществляли с 2014 года, исходным материалом служили три образца-популяции, которые были получены из коллекции ННЦ РАН «Никитский ботанический сад» (Республика Крым), «Горный ботанический сад» (Республика Дагестан) и УО БГСХА «Ботанический сад» (Республика Беларусь). На протяжении трех лет (2017–2019 гг.) изучаемый образец проявлял стабильность и однородность по определенным хозяйственно ценным признакам. В настоящее время сорт Сунічны Водар включен в Государственный реестр сортов растений с 2020 года (по приказу от 29.12.2019) для приусадебного возделывания [2].

Данный сорт отличается засухоустойчивостью, средней урожайностью около 130 г/м² при выращивании на различных типах почв. Высота 60–65 см, растение полностью ветвистое, с сильной облиственностью, средней плотности. Тип цветка махровый, диаметром до 4,5 см, чашелистики светло-голубой окраски, шпательевидной формы. Имеются верхние листья непосредственно под цветками, нектарники отсутствуют. Семена черные, яйцевидной формы с сильным яблочно-земляничным ароматом. Период от появления всходов до массового цветения – 70 дней. Период от появления всходов до начала созревания семян – 106 дней.

Работу по изучению сорта Сунічны Водар (*Nigella damascena* L.) проводили на учебно-опытном поле кафедры плодоовощеводства УО БГСХА и учебно-опытном поле «Тушково» в течение 2014–2023 гг. на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Агрохимические показатели почвы опытного участка: рН КСl – 6,6, содержание P₂O₅ (0,2 М НСl) – 317,9 мг/кг, К₂O (0,2 М НСl) – 182,0 мг/кг почвы, гумуса (0,4n К₂Сг₂O₇) – 2,9 % (индекс агрохимической окультуренности 1,0). Почва опытного участка характеризовалась нейтральной реакцией, повышенным содержанием гумуса, высоким содержанием подвижных соединений фосфора и калия. Погодные условия за годы исследований значительно отличались по температурному и водному режимам, что способствовало объективной оценке селекционного материала по основным хозяйственно ценным признакам. Климат Беларуси определяют как переходный от морского к континентальному и называют умеренно-континентальным. Среднегодовая температура воздуха составляет 7,1 °С. Сумма активных температур (среднесуточная температура воздуха выше 10 °С) за период вегетации растений в республике в среднем составляет 2667 °С. По данным Горецкой метеостанции, средняя многолетняя сумма осадков для района составляет 591 мм в год, причем из этого количества осадков в период апрель-сентябрь выпадает 383 мм, а в период октябрь-март – 208 мм. Увлажнение почвы в течение вегетационного периода достаточное. В слое 0–20 см к началу вегетации запасы продуктивной влаги составляют 65–75 мм, а в метровом слое – 200–250 мм [1].

Основная окраска цветка сорта Сунічны Водар голубая, однако в процессе своего развития она имеет различия, в результате чего наблюдается несоответствие по признаку «окраска цветка» в течение массового цветения сорта, что затрудняет ведение работы по испытанию сорта на однородность, отличимость и стабильность. Тем самым, появилась необходимость в определении окраски цветка *Nigella damascena* L. по фазам развития: от появления бутонов до образования плода (листовки) (рис. 1–4).



Рис. 1. Слева – 1-я фаза индивидуального развития цветка, справа – 2-я фаза развития



Рис. 2. Слева – 3-я фаза индивидуального развития цветка, справа – 4-я фаза развития

1. Бутон среднего размера, округлой формы, еще очень плохо заметны зубцы чашелистиков. Окраска чашелистиков светло-фиолетовая. Внутренние части цветка неразличимы невооруженным глазом.

2. Четко выраженные, но плотно сложенные зубцы чашелистиков. Венчика не видно. Чашечка светло-зеленая со светло-фиолетовыми тяжами вдоль чашелистиков.

3. Зубцы чашечки начинают расходиться. При вскрытии такого бутона видно, что столбики пестика высоко подняты над пыльниками. Пыльники желто-зеленого цвета, расположены спирально, рыльце сухое.



Рис. 3. Слева – 5-я фаза индивидуального развития цветка, справа – 6-я фаза развития

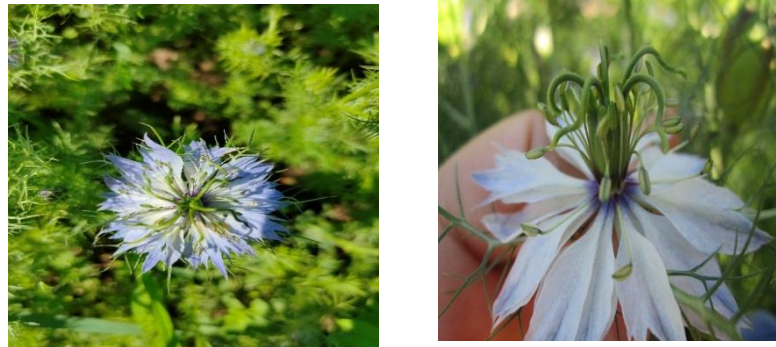


Рис. 4. Слева – 7-я фаза индивидуального развития цветка, справа – 8-я фаза развития

4. Чашечка открыта. Чашелистики упругие, нежно-голубого цвета. Рыльце пестика окружено плотным кольцом пыльников и возвышается над ними. Пыльники желто-зеленые. В этой фазе можно проводить кастрацию цветка.

5. Чашелистики приобретает окраску, свойственную данному сорту – голубую. Окраска пыльников и пыльца светло-желтая. В это время происходит созревание наружного круга тычинок. Стилodium плодолистиков изгибаются к тычинкам. Окраска пыльников и пыльца желтая. На рыльце пестика видна каплеобразная жидкость. В этой фазе возможно опыление.

6. Чашелистики теряют упругость и свою яркую окраску. В это время происходит созревание внутреннего круга тычинок. Стилodium плодолистиков скручиваются и полностью изгибаются к тычинкам. Происходит самоопыление цветка.

7. Происходит увядание чашелистиков, пыльца коричневого цвета, сухая. Листовка увеличена в размере.

8. Сформирована листовка.

Заключение

Таким образом, изученное поэтапное развитие фаз цветка сорта Сунічны Водар черного тмина (*Nigella damascena* L.). предоставит возможность не только качественно проводить оценку на отличимость и стабильность сортов вида н. дамасской, но и успешно проводить работы по гибридизации данного вида. Сорт Сунічны Водар также является перспективным исходным материалом для ведения селекционной работы по признакам декоративности, продуктивности и масличности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата. – Минск-Женева, 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minpriroda.gov.by/uploads/files/Agroklimaticheskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus> – Дата доступа: 21.04.2020.
2. Государственный реестр сортов [Электронный ресурс] / Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2011. – Режим доступа: <http://sorttest.by>. – Дата доступа: 21.04.2020.
3. Исакова, А. Л. Жизнеспособность и фертильность пыльцы нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) и нигеллы дамасской (*Nigella damascena* L.) / А. Л. Исакова, А. В. Исаков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2017. – № 4. – С. 62–65.
4. Исакова, А. Л. Изучение факторов, влияющих на эффективность искусственного опыления нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) / А. Л. Исакова, В. Н. Прохоров // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; пер. с англ. И. О. Песковской. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – Вып. 54. – С. 345–351.
5. Исакова, А. Л. Методика проведения искусственной гибридизации нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) / А. Л. Исакова, А. В. Исаков, В. Н. Прохоров. – Горки: БГСХА, 2018. – 21 с.
6. Исакова, А. Л. Характерные и отличительные признаки, используемые для оценки ООС по методике проведения испытаний на нигелле (*Nigella* L.) / А. Л. Исакова, В. А. Бейня, Н. А. Базылева // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2019. – № 2. – С. 110–113.
7. Моделирование сортов в селекции овощных культур / В. И. Старцев [и др.] // Картофель и овощи. – 2005. – № 4. – С. 8.
8. Abu-Hammour, K. A. Pollination of Medicinal Plants (*Nigella sativa* and *Coriandrum sativum*) and Cucurbitapepo in Jordan / K. A. Abu-Hammour // Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz. – 2008. – P. 28.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (*FRAGARIA* × *ANANASSA DUCH.*) НА ЭТАПЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Е. В. ПОУХ, Т. П. КОБРИНЕЦ, О. С. ИВАНОВА

РУП «Брестская областная сельскохозяйственная опытная станция
Национальной академии наук Беларуси»,
г. Пружаны, Республика Беларусь, 225133, e-mail: elena.v.poukh@yandex.by

(Поступила в редакцию 09.06.2023)

В статье представлены результаты исследований за 2021–2022 гг. по изучению влияния фитоламп с различным спектральным составом света на длину рожка, количество листьев, коэффициент размножения растений-регенерантов земляники садовой на пяти пассажах. Исследования проводились в отделе плодоводства РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» в лабораторных условиях с сортами земляники садовой Азия, Альба, Флоренс. Установлена зависимость ($p < 0,001$) длины рожка, количества листьев сортов земляники садовой от спектрального состава света, сортовых особенностей и от совместного действия этих двух факторов. В ходе исследований установлено преимущество влияния на длину рожка растений-регенерантов земляники садовой спектрального состава света «полный спектр» $5,8 \pm 1,00$ мм, «красный, синий» $5,7 \pm 0,04$ мм на втором пассаже, «красный, синий» $6,1 \pm 0,08$ мм на третьем пассаже, «полный спектр» $6,3 \pm 0,55$ мм, «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» $6,6 \pm 0,16$ мм, «красный, синий» $6,4 \pm 0,06$ мм на четвертом пассаже, «полный спектр» $7,1 \pm 0,04$ мм на пятом пассаже у сорта Альба. А также спектрального состава света «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» $6,7 \pm 0,24$ мм и $7,1 \pm 0,31$ мм у сортов Азия и Флоренс соответственно. Установлено преимущество влияния на количество листьев спектрального состава света «красный, синий» $6,3 \pm 0,11$ шт. на втором пассаже, $7,3 \pm 0,82$ шт. на третьем, $6,08 \pm 1,77$ шт. на пятом пассаже у сорта Азия. Лучший коэффициент размножения на третьем-пятом пассажах был при спектральном составе света «полный спектр» у сорта Флоренс $1,9 \pm 0,11$, $5,3 \pm 0,06$, $4,3 \pm 0,13$ и статистически значимо отличался от других вариантов.

Ключевые слова: земляника садовая, длина рожка, количество листьев, коэффициент размножения, растения-регенеранты, *in vitro*, спектральный состав.

The article presents the results of studies for 2021–2022 of the influence of phytolamps effects with different spectral composition of light on crown branch length, number of leaves, propagation rate of garden strawberry regenerated plants in five passages. The research was carried out in the fruit growing Department of RUE «Brest OSHOS NAS of Belarus» under laboratory conditions with garden strawberry varieties Asia, Alba, Florence. The dependence ($p < 0.001$) of the crown branch length and the number of leaves of garden strawberry varieties on the spectral composition of light, varietal characteristics and on the combined action of these two factors was established. During the studies we established the advantage of the influence on the crown branch length of garden strawberry regenerated plants of the spectral composition of light «full spectrum» 5.8 ± 1.00 mm, «red, blue» 5.7 ± 0.04 mm in the second passage, «red, blue» 6.1 ± 0.08 mm at the third passage, «full spectrum» 6.3 ± 0.55 mm, «red, blue, infrared, ultraviolet» 6.6 ± 0.16 mm, «red, blue» 6.4 ± 0.06 mm at the fourth passage, «full spectrum» 7.1 ± 0.04 mm at the fifth passage in the variety Alba. As well as the spectral composition of light «red, blue, infrared, ultraviolet» 6.7 ± 0.24 mm and 7.1 ± 0.31 mm in varieties Asia and Florence respectively. The effect of «red, blue» light spectral composition 6.3 ± 0.11 units in the second passage, 7.3 ± 0.82 units in the third passage, 6.08 ± 1.77 units in the fifth passage in the variety Asia was found to be advantageous in the number of leaves. The best propagation rate in the third to fifth passages was at «full spectrum» light spectral composition in varieties Florence 1.9 ± 0.11 , 5.3 ± 0.06 , 4.3 ± 0.13 and it was showing statistically significant difference from other variants.

Key words: garden strawberry, crown branch length, number of leaves, propagation rate, regenerated plants, *in vitro*, spectral composition.

Введение

Свет, как важнейший фактор для фотосинтеза и развития растений, оказывает влияние на рост, морфологию, плодоношение растений. Управляя параметрами и характеристиками света, существует возможность оказывать влияние на вышеперечисленные качества растений. Основными характеристиками света, влияющими на развитие растений, являются спектральный состав, интенсивность, изменение спектрального состава [7, 10].

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что среди факторов культивирования большое значение имеет спектральный состав света. На сегодняшний день, перспективным направлением является использование светодиодного освещения для культивирования растений в условиях *in vitro* [12].

Известно, что развитие растительных объектов в условиях *in vitro* значительно отличается в зависимости от их культивирования при различном светодиодном освещении. Что происходит с генетическим аппаратом таких объектов и как это в дальнейшем влияет на физиологическое развитие растений неизвестно [3]. Существующие методики клонального микроразмножения требуют совершенствования с учетом применения современных ресурсосберегающих технологий на основе света искусственных диодов. Эффективность светодиодных установок обусловлена их высокой светоотдачей, отсутствием теплового и ультрафиолетового излучения, энергоемкостью и длительностью работы. Актуальность исследований состоит в том, что корректировка качественного и количественного состава света необходима на каждом этапе технологии получения безвирусного посадочного материала, так как действие света способно контролировать и направлять морфофизиологические процессы, протекающие в растительном организме [11]. Новые технологии позволяют разрабатывать осветители с необходимым спектральным составом для конкретной культуры [4, 5].

Исследования по изучению влияния спектрального состава света являются перспективными и актуальными для изучения. Использование ламп различного спектрального состава может разнонаправлено влиять на процесс ризогенеза плодовых и ягодных культур при клональном микроразмножении, как повышая его, так и снижая [1]. В Барановичском государственном университете было экспериментально установлено, что синий свет стимулирует корнеобразование и увеличение биомассы земляники садовой в условиях *in vitro* и *ex vitro* [6, 8].

Известно, что на этапе собственно микроразмножения, или пролиферации всех культур главным является увеличение коэффициента размножения. На пролиферацию земляники садовой существенное влияние оказывает как питательная среда, так и спектральный состав облучателей [5].

Целью нашего исследования было изучение влияния различного спектрального состава света на морфометрические показатели, сортовые различия растений-регенерантов земляники садовой в культуре *in vitro*.

Основная часть

Работа проводилась в отделе плодоводства РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» в 2021–2022 гг. в лабораторных условиях. Объекты исследований – растения-регенеранты *in vitro* земляники садовой сортов Азия, Альба, Флоренс.

В качестве экспериментальных источников освещения использовали фитолампы с различным спектральным составом света: лампа светодиодная белого цвета – контроль, 40 Вт; светильник светодиодный (полный спектр), 21,5 Вт; светильник светодиодный (сине-красный спектр: красный 660 нм, синий 430 нм, инфракрасный 730 нм, ультрафиолетовый 400 нм, 14 Вт); светильник светодиодный (красно-синий спектр 5:1: красный 650 нм, синий 450 нм, 15 Вт); фито светильник светодиодный (красный 610–650 нм, синий 450–465 нм, оранжевый 610–620 нм), 18 Вт.

Для культивирования растений-регенерантов использовали питательную среду Мурасиге-Скуга по основному составу с добавлением бензиладенина (БА) в концентрации 0,5 мг/л, индолилмасляной кислоты (ИМК) – 0,1 мг/л и гибберелловой кислоты (ГК₃) – 0,1 мг/л. Растения культивировали в течение 3–4 недель при температуре +23 – +25 °С, освещенности 2,5–3,5 тыс. лк., световом режиме 16/8 часов [9]. Повторность двукратная, по 10 растений в повторности.

Для оценки эффективности воздействия источника искусственного освещения на развитие растений-регенерантов земляники садовой в культуре *in vitro* на этапе пролиферации были изучены следующие биометрические показатели: длина рожка (определяли путем измерения растения-регенеранта от корневой шейки до первого самостоятельного листа, мм), количество листьев (общее количество у растения-регенеранта, шт.), коэффициент размножения (количество микророзеток от отдельного растения-регенеранта, шт.). Статистическую обработку проводили, используя ANOVA, двухфакторный дисперсионный анализ, критерий Дункана при $p < 0,05$ для сравнения средних величин ($n=3$) в программе *Statistica 10.0.*, построение графика в программе MS Excel 2010. В таблице данные представлены в виде «среднее значение ± стандартная ошибка».

При использовании экспериментальных источников освещения на этапе микроразмножения в культуре *in vitro* было установлено влияние спектрального состава света, сортовых особенностей и их взаимодействия ($p < 0,01$) на рост и развитие земляники садовой. Статистическая обработка данных позволила выявить зависимость ($p < 0,001$) длины рожка от спектрального состава, сортовых особенностей и от совместного действия этих двух факторов. Анализ полученных результатов показал, что на втором пассаже наибольшая длина рожка была у сорта Альба $5,8 \pm 1,00$ мм при спектральном составе света «полный спектр» и $5,7 \pm 0,04$ мм «красный, синий» (табл. 1).

Таблица 1. Влияние различных спектров на длину рожка сортов земляники садовой на этапе микроразмножения, мм

Вариант	Пассаж					
	II			III		
	Азия	Альба	Флоренс	Азия	Альба	Флоренс
Контроль	5,0±0,09abcd	5,6±0,16ab	4,7±0,29bcde	5,4±0,23cde	7,2±0,06a	5,1±0,06de
Полный спектр	4,7±0,14bcde	5,8±1,00a	2,5±0,05f	5,0±0,01e	5,8±0,37bcd	3,0±0,14h
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	4,9±0,47abcd	4,8±0,21abcd	3,9±0,12de	5,0±0,31ef	5,2±0,03de	4,0±0,20g
Красный, синий	5,3±0,14abc	5,7±0,04ab	4,5±0,02cde	5,2±0,45de	6,1±0,08b	4,7±0,16ef
Красный, синий, оранжевый	3,9±0,22de	5,0±0,23abc	3,7±0,09e	4,8±0,36ef	6,0±0,05bc	4,3±0,15fg
	IV			V		
Контроль	5,3±0,14de	5,5±0,05cde	4,7±0,36ef	5,3±0,06d	5,8±0,22c	5,2±0,09de
Полный спектр	6,1±0,01bc	6,3±0,55ab	4,2±0,23f	6,4±0,13b	7,1±0,04a	4,8±0,43de
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	6,7±0,24ab	6,6±0,16ab	7,1±0,31a	6,3±0,14bc	6,0±0,15bc	4,8±0,23de
Красный, синий	6,1±0,36bcd	6,4±0,06ab	5,1±0,17e	5,0±0,00de	6,2±0,02bc	4,7±0,25e
Красный, синий, оранжевый	4,8±0,25ef	4,9±0,11ef	5,2±0,04e	4,7±0,06e	4,9±0,14de	4,9±0,04de

Примечание. Одинаковое буквенное значение в столбцах означает недостоверность различий между средними значениями при $p < 0,05$.

На третьем пассаже так же сорт Альба отличался большей силой роста. Длина рожка составила $6,1 \pm 0,08$ мм при спектральном составе «красный, синий», $6,0 \pm 0,05$ мм – «красный, синий, оранжевый», $5,8 \pm 0,37$ мм при освещении «полный спектр». Статистически значимо варианты не отличались друг от

друга. Длина рожка значимо больше $7,2 \pm 0,06$ мм была только в варианте «контроль». Дальнейшее культивирование земляники садовой показало, что на четвертом пассаже лучшим спектральным составом для всех сортов был «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет», и длина рожка у сорта Флоренс составила $7,1 \pm 0,31$ мм, Азия – $6,7 \pm 0,24$ мм, Альба – $6,6 \pm 0,16$ мм. Статистически значимо варианты не отличались друг от друга. На пятом пассаже достоверное влияние на длину рожка $7,1 \pm 0,04$ мм оказал спектральный состав «полный спектр» для сорта Альба. Установлена зависимость количества листьев у растений-регенерантов от факторов спектральный состав, сортовых особенностей и их взаимодействия ($p < 0,001$). При оценке этого показателя отмечается достоверное влияние лампы со спектральным составом «красный, синий» [2] для сорта Азия $6,3 \pm 0,11$ шт. на втором пассаже (табл. 2).

Таблица 2. Влияние различных спектров на количество листьев земляники садовой на этапе микроразмножения, шт.

Вариант	Пассаж					
	II			III		
	Азия	Альба	Флоренс	Азия	Альба	Флоренс
Контроль	$5,2 \pm 0,23b$	$4,7 \pm 0,09bcd$	$3,5 \pm 0,07ef$	$6,7 \pm 0,66ab$	$6,1 \pm 0,07bc$	$4,2 \pm 0,27de$
Полный спектр	$4,2 \pm 0,36cde$	$3,7 \pm 0,00ef$	$3,6 \pm 0,07ef$	$5,2 \pm 0,02cd$	$3,7 \pm 0,01e$	$3,7 \pm 0,23e$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$5,0 \pm 0,34bc$	$5,1 \pm 0,83bc$	$3,2 \pm 0,06f$	$5,6 \pm 0,22bc$	$5,9 \pm 0,03bc$	$4,1 \pm 0,10e$
Красный, синий	$6,3 \pm 0,11a$	$4,7 \pm 0,17bcd$	$3,8 \pm 0,09def$	$7,3 \pm 0,82a$	$6,0 \pm 0,23bc$	$4,2 \pm 0,14de$
Красный, синий, оранжевый	$4,7 \pm 0,24bcd$	$5,0 \pm 0,23bc$	$3,4 \pm 0,10ef$	$6,3 \pm 0,18ab$	$6,4 \pm 0,56ab$	$4,3 \pm 0,05de$
	IV			V		
Контроль	$5,4 \pm 0,17a$	$4,4 \pm 0,07bc$	$4,0 \pm 0,11cdef$	$5,8 \pm 0,33ab$	$5,7 \pm 0,33abc$	$5,6 \pm 0,33abcd$
Полный спектр	$3,4 \pm 0,03gh$	$3,4 \pm 0,22gh$	$3,1 \pm 0,01h$	$3,9 \pm 0,06de$	$4,4 \pm 0,09bcde$	$3,8 \pm 0,12e$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$3,4 \pm 0,17gh$	$4,0 \pm 0,05cd$	$3,5 \pm 0,04efgh$	$4,1 \pm 0,01cde$	$3,5 \pm 0,03e$	$4,4 \pm 0,09bcde$
Красный, синий	$4,4 \pm 0,33c$	$4,8 \pm 0,15b$	$3,5 \pm 0,19fgh$	$6,1 \pm 1,77a$	$4,4 \pm 0,37bcde$	$4,0 \pm 0,08de$
Красный, синий, оранжевый	$4,2 \pm 0,09c$	$4,0 \pm 0,09cde$	$3,7 \pm 0,05defg$	$4,9 \pm 0,00abcde$	$4,2 \pm 0,03bcde$	$4,6 \pm 0,15abcde$

Примечание. Одинаковое буквенное значение в столбцах означает недостоверность различий между средними значениями при $p < 0,05$.

Как видно из представленных данных, наибольшее количество листьев на третьем пассаже $7,3 \pm 0,82$ шт. у сорта Азия было при освещении «красный, синий». А также при спектральном составе света «красный, синий, оранжевый» у сортов Альба $6,4 \pm 0,56$ шт. и Азия $6,3 \pm 0,18$ шт., но статистически значимо варианты не отличались друг от друга. Значения количества листьев на четвертом и пятом пассажах были наибольшими при освещении «красный, синий» и «контроль». Достоверное влияние $5,4 \pm 0,17$ шт. спектрального состава проявилось в варианте «контроль» только на четвертом пассаже у сорта Азия. Установлена зависимость коэффициента микроразмножения в течение четырёх пассажей от факторов сорт ($p < 0,05$), спектрального состава ($p < 0,001$) и их взаимодействия ($p < 0,001$). На втором пассаже коэффициент микроразмножения был наибольшим $1,7 \pm 0,00$ у сорта Азия при освещении «полный спектр», у сорта Флоренс $1,7 \pm 0,09$ – «красный, синий, оранжевый» и $1,7 \pm 0,24$ – «красный, синий» (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициент микроразмножения земляники садовой на II-V пассажах

Вариант	Пассаж					
	II			III		
	Азия	Альба	Флоренс	Азия	Альба	Флоренс
Контроль	$1,3 \pm 0,05cde$	$1,4 \pm 0,00acde$	$1,5 \pm 0,11abcd$	$1,4 \pm 0,07cd$	$1,2 \pm 0,04d$	$1,2 \pm 0,05d$
Полный спектр	$1,7 \pm 0,00ab$	$1,5 \pm 0,00abcd$	$1,2 \pm 0,03e$	$1,5 \pm 0,06bc$	$1,7 \pm 0,03ab$	$1,9 \pm 0,11a$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$1,6 \pm 0,05abcd$	$1,3 \pm 0,14cde$	$1,6 \pm 0,04abc$	$1,2 \pm 0,00d$	$1,2 \pm 0,06d$	$1,2 \pm 0,09d$
Красный, синий	$1,4 \pm 0,13cde$	$1,3 \pm 0,02de$	$1,7 \pm 0,24b$	$1,3 \pm 0,18cd$	$1,2 \pm 0,12d$	$1,2 \pm 0,06d$
Красный, синий, оранжевый	$1,5 \pm 0,02abcd$	$1,3 \pm 0,03cde$	$1,7 \pm 0,09b$	$1,4 \pm 0,03cd$	$1,2 \pm 0,11d$	$1,3 \pm 0,12cd$
	IV			V		
Контроль	$2,2 \pm 0,12ef$	$2,9 \pm 0,40bcd$	$2,5 \pm 0,31cde$	$2,6 \pm 0,38bcd$	$2,6 \pm 0,17bc$	$1,7 \pm 0,14g$
Полный спектр	$3,2 \pm 0,00b$	$3,0 \pm 0,00bc$	$5,3 \pm 0,06a$	$2,9 \pm 0,20b$	$2,4 \pm 0,00bcde$	$4,3 \pm 0,13a$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$2,4 \pm 0,16cdef$	$2,3 \pm 0,20ef$	$1,8 \pm 0,03f$	$2,2 \pm 0,23cdef$	$2,9 \pm 0,12b$	$1,7 \pm 0,09g$
Красный, синий	$3,3 \pm 0,43b$	$1,8 \pm 0,26ef$	$2,5 \pm 0,20cde$	$1,8 \pm 0,17fg$	$2,1 \pm 0,03defg$	$1,9 \pm 0,03fg$
Красный, синий, оранжевый	$3,4 \pm 0,03b$	$3,4 \pm 0,06b$	$2,3 \pm 0,06def$	$2,8 \pm 0,09b$	$2,6 \pm 0,17bc$	$1,9 \pm 0,06efg$

Примечание. Одинаковое буквенное значение в столбцах означает недостоверность различий между средними значениями при $p < 0,05$.

Статистически значимо варианты не отличались друг от друга. На третьем – пятом пассажах лучший коэффициент микроразмножения $1,9 \pm 0,11$, $5,3 \pm 0,06$, $4,3 \pm 0,13$ был при спектральном составе «полный спектр» у сорта Флоренс и статистически значимо отличался от других вариантов.

Для получения наибольшего числа микророзеток растений-регенерантов земляники садовой сортов Азия, Альба, Флоренс в условиях культуры *in vitro* целесообразно использовать спектральный состав «полный спектр» (рисунок). Суммарный коэффициент размножения растений-регенерантов вышеуказанных сортов составил $9,3$; $8,6$; $12,6$ шт. Значения по данному показателю превышали контроль ($7,5$; $8,1$; $6,8$ шт.) в $1,2$; $1,1$; $1,9$ раза соответственно.

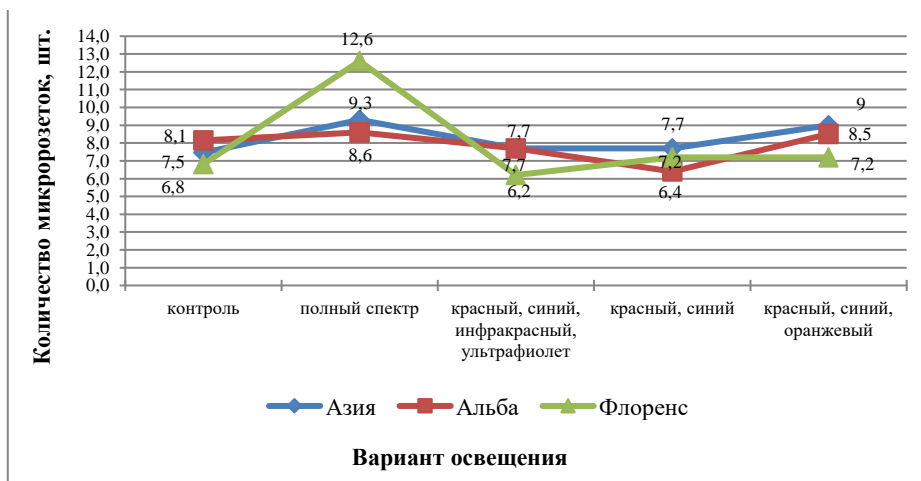


Рис. Влияние спектрального состава света на суммарный коэффициент размножения растений-регенерантов земляники садовой в культуре *in vitro*

Использование спектрального состава «красный, синий, оранжевый» способствовало увеличению коэффициента размножения растений-регенерантов сорта Азия (9,0 шт.) в сравнении с контрольным вариантом (7,5 шт.) в 1,2 раза.

Заключение

Выявлено положительное влияние светодиодного освещения с различным спектральным составом света на развитие растений-регенерантов земляники садовой сортов Азия, Альба, Флоренс в культуре *in vitro*, по сравнению с люминесцентными. В ходе исследований на длину рожка микрорастений земляники садовой сорта Альба установлено преимущество влияния спектрального состава света «полный спектр» $5,8 \pm 1,00$ мм на втором, $6,3 \pm 0,55$ мм четвертом, $7,1 \pm 0,04$ мм пятом пассажах; «красный, синий» $5,7 \pm 0,04$ мм на втором, $6,1 \pm 0,08$ мм третьем, $6,4 \pm 0,06$ мм четвертом пассажах; «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» $6,6 \pm 0,16$ мм на четвертом пассаже. А также спектрального состава «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» $6,7 \pm 0,24$ мм и $7,1 \pm 0,31$ мм на четвертом пассаже у сортов Азия и Флоренс соответственно. На количество листьев установлено преимущество влияния спектрального состава «красный, синий» $6,3 \pm 0,11$ шт. на втором пассаже, $7,3 \pm 0,82$ шт. на третьем, $6,1 \pm 1,77$ шт. на пятом пассаже у сорта Азия.

Для получения наибольшего числа микророзеток растений-регенерантов земляники садовой сортов Азия, Альба и Флоренс в условиях культуры *in vitro* целесообразно использовать спектральный состав света «полный спектр». Для культивирования растений-регенерантов сортов Азия, Альба еще и спектральный состав света «красный, синий, оранжевый».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бьядовский, И. А. Влияние различных по спектральному составу светодиодных источников света на укореняемость земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa*) *in vitro* / И. А. Бьядовский // Тр. по прикл. бот., генет. и сел.-и. – 2019. – Т. 180 (1). – С. 33–37.
- 2 Влияние различных спектров освещения на рост земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) на этапе микроразмножения в культуре *in vitro* / Е. В. Поух [и др.] // Плодоводство Беларуси: от традиций к инновациям: матер. Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 18–19 авг. 2022 г. / РУП «Ин-т плодоводства»; редкол.: А. А. Татанов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – С. 36–41.
- 3 Генетический полиморфизм растений-регенерантов винограда, полученных при различном светодиодном освещении / Т. В. Никонович [и др.] // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.: науч.-методич. журн. – 2019. – № 2. – С. 163–167.
- 4 Исследование влияние светодиодного освещения на рост и развитие растений / А. Ю. Хомяков [и др.] // Электронные средства и системы управления: материалы докл. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2015. – № 1. – С. 259–262.
- 5 Маркова, М. Г. Влияние питательной среды и спектрального состава света на размножение земляники *in vitro* / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 35–41.
- 6 Мороз, Д. С. Влияние света светодиодных осветителей различного спектрального состава на адаптацию растений-регенерантов земляники садовой *Fragaria* × *Ananassa* Duch. к нестерильным условиям / Д. С. Мороз, М. Ю. Шпак, Е. А. Петровская // Перспективы развития науки в современном мире: сб. ст. по материалам XV междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 7 марта 2019 г. / редкол.: И. А. Соловьев [и др.]. – Уфа, 2019. – С. 101–107.
- 7 Оптимизация условий освещения при культивировании микророзеток *Solanum tuberosum* L. сорта Луговской *in vitro* / И. Ф. Головацкая [и др.] // Вестн. Томс. гос. ун-та. Биология. – 2013. – № 4 (24). – С. 133–144.
- 8 Особенности адаптации меристемных растений земляники садовой *Fragaria* × *ananassa* Duch. в условиях светодиодного освещения / Д. С. Мороз [и др.] // Вестн. БарГУ. Сер. биол. науки (общая биология). – 2019. – № 7. – С. 73–82.
- 9 Размножение плодовых и ягодных растений в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик [и др.]; под общ. ред. Н. В. Кухарчик. – Минск: «Беларуская навука», 2016. – 208 с.
- 10 Тихомиров, А. А. Спектральный состав света и продуктивность растений / А. А. Тихомиров, Г. М. Лисовский, Ф. Я. Сидько – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 168 с.
- 11 Шпак, М. Ю. Изучение влияния света искусственных диодов различного спектрального состава на ризогенез земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) в культуре *in vitro* / М. Ю. Шпак // Техника и технологии: инновации и качество: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 19 дек. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т, Студен. науч. сообщество БарГУ; редкол.: В. В. Климух (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи, 2017. – С. 174–175.
- 12 Шпак, М. Ю. Особенности развития растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) в культуре *in vitro* при различном освещении / М. Ю. Шпак, Т. В. Никонович // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.: науч.-методич. журн. – 2015. – № 3. – С. 73–78.

АКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ БЕЛКА МУТАНТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ТВЁРДОЙ *TRITICUM DURUM* DESF.

И. В. НАЛЕТОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: grozer27@gmail.com

В. С. ЗАЯЦ

ЗАО «Струнные технологии»
г. Минск, Республика Беларусь, 220089, e-mail: v.zayats@unitsky.com

(Поступила в редакцию 09.06.2023)

В настоящее время внимание в селекции и биотехнологии злаковых культур нацелено на увеличение урожайности. При росте урожайности растения теряется качество самой продукции, в селекции пшеницы твёрдой один из самых важных показателей является показатель белка в зерне. В статье раскрываются основные пути накопления белка в зерновках пшеницы твёрдой (*Triticum durum* desf.) во время вегетации. Предложены схемы селекции оценённых образцов пшеницы твёрдой из полученных мутантов на основании 2–3-летних данных изучения. Исследования проводились на пшенице твёрдой различных сортов, мутантные образцы получали посредством химического (*N*-Нитрозо-*N*-Метилмочевина (NMU), *N* – нитрозо – *N* – этилмочевина (NEU)) мутагенеза. Воздействию подвергались семена сортов Розалия и Ириде. В дальнейшем проводилось изучение физиологических особенностей в ходе роста и развития растений на протяжении 3 лет. Из полученных семян проводили экстракцию белка и дальнейшее его изучение. Свободную форму экстрагировали 0,15 М фосфатным буфером с pH 5,8. С помощью тонкослойной хроматографии определяли процентное содержание аминокислот в структурах белка. Для целей селекционной интерпретации наиболее важное значение имеют мутантные формы, с изменёнными позициями компонентов, так как это, вероятно, может быть сопряжено с проявлением новых, ценных свойств, не проявляемых на уровне фенотипа.

В вариантах мутантного потомства, обнаружены проявления ряда отличий по критериям белкового спектра, в сравнении с исходными формам. Данные отличия дают основу для возможности дальнейшего использования полученных форм пшеницы твёрдой для создания сорта и его внедрения в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: пшеница твёрдая, химический мутагенез, физический мутагенез, накопление белка.

Currently, attention in the selection and biotechnology of cereal crops is aimed at increasing yields. With an increase in the yield of a plant, the quality of the product itself is lost; in the breeding of durum wheat, one of the most important indicators is the indicator of protein in the grain. The article reveals the main ways of protein accumulation in grains of durum wheat (*Triticum durum* desf.) during the growing season. Schemes for the selection of evaluated samples of durum wheat from the obtained mutants based on 2–3-year study data are proposed. Studies were carried out on durum wheat of various varieties, mutant samples were obtained by chemical (*N*-Nitroso-*N*-Methylurea (NMU), *N*-nitroso-*N*-ethylurea (NEU)) mutagenesis. The seeds of Rosalia and Iride varieties were exposed to the impact. Subsequently, the study of physiological characteristics during the growth and development of plants was carried out for 3 years. From the obtained seeds, the protein was extracted and further studied. The free form was extracted with 0.15 M phosphate buffer with pH 5.8. Using thin layer chromatography, the percentage of amino acids in protein structures was determined. For the purposes of breeding interpretation, the most important are mutant forms with changed positions of the components, since this may be associated with the manifestation of new, valuable properties that are not manifested at the phenotype level.

In variants of mutant offspring, manifestations of a number of differences were found according to the criteria of the protein spectrum, in comparison with the original forms. These differences provide the basis for the possibility of further use of the obtained forms of durum wheat to create a variety and introduce it in agriculture.

Key words: durum wheat, chemical mutagenesis, physical mutagenesis, protein accumulation.

Введение

В настоящее время внимание селекционеров злаковых культур уделено, в частности, на увеличение урожайности. При росте урожайности культуры теряется качество самой продукции, в селекции пшеницы твёрдой один из самых важных показателей является показатель белка в зерне.

Производство макаронных изделий на территории Беларуси постоянно требует поиска качественного и недорогого сырья для изготовления макарон и хлебобулочных изделий. Главный критерий на входном контроле предприятий выставляется показатель стекловидности и содержание белка.

Стековидность зерна обуславливается высоким содержанием белков легкорастворимых альбуминов и глобулинов, с последующим накоплением проламинов и глютелинов. Именно данные белки способствуют высокому показателю качества и стекловидности. В селекции злаковых культур, а особенно пшеницы твёрдой, должно преобладать направление увеличения питательной ценности и биохимических показателей.

Исходя из целей увеличения содержания белка в семенах, следует рассмотреть путь накопления запасных белков эндосперма зерновки пшеницы твёрдой, а также пути поиска доноров признака увеличения содержания белка, для последующего создания нового перспективного сорта.

Белок, злаковые запасают в основном проламины и глютеины. Остальные белки, которые часто встречаются это альбумины, глобулины, и прочие протеиды. Альбумины – белки растворимые в воде, глобулины – солерастворимые. Растворимая форма белков в воде играет важнейшую часть для растений при прорастании. Протеиды представляют собой простые пептиды, которые включают компоненты не аминокислотные, например протетическая группа [1]. Глютенны являются одним из важнейших запасующих белков, эти белки позволяют семенам пшеницы находиться в длительном хранении, также повышают хлебопекарные свойства муки. Глютен, как и глиадин концентрируются в основном в центральной части эндосперма пшеницы твёрдой. Фракции белка различают по аминокислотному составу, при этом уделяется особое внимание на количественное содержание незаменимых аминокислот. В среднем глютаминовая кислота в клейковине составляет до 39 %, пролин 14 % и лейцин 8 %. Как правило, низкое содержание незаменимых аминокислот в пшеницы приходится на метионин, триптофан, лизин [2, 3].

Количество и качество клейковины у пшеницы твёрдой в зерне, как и у других злаковых зависит от генетических особенностей сорта, а также от воздействия окружающей среды на растения [2]. Полипептидная связь в белках глиадинов построена на связях внутримолекулярных дисульфидных (рис. 1).



Рис. 1. Структура глиадина и глютеина

Глиадин включает в себя белки с молекулярной массой от 22 до 80 кД и одноцепочные димеры от 36 до 44 кД. Глиадин также является очень ценным источником $-NH_2$ групп и пролина, низкомолекулярные белки такие как альбумин 5–10 %, глобулины до 1,5 % (11–12 кД) и глютеина 6 % (104–125 кД). Также достаточно редкие такие белки, как альфа-глиадины от 30 до 75 кД [3].

Белок глютеин является значительно гетерогенным белковой фракцией в сравнении с глиадином, его молекулярная масса составляет от 50 до 3000 кД. Глютеин имеет линейную структуру, что на прямую воздействует на свойства клейковины, вязкость теста из муки пшеницы твёрдой обусловлена раскачиванием гибких цепей и перемещения их относительно друг друга. Эластичность теста зависит влияния высокомолекулярных субъединиц глютеина массой 100 кД [3]. Растения для синтеза аминокислот используют азот водорастворимый из почвы. В начале цветения пшеница твёрдая значительно сокращает потребление азота из почвы и увеличивает содержание водорастворимые аминокислотные комплексы. После цветения в растениях начинают накапливаться солерастворимые белки (проламины и глютелины), при этом снижается содержание некоторых аминокислот в структурах запасных белков, лизина, триптофана метионина, что приводит к снижению биологической ценности самого белка [4, 5]. К моменту налива зерна, синтез новых белков значительно уменьшается, в этот период начинается отток питательных веществ от листьев к колосу. Азотистые вещества, главным образом аминокислоты, в основном переходят из листьев верхнего яруса (фланговые листья, колосовые ости, междоузлия).

Основная часть

Химический мутагенез: Семена растений пшеницы твёрдой сортов Ириде и Розалия [6] замачивали в растворе химического мутагена в экспозициях и трёх временных отрезков – 6 часов; 12 часов; 24 часа, концентрация мутагена 0,1; 0,05; 0,025; 0,01; 0,005 % (N-Нитрозо-N-Метилмочевина (NMU), N – нитрозо – N – этилмочевина (NEU)). Отдельную партию семян предварительно прорастили и подвергли химическому мутагенезу при помощи «мутагенно-мази» – изготовленной самостоятельно, после экспозиции времени промыли в водопроводной стерильной воде.

Для изготовления мутагенно-мази, используется концентрат ланолина 5 г. с добавлением жидкой части мутагена, согласно концентрациям. После добавления растворенного мутагена включая дополнительно 5-бромурацил (5BU) всё перемешивается и хранится при температуре – 20 °С. Для приготовления стерильной воды, использовали 2 литра водопроводной воды, помещённой в стеклянную коническую колбу и погруженную для стерилизации в автоклав в течении 20 минут при температуре + 120 °С. В процессе промывания задействовали шейкер лабораторный ULab US-1350L, промывание семян происходило в конических колбах на 250 мл, установленных в шейкер и в течении 2 часов со скоростью 150 об/мин. производилось удаление мутагено-мази/мутагена после вымачивания проросших семян.

Исследования проводились на растениях пшеницы твёрдой *Triticum durum* Desf. прошедших физический и химический мутагенный процесс, с последующим изучением физиологических особенностей в ходе роста и развития растений на протяжении 3 лет. Выделение (экстрагирование) белка из семян.

Свободную форму экстрагировали 0,15 М фосфатным буфером с рН 5,8 добавляют цитозоль клеток в 2М хлористом калии, гидрофобно-связанную форму 0,2 % растворе тритона X-100, ковалентно-связанную в 0,5 % растворе папаина. Тритон X 100 – позволяет растворить мембраны клеток без повреждения цитозолей. Раствор папаина – полипептид позволяющий растворять фосфолипиды мембран клеток, применение возможно при совместном добавлении трис-буфера, что растворяет гидрофобные белки без их денатурации.

Аминокислотный состав определяли при помощи тонкослойной хроматографии [7,8]. Бумагу для определения обрабатывают 0,5% раствором нингидрина в ацетоне с последующим прогревом от 90 до 110 °С. Также отдельно был проведён анализ на содержание аминокислот при помощи электрофореза.

При помощи тонкослойной хроматографии удалось получить расслоение на отдельные компоненты белка (аминокислоты) в структурах запасных белков зерновки пшеницы твёрдой *Triticum durum* Desf. (табл. 1). Тонкослойная хроматография позволяет оценить процентное содержание аминокислот в структурах белка.

Таблица 1. Средний состав запасных питательных белков (%) зерновок пшеницы твёрдой, полученных при использовании химического мутагенеза за 2020–2022 гг.

Сорт	Временная экспозиция, ч.	6				12				24			
	Концентрация мутагена, %	0,05	0,025	0,01	0,005	0,05	0,025	0,01	0,005	0,05	0,025	0,01	0,005
N-Нитрозо-N-Метилмочевина (NMU)													
	Контроль, %												
Ириде	16,30	15,78	16,50	16,40	17,06	15,24	15,65	16,10	16,52	15,41	15,84	16,14	16,33
Розалия	15,73	15,64	16,10	16,44	16,54	16,08	16,28	16,41	17,40	15,87	16,25	16,37	16,42
N – нитрозо – N – этилмочевина (NEU)													
Ириде	16,30	15,81	16,47	16,33	16,81	15,09	15,74	17,92	16,40	15,37	15,93	16,77	17,61
Розалия	15,73	15,58	16,21	16,30	16,83	16,17	16,36	16,48	16,92	15,76	16,04	16,17	16,80
Растения, обработанные «мутаногено-мазью»													
N-Нитрозо-N-Метилмочевина (NMU)													
Ириде	16,30	15,70	11,20	16,70	16,74	15,91	15,82	15,96	15,77	15,46	15,61	15,66	15,87
Розалия	15,73	14,84	14,58	14,67	14,43	13,02	13,17	13,06	13,91	13,14	13,17	13,77	13,15
N – нитрозо – N – этилмочевина (NEU)													
Ириде	16,30	10,16	10,27	10,15	16,27	10,57	10,58	10,00	15,11	8,30	8,49	9,27	9,14
Розалия	15,73	9,77	9,68	11,94	11,61	10,68	10,94	11,47	14,72	9,77	9,74	10,43	15,87
5-Бромурацил (5BU)													
Ириде	16,30	14,26	14,57	16,18	16,73	15,71	15,49	16,40	16,07	16,49	16,71	16,03	15,34
Розалия	15,73	14,58	16,44	16,07	14,15	13,48	15,70	15,37	15,71	15,04	15,77	16,41	16,37

При исследовании запасных белков у мутантных образцов пшеницы твёрдой, были выделены заметные изменения как лучшую сторону по содержанию белка, так и худшую сторону. Наибольший процент накопления питательных белков наблюдался при действии 0,01 % 12 ч экспозиции NEU на сорт Ириде (17,92 %), по сравнению с контролем (16,30 %) – увеличение составляет 9,1 % от контроля. У сорта Розалия при действии 0,005 % NMU 12 ч экспозиции увеличение по сравнению с контролем составило 10,6 %. При применении мутагено-мази по большей части происходило уменьшение концентрации белка, вплоть до 9,68 % в сорте Розалия 0,025 % 6 ч экспозиции NEU (уменьшение на 38,4 % от контроля).

Заключение

Согласно полученным результатам, применение химического мутагенеза влияет на накопление белка в зерновке пшеницы твёрдой сортов Ириде и Розалия. При действии 0,01 % N-нитрозо-N-этилмочевина и 12 ч экспозиции на сорт Ириде удалось получить процент на накопления белка на 9,1 % выше, чем у контроля. На сорт Розалия большее влияние оказало действие N-нитрозо-N-метилмочевины в течение 12 ч в концентрации 0,005 %. Увеличение оказалось 10,6 % по сравнению с контролем. Таким образом, данные растения могут быть использованы для создания сорта с увеличенным содержанием запасных питательных белков, что является важным критерием для возделывания пшеницы твёрдой в Республике Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

- Eskin N. A. M., Shahidi F. Biochemistry of foods. – 2012.
- Максютова, Н. Н. Сравнительное исследование действия абсцизовой кислоты и сАМР на синтез белков зерновок пшеницы в условиях засухи / Н. Н. Максютова, Л. В. Викторова // Биохимия. – 2003. – Т. 68. – № 4. – С. 523-528. – EDN OONYVD.
- Максютова, Н. Н. Изменение интенсивности синтеза белков зерновок пшеницы в зависимости от времени суток / Н. Н. Максютова, И. А. Тарчевский // Физиология растений. – 1975. – Т. 22. – № 2. – С. 289-294. – EDN TXZSXZ.
- Белова, Л. П. Влияние хлорамфеникола и циклогексана на синтез белков различных фракций у пшеницы / Л. П. Белова, Н. Н. Максютова, И. А. Тарчевский // Физиология растений. – 1978. – Т. 25. – № 2. – С. 230–235. – EDN NXXVKQ.
- Авторское свидетельство № 1734758 А1 СССР, МПК А61К 35/64. Способ регуляции биосинтеза белка в растении: № 4770320: заявл. 26.12.1989: опубл. 23.05.1992 / Н. Н. Максютова, Т. Б. Мартынова, С. И. Панкратова; заявитель КАЗАНСКИЙ ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ. – EDN HQJHLM.
- Дуктова, Н. А. Твёрдая пшеница–новая зерновая культура в Беларуси: проблемы и перспективы / Н. А. Дуктова, В. П. Дуктов, В. В. Павловский // Известия Нац. акад. наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2016. – Т. 1. – № 3. – С. 85–92.
- Ворожейкин, С. Б. Из истории разделения аминокислот методом тонкослойной хроматографии / С. Б. Ворожейкин, В. В. Манзаев // ФГОС 3++ по направлению 04.03. 01 химия: проблемы подготовки и перспективы внедрения. – 2017. – С. 48–53.
- Bele, A. A. An overview on thin layer chromatography / A. A. Bele, A. Khale // International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2011. – Vol. 2. – №. 2. – 256 p.

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

Т. В. МЕЛЬНИКОВА

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, e-mail: melnikovatatsiana@aol.com

(Поступила в редакцию 12.06.2023)

Изучение 90 сортообразцов коллекционного материала озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения по морфологическим признакам (высота растений в фазу флагового листа, высота растений в фазу полной спелости, число колосков в главном колосе, число зерен в колоске, длина главного колоса, плотность главного колоса) показало их значительное варьирование. Группа сортов из Германии в среднем по коллекционному питомнику превысила средние показатели по числу колосков в главном колосе на 6,6 %, по числу зерен в колосе – на 4,0 %, по длине главного колоса – на 5,9 % и заслуживает внимания для дальнейшего поиска среди сортов этой группы ценных селекционных форм. По комплексу признаков колоса выделены сорта Acratos, Skagen (Германия), Амелия, Ода (Беларусь), представляющие интерес для дальнейшего использования в качестве родительских форм в селекции по созданию новых перспективных генотипов с высокой продуктивностью. По числу колосков в главном колосе данные сорта превзошли контрольный сорт Элегию на 0,3–3,2 %, по числу зерен в колосе – на 0,6–9,4 %, по длине главного колоса – на 5,9–19,9 %. При этом сорта Skagen (Германия) и Ода (Беларусь) сформировали высоту растения в фазу полной спелости меньше сорта-контроля на 10,4 и 6,1 % соответственно.

Ключевые слова: озимая пшеница, коллекционный питомник, высота в фазу флагового листа, высота в фазу полной спелости, число колосков в главном колосе, число зерен в колоске, длина главного колоса, плотность главного колоса.

The study of 90 varieties of collection material of winter soft wheat of various ecological and geographical origin according to morphological characteristics (height in the flag leaf phase, height in the full ripeness phase, number of spikelets in the main spike, number of grains in the spikelet, length of the main spike, density of the main spike) has shown their significant variation. The group of varieties from Germany on average for the collection nursery exceeded the average indicators in terms of the number of spikelets in the main spike by 6.6 %, in terms of the number of grains in the spike – by 4.0 %, in the length of the main spike – by 5.9 % and deserves attention for further search among the varieties of this group of valuable breeding forms. Varieties Acratos, Skagen (Germany), Amelia and Oda (Belarus), which are of interest for further use as parental forms in breeding programs to create new promising genotypes with high productivity, have been identified based on the complex of ear traits. By the number of spikelets in the main spike, these varieties surpassed the control variety Elegia by 0.3–3.2 %, by the number of grains in the spike – by 0.6–9.4 %, by the length of the main spike – by 5.9–19.9 %. At the same time, varieties Skagen (Germany) and Oda (Belarus) formed a plant height in the phase of full ripeness less than the control variety by 10.4 and 6.1 %, respectively.

Key words: winter wheat, collection nursery, height in the flag leaf phase, height in the full ripeness phase, number of spikelets in the main spike, number of grains in the spikelet, length of the main spike, density of the main spike.

Введение

Успех любой селекционной работы определяет наличие генетически изученного исходного материала с надлежащим уровнем разнообразия. В Беларуси подавляющее большинство районированных сортов озимой мягкой пшеницы было создано путем внутривидовых скрещиваний, при этом использовались как близкие между собой, так и географически отдаленные формы. Географическая удаленность форм, которые используются в селекционных программах, является гарантией генетических различий между ними, увеличивая возможность получения эффекта гетерозиса. Эколого-географический принцип подбора родительских пар при гибридизации является основной в современной селекционной работе в Беларуси и за рубежом [1].

В связи с этим особую актуальность приобретает исследование свойств новых коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы из разных стран мира. Привлечение их в гибридизацию помогает выявить их селекционную ценность в почвенно-климатических условиях выращивания и создать конкурентно-способные сорта озимой пшеницы.

Основная часть

Исследования проводили в 2018–2020 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», с целью изучения коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы с дальнейшим выделением ценных источников хозяйственно полезных признаков, вовлекаемых в селекционный процесс. Коллекционные образцы изучались, руководствуясь методическими указаниями по изучению мировой коллекции пшеницы [2].

Площадь делянки 5 м², повторность двукратная. Предшественник – озимый рапс, норма высева – 400 зерен на м². В качестве контроля использовали сорт озимой мягкой пшеницы Элегия, который в годы проведения исследований являлся контролем в ГСИ РБ [3]. Почва дерново-подзолистая супесчаная. Агрохимические показатели пахотного слоя: рН(КСИ) – 5,13–6,03, содержание подвижного Р₂О₅ – 178–254 мг/кг, К₂О – 278–420 мг/кг почвы. Был проведен биометрический анализ растений каждого коллекционного образца по показателям: высота растений в фазу флагового листа, высота растений в фазу полной спелости, число колосков в главном колосе, число зерен в колоске, длина главного колоса, плотность главного колоса.

Объектами исследований являлись созданные в разные годы 90 сортов отечественной и зарубежной селекции, которые были разделены на 11 групп в зависимости от эколого-географического происхождения. Группы образцов из России и Украины были разделены на две подгруппы согласно агроклиматической характеристике территории этих стран [4,5,6]: Россия-ЦР (центральный регион), Россия-СКР (северокавказский регион), Украина-ЛС (лесостепь), Украина-С (степь).

Высота растений в фазу флагового листа. Как видно из табл. 1, высота растений озимой мягкой пшеницы в фазу флагового листа в среднем по коллекции составила 72,6 см, при варьировании данного признака в интервале 51,6 см Heng 7228 (Китай) – 82,7 см Дар Зернограда (Россия СКР). Высота растений сорта-контроля Элегии составила 75,0 см. Основная масса сортов (63,3 %) была ниже Элегии. Наименьшей высотой в данной фазе характеризовались образцы групп сортов китайской (58,2 см) и азербайджанской (66,3 см) селекции, а наибольшей сорта из группы Россия-ЦР (77,6 см). Высота растений в фазе флагового листа оставшихся групп сортов расположилась в интервале 70,5–75,9 см.

Таблица 1. Характеристика групп сортообразцов озимой мягкой пшеницы по высоте растений в фазу флагового листа (среднее за 2018–2020 гг.)

Группа происхождения	Высота растений, см				V, %
	среднее	min	max	max-min	
Элегия, контроль	75,0				11,5
Азербайджан	66,3±1,3*	64,5 (Ehkinchi 8)	67,6 (Gyrmyzy Gjul-1)	3,1	5,0
Беларусь	75,9±2,6	71,3 (Капылянка)	78,8 (Канвеер)	7,4	9,2
Болгария	74,1±5,4	65,3 (Петя)	82,1 (Садово 1)	16,8	6,3
Германия	75,8±3,5	71,5 (Catalus)	82,5 (Batis)	11,0	9,6
Китай	58,2±5,6	51,6 (Heng 7228)	66,6 (Yangmai 11)	15,0	3,8
Россия-СКР	74,4±5,9	66,3 (Юнона)	82,7 (Дар Зернограда)	16,4	6,3
Россия-ЦР	77,6±3,2	71,9 (Влади)	80,8 (Немчиновская 24)	8,9	7,6
Словакия	70,5±4,0	62,4 (PS Zaira)	77,5 (Torysa)	15,1	5,9
США	73,9±4,6	67,7 (Prairie Red)	80,8 (PL 145)	13,1	4,3
Украина-ЛС	71,8±4,1	65,4 (Яворина)	81,8 (Достаток)	16,4	7,7
Украина-С	73,4±4,0	67,9 (Ukrainka odes'ka)	81,9 (Зорепад)	14,0	6,3
среднее	72,6				

* здесь и далее в таблицах стандартное отклонение.

Высота растений в фазу полной спелости. Одним из важных показателей является высота растений, т. к. она определяет морфологический тип растения в целом и оказывает существенное влияние на устойчивость к полеганию [7]. По результатам изучения коллекционных образцов в среднем за три года высота растений в фазу полной спелости коллекционных образцов варьировала от 60,2 Гаоуоу 9618 (Китай) до 108,0 см 83W023034 (США) (таблица 2). В среднем по коллекции данный показатель был на уровне 84,3 см. У контроля Элегия высота растения составила 91,9 см. В питомнике в основном преобладали среднерослые сорта с высотой растений 81–110 см (66 шт. или 73,3 %), но наибольшую селекционную ценность в качестве источников короткостебельности представляют низкорослые сорта, с высотой растений ниже 80 см. В группу низкорослых образцов вошли 24 сорта, удельный вес которых составил 26,7 %.

Из представленных групп по происхождению наименьшую высоту растений показали образцы из Китая (Гаоуоу 9409, Гаоуоу 9618, Heng 7228, Jing 9428, Liangxing 99, Yangmai 11). Данные сорта были ниже сорта-контроля на 15,3–32,6 м или на 16,6–32,5 % и все они были отнесены к низкорослым сортам.

Сорта отечественной селекции были среднерослыми. Наиболее высокорослым в данной группе был сорт Капылянка (100,7 см), наименее – сорт Ода (86,3 см). В группу среднерослых сортов вошли все сорта из США (в среднем за годы изучения, показавшие высоту от 80,6 (Finch) до 108,0 см (83W023034)) и подавляющее количество российских сортов. Только сорт Юнона (Россия-СКР) отмечен как низкорослый – 78,0 см.

Таблица 2. Характеристика групп сортообразцов озимой мягкой пшеницы по высоте растений в фазу полной спелости (среднее за 2018–2020 гг.)

Группа происхождения	Высота растений, см				V, %
	среднее	min	max	max-min	
Элегия, контроль	91,9				11,7
Азербайджан	79,5±4,0	74,4 (Gyrmyzy Gjul-1)	85,5 (Nurlu 99)	11,1	8,9
Беларусь	92,2±4,8	86,3 (Ода)	100,7 (Капылянка)	14,4	12,4
Болгария	83,5±3,7	77,6 (Петя)	88,8 (Садово 1)	11,2	4,9
Германия	84,0±5,3	73,1 (Samurai)	92,7 (Batis)	19,6	12,9
Китай	67,4±5,8	60,2 (Gaoyou 9618)	74,9 (Yangmai 11)	14,7	4,0
Россия-СКР	85,6±4,5	78,0 (Юнона)	92,3 (Дар Зернограда)	14,3	12,2
Россия-ЦР	95,7±7,3	88,0 (Немчиновская 24)	106,1 (Влади)	18,1	7,5
Словакия	80,4±3,6	74,8 (PS Zaira)	87,2 (MS Luneta)	12,4	5,3
США	90,0±10,0	80,6 (Finch)	108,0 (83W023034)	27,4	12,0
Украина-ЛС	85,5±7,5	70,8 (Madyarka)	96,0 (Voloshkova)	25,3	13,5
Украина-С	84,7±4,2	77,7 (Lada odes'ka)	91,0 (Пилипівка)	13,3	12,7
среднее	84,3				

В группе коллекционных образцов из Азербайджана преобладали низкорослые сорта при незначительной изменчивости (V=8,9 %). Исключение составил среднерослый сорт Nurlu 99, высота которого в среднем за годы изучения составила 85,5 см.

Группу сортов из Германии преимущественно можно отнести к среднерослым за исключением короткостебельных образцов Cubus, Samuraj и Бононза, у которых высота растений в среднем составила 80,3; 73,1 и 79,1 см соответственно. Следует отметить, что сорт Бононза из данной группы заслуживает наибольшего внимания, т. к. высота растений у него была наиболее стабильной по годам: изменения по данному признаку не превысили 3,9 см ($V=2,0\%$). Сорта из Болгарии, Словакии и Украины преимущественно были среднерослыми, за исключением сортов Ivaniv's'ka ostista и Voloshkova, которые были ниже сорта-контроля Элегии на 0,9–21,1 см, или 1,0–23,0 %.

Число колосков в колосе. Одним из самых важных показателей продуктивности озимой пшеницы – число колосков в колосе и в среднем по коллекции он составил 18,2 шт. (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика групп сортообразцов озимой мягкой пшеницы по числу колосков в колосе (среднее за 2018–2020 гг.)

Группа происхождения	Число колосков в колосе, шт.				V, %
	среднее	min	max	max-min	
Элегия, контроль	19,7				3,5
Азербайджан	17,3±0,6	16,6 (Nurlu 99)	18,2 (Gyrmyzy Gjul-1)	1,6	4,2
Беларусь	19,7±1,1	17,5 (Капылянка)	20,5 (Канвеер)	3,0	3,5
Болгария	17,7±1,1	15,7 (Садово 1)	19,3 (Царевец)	3,6	5,3
Германия	19,4±0,9	17,2 (Фагус)	20,6 (Batis)	3,5	4,3
Китай	17,0±1,2	15,5 (Jing 9428)	19,2 (Heng 7228)	3,7	5,8
Россия-СКР	17,5±0,6	16,4 (Зерноградка 8)	18,2 (Ростовчанка)	1,8	3,9
Россия-ЦР	18,4±0,6	17,5 (Немчиновская 24)	19,2 (Немчиновская 57)	1,7	4,5
Словакия	18,7±0,9	17,5 (PS Zaira)	19,9 (MS Luneta)	2,4	4,1
США	17,0±1,3	15,1 (Prairie Red)	18,3 (83W023034)	3,2	5,3
Украина-ЛС	18,6±0,7	16,9 (Яворина)	19,5 (Khurtovyna)	2,6	4,2
Украина-С	17,9±0,6	16,9 (Lada odes'ka)	19,0 (Пилипівка)	2,1	3,9
среднее	18,2				

Наибольшее их количество было у сорта Batis (Германия) – 20,6 шт., а наименьшее у сорта Prairie Red (США) – 15,1 шт. У контроля этот показатель составил 19,7 шт. Установлено, что двенадцать сортов (13,3 %) превысило по данному показателю Элегию. В среднем по группе белорусские сорта сформировали наибольшее количество колосков в колосе – 19,7 шт. Максимальное их число было у сорта Канвеер (20,5 шт.), а минимальное у Капылянки (17,5 шт.). Несколько меньшее количество колосков в колосе отмечено у группы сортов из Германии – в среднем по группе 19,4 шт. Наименьшее количество колосков сформировалось в колосьях сортов из США, Китая – по 17,0 шт. и Азербайджана – 17,3 шт.

В группах сортов из Болгарии, России-СКР, России-ЦР, Украины-ЛС и Украины-С не отмечено сортов, превысивших сорт Элегию по данному показателю. Из сортов болгарской селекции два сорта превысили контроль: MS Luneta и Torusa на 0,2 и 0,1 шт. соответственно.

Число зерен в колоске. По мнению ряда исследователей, число зерен в колоске является важным показателем для дальнейшего увеличения продуктивности колоса, так как в колоске закладывается от 3 до 5, а иногда и больше цветков, однако формируются только 2-3 зерновки. В наших исследованиях озерненность колоска в среднем по коллекционному питомнику составила 2,07 шт. (табл. 4). Установлено, что среди коллекционных образцов не выявлено сортов со средним и большим (2,6 шт. и более) числом зерен в колоске. В среднем за годы исследований Элегия сформировала 2,15 зерновки в колоске. Наибольшей озерненностью колоска характеризовался сорт Madejka (Словакия) – 2,64 шт., что выше сорта-контроля на 0,49 шт. или 22,8 %. Наименьшим данный показатель был у сорта Боряна (Болгария) – 1,49 шт. В среднем за годы исследований превзошли сорт-контроль 34 изучаемых сорта (37,8 %).

Таблица 4. Характеристика групп сортообразцов озимой мягкой пшеницы по числу зерен в колоске (среднее за 2018–2020 гг.)

Группа происхождения	Число зерен в колоске, шт				V, %
	среднее	min	max	max-min	
Элегия, контроль	2,15				2,91
Азербайджан	2,04±0,25	1,67 (Nurlu 99)	2,32 (Ehkinchi 84)	0,65	16,34
Беларусь	2,20±0,11	2,10 (Канвеер)	2,41 (Капылянка)	0,31	9,56
Болгария	2,02±0,26	1,49 (Боряна)	2,43 (Юнак)	0,94	13,40
Германия	2,15±0,23	1,87 (Batis)	2,58 (Catalus)	0,71	11,02
Китай	2,03±0,19	1,81 (Yangmai 11)	2,28 (Heng 7228)	0,47	14,71
Россия-СКР	2,14±0,17	1,93 (Зерноградка 8)	2,53 (Юнона)	0,61	13,10
Россия-ЦР	1,75±0,10	1,59 (Немчиновская 57)	1,87 (Немчиновская 24)	0,28	9,87
Словакия	1,90±0,31	1,62 (Vladarka)	2,64 (Madejka)	1,02	9,82
США	2,14±0,15	1,98 (PL 145)	2,40 (Yumar)	0,42	15,76
Украина-ЛС	2,02±0,17	1,70 (Vil'shana)	2,29 (Kyiv's'ka ostista)	0,59	12,77
Украина-С	2,19±0,16	1,88 (Голубка одесска)	2,41 (Viktoria odes'ka)	0,53	13,80
среднее	2,07				

В среднем по группам происхождения наибольшим числом характеризовались сорта из Беларуси (2,20 шт.) и Украины-С (2,19 шт.).

Длина главного колоса. Среди всех изучаемых признаков, длина колоса имеет наиболее тесную положительную корреляцию с урожайностью зерна ($r=0,50$). Это показывает на возможность повышения

урожайности методом отбора сортов с хорошо развитым колосом. Между изученными сортами наблюдались большие отличия по данному показателю. Данные табл. 5 свидетельствуют о том, что длина главного колоса варьировала от 7,8 см Jing 9428 (Китай) до 11,2 см Амелия (Беларусь) и в среднем по коллекции составила 8,8 см. У контрольного сорта данный показатель составил 9,4 см. Установлено, что 15 сортов (16,7 % изучаемых сортообразцов) превысили сорт Элегию по длине главного колоса. При группировке сортов по странам установлено, что сорта белорусской селекции имели более длинный колос, чем сорта из других стран. В среднем длина главного колоса белорусских сортов составила 10,0 см, в то время как минимальным этот показатель был у сортообразцов из Китая – 8,2 см. Установлено, что подавляющее количество сортов имело среднюю длину колоса (88 сортов или 97,8 %), и только два, по результатам трехлетних исследований отнесены к длинноколосым: помимо отечественного сорта Амелия, длинный колос сформировал сорт Мера (Россия-ЦР) – 10,6 см. Сорта из Германии и России-ЦР сформировали колос в среднем по группе длиной 9,4 и 9,5 см соответственно. Длина главного колоса у групп сортов иного происхождения была существенно меньше.

Таблица 5. Характеристика групп сортообразцов озимой мягкой пшеницы по длине главного колоса (среднее за 2018–2020 гг.)

Группа происхождения	Длина главного колоса, см				V, %
	среднее	min	max	max-min	
Элегия, контроль	9,4				12,2
Азербайджан	8,5±0,2	8,3 (Ehkinchi 84)	8,8 (Nurlu 99)	0,6	9,2
Беларусь	10,0±0,8	8,9 (Капылянка)	11,2 (Амелия)	2,4	9,0
Болгария	8,5±0,6	7,9 (Петя)	9,7 (Юнак)	1,8	5,7
Германия	9,4±0,7	8,4 (Фарус)	10,5 (Skagen)	2,1	9,4
Китай	8,2±0,3	7,8 (Jing 9428)	8,8 (Heng 7228)	1,0	8,6
Россия-СКР	8,5±0,5	7,9 (Ростовчанка 7)	9,1 (Дон 105)	1,2	7,4
Россия-ЦР	9,5±0,8	8,3 (Немчиновская 40)	10,6 (Мера)	2,3	8,3
Словакия	8,4±0,4	7,9 (Viglanka)	9,2 (Stelarka)	1,3	5,7
США	8,4±0,3	7,8 (Finch)	8,8 (83W023034)	1,0	9,0
Украина-ЛС	9,0±0,4	8,4 (Vil'shana)	9,9 (Khurtovyna)	1,5	8,9
Украина-С	8,7±0,4	8,1 (Пилипівка)	9,5 (Fantaziya odes'ka)	1,4	9,1
среднее	8,8				

Плотность главного колоса. Важный показатель продуктивности сорта озимой пшеницы – плотность колоса, определяемая количеством колосков на 10 сантиметров его длины. Анализ результатов изучения данного признака главных колосьев показал, что средние величины у коллекционных сортообразцов колебались в интервале от 16,9 у сортообразца Prairie Red до 22,6 колосков/10 см у Samurai (табл. 6), в то время как у контрольного сорта Элегия плотность колоса была 20,2 колосков/10 см, при среднем значении по питомнику – 19,6 колосков/10 см.

Таблица 6. Характеристика групп сортообразцов озимой мягкой пшеницы по плотности колоса (среднее за 2018–2020 гг.)

Группа происхождения	Плотность колоса, число колосков/10 см				V, %
	среднее	min	max	max-min	
Элегия, контроль	20,2			3,4	7,9
Азербайджан	19,4±1,3	17,7 (Nurlu 99)	21,0 (Gyrmyzy Gjul-1)	3,3	7,8
Беларусь	18,9±1,0	17,3 (Амелия)	20,2 (Элегия)	2,9	6,0
Болгария	19,8±1,8	17,2 (Садово 1)	21,9 (Боряна)	4,7	2,6
Германия	19,9±1,2	18,3 (Cubus)	22,6 (Samurai)	4,3	5,8
Китай	19,5±0,9	18,0 (Liangxing 99)	20,8 (Heng 7228)	2,8	4,4
Россия-СКР	19,6±1,0	18,5 (Дар Зернограда)	21,9 (Ростовчанка 7)	3,4	5,4
Россия-ЦР	18,4±1,1	16,9 (Мера)	20,5 (Немчиновская 40)	3,5	4,9
Словакия	20,9±0,9	19,5 (Stelarka)	22,3 (MS Luneta)	2,8	3,4
США	19,2±1,7	16,9 (Prairie Red)	21,9 (Finch)	5,0	5,2
Украина-ЛС	19,7±0,9	18,3 (Яворина)	21,1 (Ivanivs'ka ostista)	2,8	5,2
Украина-С	19,5±1,0	17,9 (Nakhodka)	22,5 (Пилипівка)	4,5	6,1
среднее	19,6				

Больше всего было сортообразцов, отнесенных к рыхлоколосым – 68 шт., оставшиеся 22 сортообразца характеризовались средней плотностью колоса. Наиболее плотные колосья сформировала группа сортов из Словакии – в среднем по группе 20,9 колосков/10 см и все сорта превзошли по данному показателю Элегию. Из группы белорусских сортообразцов наибольшая плотность главного колоса была у сорта Элегия, при среднем значении по группе 18,9 колосков/10 см. Длинноколосый отечественный сорт Амелия показал наименьшее значение показателя в группе – 17,3 колосков/10 см. В среднем по группам наименьшую плотность главного колоса сформировали сорта из России-ЦР – 18,4 колосков/10 см, где длинноколосый сорт Мера показал минимальную плотность колоса в группе –

16,9 колосков/10 см и лишь один сорт из данной группы Немчиновская 40 (20,5 колосков/10 см) превысил контрольный сорт.

Заключение

Проведена оценка по морфологическим признакам 90 коллекционных образцов озимой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Установлено, что из коллекционного материала высотой растения в фазу полной спелости меньше, чем у контрольного сорта Элегия обладали 77 сортов. Сорта Acratos, Skagen (Германия), Амелия и Ода (Беларусь) превысили по трем морфологическим показателям колоса (число колосков в главном колосе, число зерен в колоске, длина главного колоса) Элегию. При этом сорта Skagen и Ода сформировали высоту растения в фазу полной спелости меньше сорта-контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гриб, С. И. Стратегия и приоритеты селекции полевых культур в Беларуси / С. И. Гриб // Земледелие и растениеводство. – 2020. – № 4. – С. 3–7.
2. Широкий унифицированный классификатор Беларуси *Triticum L.* / Ф. И. Привалов [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2011. – 48 с.
3. Результаты испытания сортов растений озимых, яровых зерновых, зернобобовых и крупяных на хозяйственную полезность в Республике Беларусь за 2014–2016 годы: 80 лет сортоиспытанию / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»; сост. С. А. Любовицкий [и др.]. – Минск: [б. и.], 2017. – 176 с.
4. Агроклиматическая характеристика природно-сельскохозяйственных провинций равнинной территории России / Г. В. Добровольский [и др.]. – М.: Издательство «Астрель», 2011. – С.284–285.
5. Агрокліматичний довідник по території України / за редакцією Т. І. Адаменко [та інш.]. – Кам'янець, 2011. – 108 с.
6. Мельникова, Т. В. Результаты изучения коллекции сортов и образцов озимой мягкой пшеницы по высоте растений и устойчивости к полеганию / Т. В. Мельникова // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – Вып. 57. – С. 295–302.
7. Коптик, И. К. Селекция озимой мягкой пшеницы в Беларуси / И.К. Коптик, М.В. Семеновко // Земледелие и защита растений. – 2013. – №1(86). – С. 8–11.

ИНДУКЦИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ *LACTUCA SATIVA L.* К ЗАСОЛЕНИЮ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГРИБНОГО ЭКЗОГЕННОГО ЭЛИСИТОРА**Е. А. КРЮКОВ, В. С. ЗАЯЦ, И. В. НАЛЕТОВ**

ЗАО «Струнные технологии»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220089,
e-mail: v.zayats@unitsky.com, e.kryukov@unitsky.com, i.naletov@unitsky.com

(Поступила в редакцию 12.06.2023)

Солевой стресс является одним из самых разрушительных экологических стрессов, который вызывает ионную токсичность, осмотический стресс и окислительный стресс одновременно. Солеустойчивость, или адаптация к солевому стрессу, ассоциирована с целым рядом адаптивных механизмов, и большинство из них связано с ионным транспортом. Накопление K^+ и элиминация Na^+ являются основными ключевыми факторами, вовлечёнными в толерантность к солевому стрессу. Засоленность признана угрозой, поскольку она ухудшает сельскохозяйственную продуктивность почвы и приводит к снижению урожайности. Предполагается, что 20 % всех возделываемых земель и почти половина всех орошаемых земель подвержены солевому стрессу, что снижает производство ниже генетического потенциала. Солевой стресс влияет на модели роста и процессы развития растений. В статье предложено применение элиситоров на основе сапротрофного гриба *Ganoderma lucidum* для повышения адаптации растений к солевому стрессу. Индукция абиотического стресса производилась на модельной культуре салата латук (*Lactuca sativa L.*). Молодые растения салата-латука (*Lactuca sativa L.*), с уже сформированной розеткой, выращивались в условиях гидропоники на жидкой MS-среде с добавлением элиситора и соли NaCl в концентрации 90 ммоль/л. Элиситоры вносились в концентрации от 0,0005 мл/л до 0,05 мл/л. Экзогенный элиситор из гриба рейши (*Ganoderma lucidum*) был получен выщелачиванием из сухой массы гриба. В ходе вегетации салата латук проводились замеры скорости роста, высота и длина корней, по окончании эксперимента была определена сухая и сырая биомасса зелёной части растений.

Ключевые слова: элиситоры; органические удобрения; рост растений; рейши; *Lactuca sativa*.

Salt stress is one of the most devastating environmental stresses, causing ionic toxicity, osmotic stress and oxidative stress simultaneously. Salt tolerance or adaptation to salt stress is associated with a number of adaptive mechanisms, and most of them are related to ion transport. K^+ accumulation and Na^+ elimination are the main key factors involved in salt stress tolerance. Salinity is recognized as a threat because it impairs agricultural productivity of the soil and leads to lower yields. It is estimated that 20 % of all cultivated land and nearly half of all irrigated land is subject to salt stress, which reduces production below genetic potential. Salt stress affects growth patterns and plant development processes. This article proposes the use of elicitors based on the saprotrophic fungus *Ganoderma lucidum* to enhance plant adaptation to salt stress. Induction of abiotic stress was performed on a model crop of lettuce (*Lactuca sativa L.*). Young plants of lettuce (*Lactuca sativa L.*) with already formed rosette were grown under hydroponics conditions on liquid MS medium with the addition of elicitor and NaCl salt at a concentration of 90 mmol/l. Elicitors were added at concentrations ranging from 0.0005 ml/l to 0.05 ml/l. The exogenous elicitor from the reishi mushroom (*Ganoderma lucidum*) was obtained by leaching from the dry mass of the mushroom. During the growing season of lettuce, the growth rate, height and length of roots were measured; at the end of the experiment, the dry and wet biomass of the green part of the plants was determined.

Key words: elicitors; organic fertilizers; plant growth; reishi; *Lactuca sativa*.

Введение

На протяжении долгих лет, одной из важнейших проблем ведения растениеводства является засоленность почв, значительно снижающая рост и урожайность широкого ряда сельскохозяйственных культур. Различные виды абиотических стрессов, в особенности засоление, вызывают многочисленные негативные прямые и косвенные воздействия на растения тем или иным образом. Засоление характеризуется высокой концентрацией растворимых солей, которая может быть спровоцирована естественными причинами, например, при нерациональном орошении. В следствии чего, под воздействием капиллярного эффекта, происходит перемещение солей в верхние, корнеобитаемые слои почвы, где происходит их аккумуляция [1].

Повреждающий эффект засоления проявляется как в виде осмотических эффектов, так и токсическим действием отдельных ионов. Сильнее всего засоление подавляет рост клеток растяжением и в меньшей степени влияет на их деление. Избыточное засоление способствует накоплению промежуточных продуктов азотного обмена (аминов, диаминов, аммиака), которые оказывают сильное токсическое действие на растения. Засоление приводит к нарушению баланса при поглощении натрия, калия и магния [2]. Влияние избытка натрия объясняется его накоплением в листьях растения, что вызывает повреждения в тканях, прогрессирующие в некроз. В результате преждевременного отмирания снижается максимально возможная продуктивность листа в виде синтеза органических веществ в процессе фотосинтеза, что сказывается на урожайности сельскохозяйственной культуры. Чрезмерное поглощение Na^+ препятствует транспорту K^+ и Mg^{2+} в клетки. Недостаток K^+ характеризуется уменьшением количества хлорофилла, снижению эффективности работы фотосинтетического аппарата, что приводит к ограничению накопления биомассы [3]. При дефиците Mg^{2+} нарушается образование пластид, происходит

деградация хлоропластов и разрушение каротиноидов на молодых листьях, что ведет к развитию хлороза и некроза тканей [1].

Однако растения обладают рядом специальных клеточных механизмов, в основе действия которых лежит формирование системной устойчивости. Вещества биогенного и абиогенного происхождения, индуцирующие устойчивость, которые вызывают те самые множественные защитные реакции в ответ на действия паразита были названы элиситорами. Ноэлем Т. Кином в 1972 году. Элиситоры растений вносят весомый вклад в выживаемость и приспособляемость растений, помогая формированию химических и физических барьеров и механизмов. Согласно последним исследованиям к биогенным элиситорам относят белки [4], гликопротеины, олигосахариды [5] и липиды. Важным преимуществом применения элиситоров является возможность использования в органическом земледелии [6].

В отделе биотехнологий Unitsky String Technologies стояла цель получения и изучения элиситорного действия препарата на основе сапротрофного гриба *Ganoderma lucidum*. Мы предположили, что он может быть способен индуцировать устойчивость к засолению, в связи с чем была проведена оценка его элиситорной активности в отношении растений *Lactuca Sativa L.* при солевом стрессе.

К настоящему времени идентифицировано значительное количество веществ, которые относят к элиситорам. Для систематизации всей имеющейся информации их принято делить на биогенные и абиогенные, специфические и неспецифические, экзогенные и эндогенные.

Элиситорами являются вещества как биогенного, так и абиогенного происхождения. К биогенным элиситорам можно отнести продукты метаболизма и фрагменты клеточных стенок насекомых, патогенных и непатогенных микроорганизмов, растений. Абиогенные элиситоры включают в себя физические влияния (ультрафиолетовые лучи, магнитные поля, радиационное излучение и пр.), химические вещества (например, оксиды тяжёлых металлов).

Среди биогенных элиситоров выделяют консервативные молекулярные лиганды неспецифических элиситоров (MAMPs), характерные для патогенов, но отсутствующие в растительной клетке. Они распознаются ей как чужеродные и индуцируют запуск первичного иммунного ответа (PTI) не только у растений подверженных к данному патогену, но и у множества других видов. Трансмембранные паттерн-распознающие рецепторы (PRRs) обуславливают запуск неспецифических механизмов физиологического ответа [7]. Взаимодействие PRRs растений с грибным MAMPs (различные белки, ксиланаза, полимер N-ацетил-D-гликозамин и другие) ведет к активации первичного иммунного барьера PTI (рис. 1).

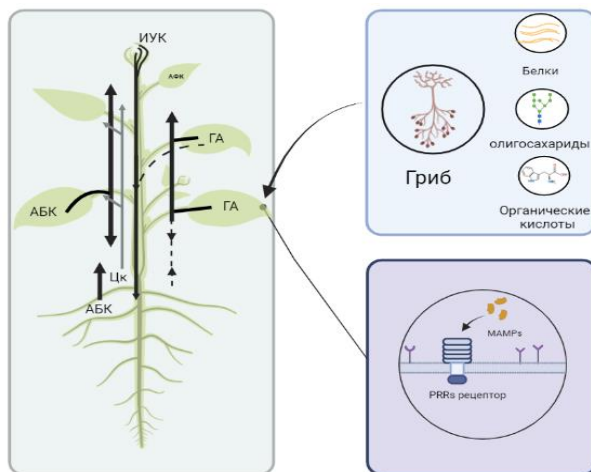


Рис. 1. Общая схема взаимодействия PRRs растений с MAMPs гриба. Активация PTI.

В ответ на контакт с MAMPs происходит повышение концентрации ионов Ca^{2+} , выделение активных форм кислорода (АФК), азота, продукция фитоалексинов, активация транскрипционных факторов, продукция хитиназы, гликоназы, этилена, жасмоновой и салициловой кислот, образование ауксиновых, цитокининовых и гиббереллиновых форм [8].

Эволюционное развитие патогенов позволило им сформировать тактики обхода защиты PTI. Это может достигаться или путем развития мутаций в генах, которые обеспечивают патогенам не распознаваемость PRRs, или ингибированием активности рецепторов. Второй блокадой защиты растений, развившейся в ходе коэволюции с патогенами, является специфический иммунитет (ETI), обусловленный взаимодействием R-генов (генов растения) с эффекторами Avr-генов (генов патогена). Результатом R/Avr-взаимодействия является реакция сверхчувствительности, которая в большинстве случаев приводит к продуцированию клетками фитоалексинов, что влечёт к смерти зараженные клетки (рис. 2).

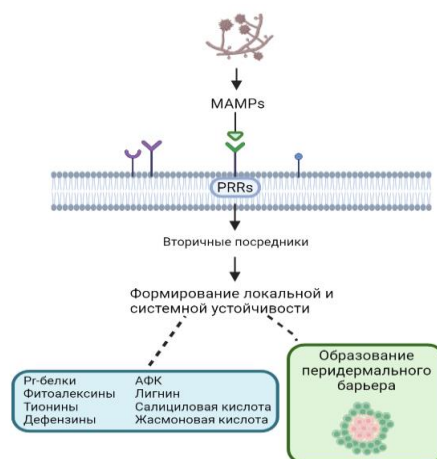


Рис. 2. Упрощённая схема протекания реакции сверхчувствительности

Гибель клеток сопровождается быстрым образованием барьера из перидермы, что подавляет паразита и останавливает его распространение. Процессы, индуцируемые РТ1 и ЕТ1, отличаются разностью концентраций синтезируемых гормонов, скорости иммунного ответа, различия в сигнальных путях. Конечным результатом ЕТ1 является отбор высокоспецифичных R-белков, быстро подавляющих развитие болезни.

Основная часть

В качестве объекта исследования были использованы корни и листья 7-дневных растений салата – латука (*Lactuca sativa* L.). Данный тест-объект был задействован исходя из его хозяйственной ценности, короткого жизненного цикла и отзывчивости на засоление субстрата.

В качестве действующего вещества был получен экзогенный элиситор из гриба *Ganoderma lucidum*. Семена проращивались отдельно до формирования трёх настоящих листочков. После проросшие растения отбирались и переносились в конические колбы со средой по Мурасиге-Скугу + элиситор. В качестве контроля выступала чистая MS-среда. Макро- и микроминеральный состав соответствуют составу стандартной питательной среды (MS) с исключением гормонов и витаминов.

Молодые растения салата-латука (*Lactuca sativa* L.), с уже сформированной розеткой, выращивались в условиях гидропоники на жидкой MS-среде с добавлением элиситора и соли NaCl в концентрации 90 ммоль/л (рис. 3).

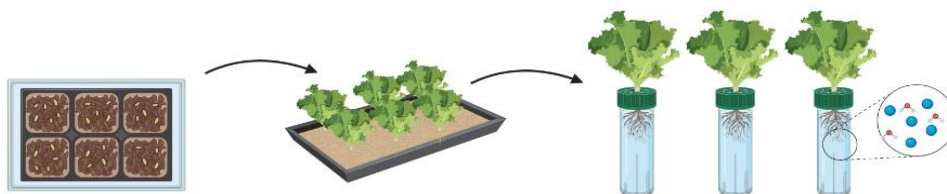


Рис. 3. Схема постановки эксперимента по воздействию элиситора различной концентрации на ростовые и физиологические показатели растений (*Lactuca sativa* L) на жидком субстрате под влиянием 90 ммоль/л NaCl

Для определения влияния элиситора были выбраны следующие концентрации: $5 \cdot 10^{-2}$ мл/л; $2 \cdot 10^{-2}$ мл/л; $1 \cdot 10^{-2}$ мл/л и $5 \cdot 10^{-4}$ мл/л. Каждый эксперимент с концентрацией воспроизводили в трёхкратной повторности. Впоследствии конические колбы с растениями переносили в камеру роста с температурой 25 °С, интенсивностью освещения 6000 люкс и 14-часовым фотопериодом. Питательная среда добавлялась по мере необходимости. В таких условиях колбы выдерживали на протяжении всего времени эксперимента. Корни салата-латука не были ничем прикрыты, и, таким образом, были подвержены световому воздействию. Спустя 3 суток регистрировали первые изменения. Измерения роста листьев и корней проводились каждые 3–4 суток.

Биогенный элиситор оказал положительное влияние на развитие вегетативной и корневой массы растений начиная с концентрации $2 \cdot 10^{-2}$ мл/л по отношению к контролю (табл. 1). Вариативность полученных данных визуализирована на диаграмме (рис. 4).

Таблица 1. Результаты роста и развития растений на жидком субстрате под влиянием грибного элиситора.

Варианты, мл/л	Высота растений, см	Длина корней, см	Скорость прироста растений, см/сутки	Сырая биомасса, г	Сухая биомасса, г
Контроль	5,26	5,49	0,66	2,00	0,16
$5 \cdot 10^{-2}$ мл/л	4,08	3,00	0,51	1,18	0,08
$2 \cdot 10^{-2}$ мл/л	8,70	5,38	1,09	10,33	0,70
$1 \cdot 10^{-2}$ мл/л	9,26	9,33	1,16	21,30	1,15
$5 \cdot 10^{-4}$ мл/л	9,96	8,29	1,24	19,70	1,06

Гистологические показатели тканей были в норме, ксилема и флоэма без бактериальной (патогенной) нагрузки, рост апикальных меристем без патологий.

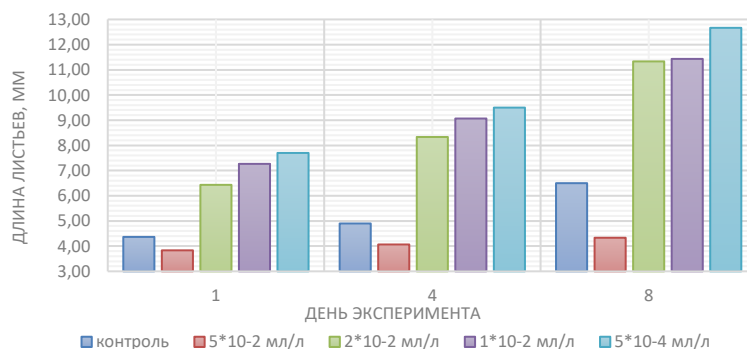


Рис. 4. Влияние грибного элиситора на рост листьев на протяжении 8 экспериментальных дней в сравнении с контролем

При оценке накопления биомассы опыт с $1 \cdot 10^{-2}$ мл/л позволил получить 21,30 г сырого вещества. Относительно похожий результат наблюдался при концентрации $5 \cdot 10^{-4}$ мл/л. Скорость прироста у всех вариантов наблюдалась разная: от 0,51 до 1,24 см/сут. Именно под действием концентраций $1 \cdot 10^{-2}$ мл/л и $5 \cdot 10^{-4}$ мл/л была получена наибольшая вегетативная масса, что является предпосылкой большей устойчивости к абиотическим факторам окружающей среды. Физиологические показания при концентрации $2 \cdot 10^{-2}$ мл/л были выше контрольных на 8 сутки, но розетка листьев была более кустистой при концентрациях $1 \cdot 10^{-2}$ мл/л и $5 \cdot 10^{-4}$ мл/л. Элиситор в концентрации $5 \cdot 10^{-2}$ мл/л проявлял ингибирующее действие и стимулировал рост патогенности, что отмечалось в торможении роста растения и развитии корневой плесени. Ростовые показатели меньше по сравнению с контролем в 1,69 раза, о чем свидетельствуют показания сырой биомассы: 2 г в контроле и 1,18 г при концентрации $5 \cdot 10^{-2}$ мл/л.

Заключение

Разработанная нами методика позволила получить элиситор из гриба *Ganoderma lucidum*, оказывающий стимулирующее влияние на рост и развитие вегетативной массы растения (*Lactuca Sativa* L.) при влиянии лимитирующего фактора в виде засоления 90 ммоль/л NaCl при действующих концентрациях равным $1 \cdot 10^{-2}$ мл/л, $5 \cdot 10^{-4}$ мл/л и $2 \cdot 10^{-2}$ мл/л. Наилучшие показатели по отношению к контролю были зафиксированы для концентрации $5 \cdot 10^{-4}$ мл/л, конечная биомасса для которого составила 19,7 г к контрольным 2 г. В концентрации $5 \cdot 10^{-2}$ мл/л было зарегистрировано ингибирующее действие, также вызывающее рост патогенной нагрузки на растение.

Полученные данные объясняются тем, что неспецифические элиситоры могут играть ведущую роль в индукции иммунного потенциала у разных видов растений. Эти вещества функционально необходимы грибу (глюканы, хитин грибов, липиды, аминоксахара, белки), а результатом взаимодействия их с PRRs-рецепторами является запуск каскада защитных реакций, обусловленных развившимся в ходе коэволюции узнаванием их определёнными рецепторами растений. В результате возможной продукции этилена, жасмоновой и салициловой кислот, образования ауксиновых, цитокининовых и гиббереллиновых форм в ответ на взаимодействие с элиситором, растение получает стимул для сопротивления неблагоприятным факторам за счёт своего природного генного потенциала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова, Е. Н. Проблемы и перспективы генно-инженерного подхода в решении вопросов устойчивости растений к засолению (обзор) / Е. Н. Баранова // Сельскохозяйственная биология. – 2006. – Т. 41. – №. 1. – С. 39–56.
2. Белова, Т. А. Физиологические основы адаптации растений к воздействию солевого стресса / Т.А. Белова // Auditorium. – 2018. – №. 1 (17). – С. 6.
3. Taiz, L. Plant physiology and development / L. Taiz [et al.] // Sinauer Associates Incorporated, 2015. – №. Ed. 6. – 761 p.
4. Zhao, J. Selection of fungal elicitors to increase indole alkaloid accumulation in *Catharanthus roseus* suspension cell culture / J. Zhao [et al.] // Enzyme and Microbial Technology. – 2001. – Vol. 28. – №. 7–8. – P. 666–672.
5. Бекмаханова, Н. Е. Элиситоры как индукторы устойчивости растений к болезням / Н. Е. Бекмаханова, О. Н Шемшур // КАЗАХСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ. – 2014. – Т. 2224. – С. 70.
6. Колмыков А. В., Авдеев А. Н. Современные аспекты ведения органического сельского хозяйства // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №. 2. – С. 182–187.
7. Дьяков Ю. Т. Грибные элиситоры // Материалы VII всероссийской микологической школы-конференции с международным участием «Биотические связи грибов: мосты между царствами». Сб. докладов и тезисов, 2015. 232 с. – 2015. – С. 18.
8. Gómez-Gómez L., Boller T. FLS2: an LRR receptor-like kinase involved in the perception of the bacterial elicitor flagellin in *Arabidopsis* // Molecular cell. – 2000. – Т. 5. – №. 6. – С. 1003–1011.

ОЦЕНКА СОРТОВ И ОБРАЗЦОВ РАПСА ЯРОВОГО НА УСТОЙЧИВОСТЬ К РАСТРЕСКИВАНИЮ СТРУЧКОВ

Я. Э. ПИЛЮК, А. В. БАКАНОВСКАЯ, О. А. ПИКУН, А. Н. БАТЮКОВА

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160, e-mail: iveya@list.ru

(Поступила в редакцию 12.06.2023)

В статье предоставлены результаты изучения сортов и образцов рапса ярового селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» по анатомическим показателям стручка, степени растрескиваемости стручков и продуктивности. Изучение анатомо-морфологических параметров зеленого стручка на центральной кисти позволило выделить 3 сорта, гибрид и 2 образца рапса ярового (Герцог, Олимп-15, Рубин F₁, Ягуар, №1/07-1П, №29/14-2-1), которые по всем параметрам превышали контрольный сорт Топаз. Проведена визуальная оценка осыпаемости селекционных сортов и образцов. Наибольшей устойчивостью к осыпанию характеризовались сорта Олимп-15, Гедемин и образцы №86/20, №47/08, что подтверждается также их высокой продуктивностью. У сортов и образцов рапса ярового выявлена корреляционная связь средней степени между урожайностью и устойчивостью к осыпанию стручков ($r=0,61$).

Ключевые слова: рапс яровой, сорт, образец, растрескиваемость стручков, осыпаемость, урожайность.

The article presents the results of the study of varieties and samples of spring rapeseed of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture" according to the anatomical indicators of the pod, the degree of cracking of the pods and productivity. The study of the anatomical and morphological parameters of the green pod on the central raceme made it possible to identify 3 varieties, a hybrid and 2 samples of spring rapeseed (Gertsog, Olimp-15, Rubin F₁, Jaguar, No. 1/07-1P, No. 29/14-2-1), which in all respects exceeded the control variety Topaz. A visual assessment of the shedding of breeding varieties and samples was carried out. The varieties Olimp-15, Gedemin and samples No. 86/20, No. 47/08 were characterized by the highest resistance to shedding, which is also confirmed by their high productivity. Varieties and samples of spring rapeseed showed a moderate correlation between yield and resistance to pod shedding ($r=0.61$).

Key words: spring rapeseed, variety, sample, cracking of pods, shedding, yield.

Введение

Рапс – основная маслично-белковая культура Беларуси. Семена рапса отличаются высоким содержанием жира (40–0 %) и белка (20–28 %), на их долю приходится 65–75 % массы семян [6]. Растрескиваемость стручков или осыпание у рапса заложено природой, приводя к недобору урожая маслосемян и проблемам борьбы с падалицей этой культурой. Потери из-за растрескивания стручков составляют от 8 до 12 % потенциального урожая [9], но в неблагоприятных условиях, прежде всего в условиях засухи, могут составить 50 % [11]. Устойчивость стручков к растрескиванию зависит от их анатомического строения, например, размера мостика одревесневшей ткани между створками стручка и ложной перегородкой, а также от погодных условий, особенно в конце вегетационного периода (фазы желто-зеленого стручка и полной спелости) [4]. Во время созревания в дневные часы стручки крестоцветных растений подсыхают, а в ночные – адсорбируют влагу, что является одной из причин их растрескивания. В створках возникают механические напряжения между затвердевшими и более гибкими участками, возрастает хрупкость тканей и стручок «вскрывается» [14, 16], а также болезни, вредители и птицы могут быть причиной растрескивания стручков.

В связи с выраженной зависимостью степени растрескивания стручков рапса от погодных условий для отбора на устойчивость необходимо использовать методы оценки по косвенным признакам, не зависящим от факторов внешней среды. Австралийскими учеными еще в 1986 году было показано, что клетки у видов Brassica, характеризующихся большей растрескиваемостью, по линии растрескивания стручков тонкие и нелигнифицированные [10]. Морфолого-анатомические особенности стручков сортов рапса, различающихся по степени растрескивания, изучали Child R.D. et al. (2003), которые выявили, что размер центральной жилки на 60 % больше у устойчивой к растрескиванию формы ресинтезированного рапса [8]. Многие ученые предлагают последние десятилетия решать проблему растрескивания внутри вида Brassica napus L. с помощью отдаленной гибридизации с Brassica juncea [12], Raphanus [7], Arabidopsis [15], при создании ресинтезированного вида [13]. Из всех крестоцветных масличных культур, возделываемых на маслосемена в Беларуси, наибольшей устойчивостью к растрескиванию стручков отличается озимая сурепица. Широко используют доноры генов, определяющих признаки устойчивости к осыпанию семян. Существуют некоторые природные сорта рапса с высокой устойчивостью к растрескиванию стручков, например, сорт OR88. Доктор Цюн Ху и исследовательская группа обнаружили, что устойчивость OR88 к разрушению стручков обусловлена слоем клеток, которые перекрывают разрыв между слоями затвердевших участков в стручках. Они смогли выделить

только один ген – ВпТСР8.С09, ответственный за данный признак. Это первый ген естественной устойчивости зародышевой плазмы семян рапса к разрушению стручков. Таким образом, с помощью генетические данных и маркеров, селекционеры смогут создать новые сорта рапса, устойчивые к растрескиванию стручков [16]. В селекции на устойчивость к осыпанию рапса следует использовать метод гибридизации (отдаленная, межвидовая и межсортовая), привлекая к скрещиванию сорта, сочетающие устойчивость к осыпанию с высокой урожайностью, холодостойкостью, скороспелостью и другими селекционно-ценными признаками. Оценка сортов и образцов рапса ярового на устойчивость к растрескиванию стручков является актуальным направлением научных исследований при селекции сортов и гибридов этой культуры с повышенной устойчивостью к осыпанию.

Основная часть

Выведение сортов рапса, способных противостоять растрескиванию стручков без потери качества масла или урожайности, представляет ключевой интерес для селекционеров во всем мире. Выявлены анатомо-морфологические особенности строения устойчивых к растрескиванию стручков растений рапса ярового, в связи с этим, возможно проводить отбор образцов по этому признаку в фазу зеленого стручка по высоте плотной части перегородки в области гинофора с последующим опылением растений на боковых ветвях, что позволит повысить эффективность селекционного процесса и сократить сроки создания селекционного материала с улучшенными характеристиками [3]. Исследования по оценке устойчивости к растрескиваемости стручков рапса ярового проводились в 2021–2022 гг. в полевых и лабораторных условиях в РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». Объектом исследований были сорта и образцы рапса ярового отечественной селекции, созданные в отделе масличных культур РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». Закладка опытов, проведение учетов и наблюдений, анализ полученных данных осуществлялись по Б. А. Доспехову, 1985 [1]. Полевая оценка устойчивости к осыпанию сортов и селекционных образцов рапса ярового проводилась визуально (в баллах) [5]. Анатомо-морфологическое исследование проводилось в фазу зеленого стручка путем отбора 5-го стручка на центральной кисти с 25 растений каждого образца. Параметрами для измерений служили следующие показатели: высота плотной части перегородки в области гинофора, ширина сечения рамки и ширина перикарпия около рамки. Срезы измерялись при помощи микроскопа Микромед 3 при увеличении 10 х окуляра и 4 х объектива [2].

Анатомические особенности стручков рапса ярового (ширина сечения рамки, ширина перикарпия около рамки, высота плотной части перегородки в области гинофора) могут служить критерием степени растрескивания стручков. Оценка на данный признак в фазу зеленого стручка на центральной кисти позволяет отобрать устойчивые к растрескиванию генотипы и провести опыление на боковых ветвях, сократив селекционный процесс.

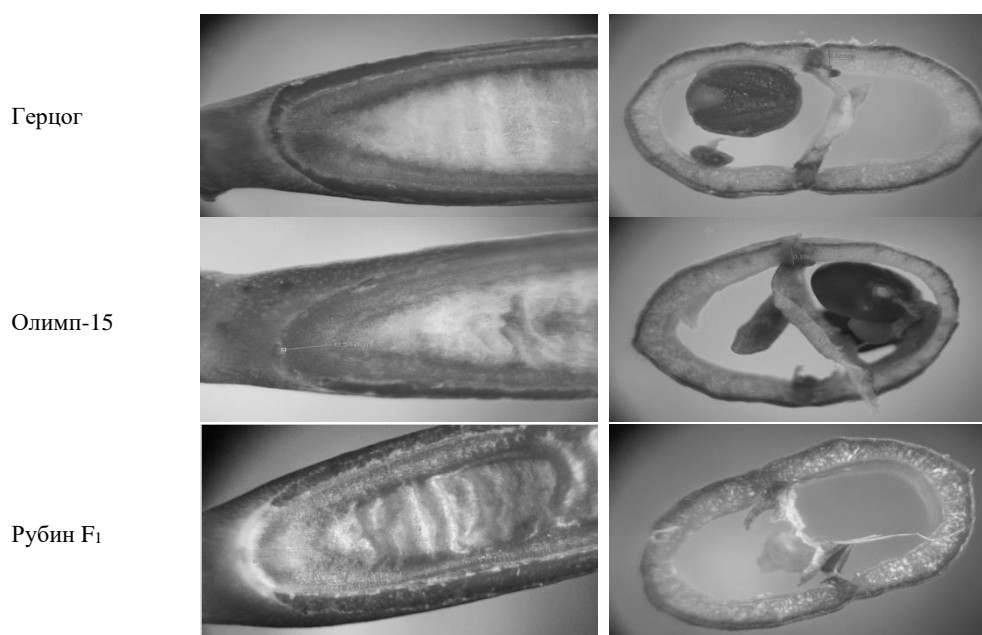


Рис. 1. Анатомические срезы стручков рапса ярового

Изучение анатомо-морфологических параметров зеленого стручка (пятый стручок на центральной кисти) на растениях в полевых условиях позволило выделить 3 сорта, гибрид и 2 образца рапса ярового

(Герцог, Олимп-15, Рубин F₁, Ягуар, №1/07-1П, №29/14-2-1), которые превышали контрольный сорт Топаз по ширине сечения рамки до 53,8 %, по ширине перикарпия около рамки – до 37,5 %, по высоте плотной части перегородки в области гинофора – до 28,6 % (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Анатомо-морфологические особенности строения стручков сортов и образцов рапса ярового, 2022 г.

Название образца	Ширина сечения рамки, мм	Ширина перикарпия около рамки, мм	Высота плотной части перегородки в области гинофора, мм
Топаз, к.	0,13	0,16	0,42
Ягуар	0,16	0,21	0,49
Олимп -15	0,18	0,21	0,54
Герцог	0,20	0,22	0,54
Рубин F ₁	0,16	0,21	0,53
№91/20	0,14	0,16	0,48
Амур	0,14	0,18	0,49
Верас	0,15	0,17	0,42
Гедемин	0,14	0,18	0,45
Изумруд	0,13	0,16	0,48
Неман	0,13	0,16	0,42
Титан-17	0,12	0,16	0,46
Феникс	0,15	0,21	0,47
Яровит	0,14	0,15	0,46
№1/07-1П	0,17	0,19	0,46
№29/14-2-1	0,18	0,17	0,45
№31/07-1	0,15	0,18	0,42
№31/09-2	0,14	0,17	0,45
№35/09-1	0,14	0,17	0,42
№47/05	0,14	0,15	0,43
№47/08	0,12	0,14	0,39
№68/20	0,14	0,16	0,40
№69/15	0,14	0,15	0,41
№86/20	0,12	0,14	0,49
№110	0,14	0,17	0,42
Водх№40-1	0,16	0,18	0,42
Водх№40-2	0,11	0,14	0,45
Среднее	0,14	0,17	0,45
Мин-макс	0,11-0,20	0,14-0,22	0,39-0,54

Проведена визуальная оценка устойчивости к осыпанию селекционных образцов рапса ярового. Наибольшей устойчивостью к осыпанию характеризовались сорта Олимп-15, Гедемин и образцы №86/20, №47/08, превысившие контрольный сорт Топаз по этому показателю на 0,5 балла или 7,7 % (табл. 2).

Таблица 2. Устойчивость к осыпанию сортов и образцов рапса ярового, 2021–2022 гг.

Название образца	Устойчивость к осыпанию, балл	Название образца	Устойчивость к осыпанию, балл	Название образца	Устойчивость к осыпанию, балл
Топаз, к.	6,5	Неман	6,5	№47/05	6,9
Яровит	6,7	Гедемин	7,0	№31/09-2	6,8
Феникс	6,7	№31/07-1	6,9	№110	6,7
Герцог	6,8	№69/15	6,6	№68/20	6,9
Амур	6,5	Вод х №40-1	6,5	№86/20	7,0
Верас	6,6	Вод х №40-2	6,4	№67/20	6,5
Олимп-15	7,0	№35/09-1	6,8	№29/14(2)1	6,8
Титан-17	6,8	№47/08	7,0	№1/07-1п	6,5

В среднем за 2021–2022 годы по урожайности семян выделились сорта и образцы рапса ярового: Олимп-15 (36,9 ц/га), Гедемин (36,6 ц/га), №35/09-1 (36,9 ц/га), №86/20 (36,4 ц/га), №31/07-1 (36,2 ц/га), которые превысили по этому признаку контрольный сорт Топаз на 9,5–7,4 %. Наиболее урожайным в 2021 году был сорт Олимп-15 (35,9 ц/га), превысивший контрольный сорт Топаз на 18,5 %; в 2022 году по этому показателю выделились образцы №31/09-2 (41,5 ц/га), №31/09-1 (41,3 ц/га), №29/14(2)1 (41,2 ц/га), №31/07-1 и №68/20 (41,1 ц/га), у которых прибавка урожайности к контролю составила 11,8–10,8 % (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность и масса 1000 семян сортов и образцов рапса ярового, 2021–2022 гг.

Название образца	Урожайность, ц/га			+ к контролю		Масса 1000 семян, г
	2021 г.	2022 г.	среднее	ц/га	%	
Топаз, к.	30,3	37,1	33,7			3,74
Яровит	32,9	38,2	35,6	1,8	5,5	3,37
Феникс	30,6	38,4	34,5	0,8	2,4	3,52
Герцог	31,0	38,7	34,9	1,2	3,4	3,65
Верас	30,6	38,6	34,6	0,9	2,7	3,74
Олимп-15	35,9	37,7	36,8	3,2	9,5	3,49
Титан-17	32,8	37,8	35,3	1,6	4,7	3,74
Неман	30,6	38,8	34,7	1,0	3,0	3,80
Гедемин	32,5	40,7	36,6	2,9	8,6	3,59
Амур	30,3	37,6	34,0	0,3	0,7	3,49
№31/07-1	32,2	41,1	36,2	2,5	7,4	3,79
№69/15	31,3	38,2	34,8	1,1	3,1	3,38
Вод х №40-1	31,6	40,4	36,0	2,3	6,8	3,64
Вод х №40-2	32,0	40,2	36,1	2,4	7,1	3,64
№35/09-1	32,4	41,3	36,9	3,1	9,3	3,69
№47/08	32,1	39,8	36,0	2,3	6,7	3,65
№47/05	32,2	40,0	36,1	2,4	7,1	3,65
№31/09-2	30,0	41,5	35,8	2,1	6,1	3,71
№110	30,5	40,0	35,3	1,6	4,6	3,63
№68/20	32,4	41,1	36,8	2,4	7,1	4,08
№86/20	32,7	40,1	36,4	2,7	8,0	3,50
№67/20	31,5	39,4	35,5	1,8	5,2	4,11
№29/14(2)1	30,4	41,2	35,8	2,1	6,1	3,79
№1/07-1П	31,2	39,7	35,5	1,8	5,2	3,72
Среднее	31,7	39,4	35,6			3,67
Min-max	30,0-35,9	37,1-41,5	33,7-36,9			
НСР _{0,5}	2,01	2,10				

В среднем за период исследований масса 1000 семян изученных сортов и образцов рапса ярового варьировала от 3,38 (№69/15) до 4,11 г (№67/20). По крупности семян выделились образцы №67/20 и №68/20, которые превысили контрольный сорт Топаз на 9,9 и 9,1 %.

У сортов и образцов рапса ярового выявлена положительная корреляционная связь средней степени (рис. 2) между устойчивостью к осыпанию стручков и урожайностью семян ($r=0,61$).

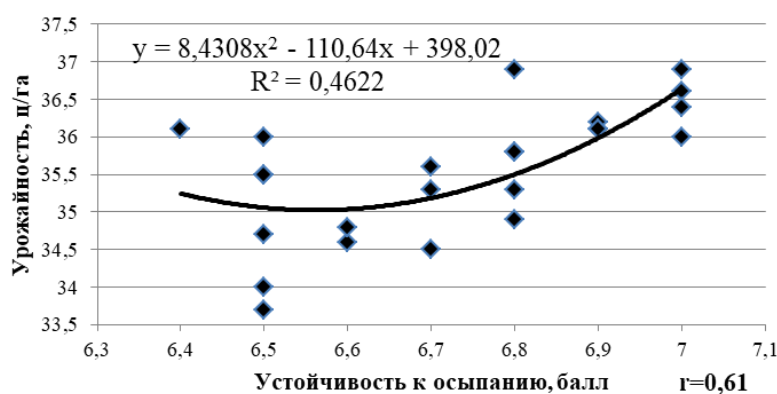


Рис. 2. Корреляционная связь между устойчивостью к осыпанию и урожайностью семян рапса ярового

Заключение

Изучение анатомо-морфологических параметров зеленого стручка (пятый стручок на центральной кисти) на растениях рапса ярового в полевых условиях позволило выделить 3 сорта, гибрид и 2 образца этой культуры (Герцог, Олимп-15, Рубин F₁, Ягуар, №1/07-1П, №29/14-2-1), которые превышали контрольный сорт Топаз по ширине сечения рамки до 53,8 %, по ширине перикарпия около рамки – до 37,5 %, по высоте плотной части перегородки в области гинофора – до 28,6 %. Наибольшей устойчивостью к осыпанию характеризовались сорта Олимп-15, Гедемин и образцы №86/20, №47/08,

превысившие контрольный сорт Топаз по этому показателю на 0,5 балла, или 7,7 %. В среднем за 2021–2022 годы по урожайности семян выделились сорта и образцы рапса ярового: Олимп-15 (36,9 ц/га), Гедемин (36,6 ц/га), №35/09-1 (36,9 ц/га), №86/20 (36,4 ц/га), №31/07-1 (36,2 ц/га), которые превысили по этому признаку контрольный сорт Топаз на 9,5–7,4 %. Выделившиеся генотипы, следует использовать в селекции сортов и гибридов рапса ярового на устойчивость к осыпанию. Выявлена положительная корреляционная связь средней степени между устойчивостью к осыпанию стручков и урожайностью семян ($r=0,61$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). / Б. А. Доспехов. – М.: Альянс, 2011. – 352 с.
2. Жидкова, Е. Н. / Биологические основы селекции рапса (*Brassica napus* L.) в условиях лесостепи ЦРЧ России: специальность 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук в виде научного доклада / Е. Н. Жидкова; ФГБОУ ВПО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I. – Воронеж, 2011. – 172 с.
3. Жидкова, Е. Н. Селекция рапса ярового (*Brassica napus* L.) на устойчивость к растрескиванию стручков / Е. Н. Жидкова, В. И. Горшков, В. А. Никоноренков // Вестн Воронеж. гос. аграр. ун-та. – г. Воронеж, Вып. 2(33), 2012. С. 50–52.
4. Карпачев, В. В. Рапс яровой. Основы селекции / В. В. Карпачев. – Липецк, 2008. – 236 с.
5. Куделич, В. С. Классификатор вида *Brassica napus* L. (рапс) / В. С. Куделич, В. И. Шпота, Т. В. Бек. – ВИР, 1983. – 20 с.
6. Пилюк, Я. Э. Рапс в Беларуси (биология, селекция и технология возделывания): моногр. / Я. Э. Пилюк. – Минск: Бизнесофсет, 2007. – 240 с.
7. Agnihotri, A., Shivanna, K.R., Raina, S.N., Lakshmikumar, M., Prakash, S. and Jagannathan, V., 1990. Production of *Brassica napus* x *Raphanobrassica* hybrids by embryo rescue: an attempt to introduce shattering resistance into *B. napus*. *Plant Breeding*, 105: 292–299.
8. Child, R. D., Summers, J. E., Babij, J., Farrent, J. W. and Bruce, D. M., 2003. Increased resistance to pod shatter is associated with changes in the vascular structure in pods of a resynthesised *Brassica napus* line. *Journal of Experimental Botany*, 54: 1919–1930.
9. Kadkol, G. P., MacMillan, R. H., Burrow, R. P. and Halloran, G. M., 1984. Evaluation of *Brassica* genotypes for resistance to shatter. I. Development of a laboratory test. *Euphytica*, 33: 63–73.
10. Kadkol, G. P., Beilharz, V. C., Halloran, G. M. and MacMillan, R. H., 1986a. Anatomical basis of shatter resistance in the Oilseed Brassicas. *Australian Journal of Botany*, 34: 595–601.
11. MacLeod, J. (1981). *Harvesting* in Oilseed Rape, Cambridge: Agricultural Publishing, pp 107–119.
12. Prakash, S. and Chopra, V. L., 1990. Reconstruction of allopolyploid Brassicas through non-homologous recombination: introgression of resistance to pod shatter in *Brassica napus*. *Genetical Research*, Cambridge, 56: 1–2.
13. Summers, J. E., Bruce, D. M., Vancanneyt, G., Redig, P., Werner, C. P., Morgan, C. and Child, R. D., 2003. Pod shatter resistance in the resynthesised *Brassica napus* line DK142. *Journal of Agricultural Science*, 140: 43–52.
14. Squires T. M., Gruwel M.L.H., Zhou R., Sokhansanj S., Abrams S.R., Cutler A.J. Dehydration and dehiscence in siliques of *Brassica napus* and *Brassica rapa* // *Can. J. Bot.* 2003. Vol. 81. P. 248–254.
15. Vancanneyt, G., Redig, P., Child, R., Yanofsky, M. and Botterman, J., 2003. Podshatter resistance: from gene function validation in *Arabidopsis* towards a productivity trait in oilseed rape. In: *Proceedings of the 11th International Rapeseed Congress*, Copenhagen, Denmark. 6–10 July 2003, pp. 79–81.
16. Улучшение качества рапса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsss-russia.ru/> – Дата доступа: 05.05.2023.

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА Р-ВИТАМИННЫЙ КОМПЛЕКС МИКРОЗЕЛЕНИ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ И ГОРОХА ОВОЩНОГО

А. М. ПАШКЕВИЧ, А. И. ЧАЙКОВСКИЙ

*РУП «Институт овощеводства»,
аг. Самохваловичи, Республика Беларусь*

**Ж. А. РУПАСОВА, К. А. ДОБРЯНСКАЯ, В. С. ЗАДАЛЯ,
П. Н. БЕЛЫЙ, Т. В. ШПИТАЛЬНАЯ**

*ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Ю. В. ТРОФИМОВ,

*РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Т. М. КАРБАНОВИЧ

*Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь,
г. Минск, Республика Беларусь*

(Поступила в редакцию 12.06.2023)

Приведены результаты сравнительного исследования в производственном эксперименте с 8-вариантной схемой влияния спектрального состава светодиодного освещения при варьировании соотношения в нем долей красного и синего света в диапазоне 1,3–10,5 на содержание в микрозелени капусты белокочанной и гороха овощного основных групп биофлавоноидов – антоциановых пигментов, катехинов и флавонолов, показавшие существенные межвидовые различия в степени восприимчивости их Р-витаминного комплекса к воздействию исследуемого фактора. В эксперименте с микрозеленью капусты почти все испытываемые спектральные композиции оказывали значительное ингибирующее влияние на биосинтез биофлавоноидов по сравнению с контролем при наибольшем его проявлении при 1,3-кратном соотношении красного и синего света и наименьшем при 9,5-кратном. Выявлена отчетливая тенденция к последовательному ослаблению ингибирующего влияния исследуемого фактора по мере постепенного увеличения в спектре освещения доли красного света с наиболее выраженной активацией биосинтеза собственно антоцианов и катехинов по достижении 10,5-кратного размера указанного соотношения.

Влияние всех тестируемых спектральных композиций на Р-витаминный комплекс микрозелени гороха овощного, напротив, носило исключительно позитивный характер при наибольшем стимулирующем влиянии на биосинтез полифенолов светодиодов с 6,0- и 9,5-кратным соотношением в спектре освещения красного и синего света.

Ключевые слова: *светодиодное освещение, спектральный состав, капуста белокочанная, горох овощной, микрозелень, Р-витамины, антоциановые пигменты, катехины, флавонолы.*

The results of a comparative study in a production experiment with an 8-variant scheme of the influence of the spectral composition of LED lighting by varying the ratio of the shares of red and blue light in the range of 1.3–10.5 on the content of the main groups of bioflavonoids in white cabbage and vegetable peas microgreens – anthocyanins pigments, catechins and flavonols, which showed significant interspecies differences in the degree of susceptibility of their P-vitamin complex to the influence of the studied factor. In the experiment with cabbage microgreens, almost all tested spectral compositions had a significant inhibitory effect on bioflavonoid biosynthesis compared to the control, with its greatest manifestation at a 1.3-fold ratio of red and blue light and the least at 9.5-fold. A clear tendency to a consistent weakening of the inhibitory effect of the studied factor was revealed as the proportion of red light in the illumination spectrum gradually increased, with the most pronounced activation of the biosynthesis of anthocyanins and catechins themselves upon reaching 10.5 times the specified ratio.

The effect of all the tested spectral compositions on the P-vitamin complex of vegetable pea microgreens, on the contrary, was extremely positive, with the greatest stimulating effect on polyphenol biosynthesis of LEDs with a 6.0- and 9.5-fold ratio in the spectrum of red and blue light illumination.

Key words: *LED lighting, spectral composition, white cabbage, vegetable peas, microgreens, P-vitamins, anthocyanin pigments, catechins, flavonols.*

Введение

В связи с увеличением в настоящее время спроса у населения республики на продукцию микрозелени овощных культур, обусловленным повышенным накоплением в ней широкого спектра полезных веществ, особо актуальным становится совершенствование технологии ее производства в условиях закрытой контролируемой среды. При этом существенную роль в формировании биохимического состава данной продукции играет спектральный состав источников света [1, 2]. В мировой практике при выращивании микрозелени овощных культур широко используются светодиоды. Вместе с тем видоспецифичный характер

требований культиваров к искусственному освещению обусловил необходимость в проведении исследований по оптимизации его спектрального состава, обеспечивающего наиболее высокое содержание в конечной продукции весьма ценных с физиологической точки зрения органических соединений, в том числе биофлавоноидов, обладающих Р-витаминным действием [3]. Это и определило цель настоящей работы, направленной на выявление светового фона, способствующего наибольшему накоплению в микрозелени капусты белокочанной и гороха овощного основных групп данных соединений – антоциановых пигментов, катехинов и флавонолов, в значительной степени определяемому соотношением в нем областей красного и синего света.

Основная часть

Исследования выполнены в рамках производственного эксперимента на образцах микрозелени капусты белокочанной (гибрид *Аватар*) и гороха овощного (сорт *Павлуша*), выращенных с использованием светодиодных светильников производства РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси» (ЦСОТ) с распределением излучения в диапазоне 380–780 нм и соотношением в спектре фотонного потока долей красного и синего света в диапазоне значений R/B от 1,3 до 10,5. При этом были соблюдены выявленные нами в более ранних исследованиях оптимальные режимы освещения, составлявшие для капусты белокочанной по интенсивности 50 мкмоль/м² сек (мкм/ м² сек) и продолжительности 16 час., для гороха овощного – соответственно 100 мкм/ м² сек и 14 час. [4]. Схема производственного эксперимента включала 8 вариантов (табл. 1).

Таблица 1. Спектральный состав фотонного потока в вариантах производственного эксперимента, %

Спектр	B	G	R	FR	R/B
№1	22,4	45,3	29,8	2,5	1,3
№2	13,9	40,2	42,0	3,9	3,0
№3	11,3	38,6	45,7	4,3	4,0
№4	9,8	37,7	47,8	4,7	5,0
№5	8,3	36,8	49,9	5,0	6,0
№6	6,5	35,7	52,4	5,3	8,0
№7	5,6	35,2	53,7	5,5	9,5
№8	5,2	34,8	54,6	5,4	10,5

* Область допустимых значений для 95% доверительного интервала: $\pm 5\%$.

B – синий спектр; **G** – зеленый спектр; **R** – красный спектр; **FR** – дальнекрасный спектр; **R/B** –соотношение красного и синего спектров.

В качестве контроля был принят 3-й вариант опыта с соотношением в спектре освещения относительных долей красного и синего света, равном 4. Выбор данного варианта в качестве условно оптимального обусловлен проявлением на его фоне наиболее выразительных позитивных эффектов в развитии разных видов растений и формировании их биохимического состава, выявленных рядом исследователей, в том числе учеными Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси [5–8]. Это послужило основанием для применения в дальнейшем именно данного спектра освещения при производстве в ЦСОТ светодиодных светильников, используемых в растениеводстве.

Определение содержания биофлавоноидов в опытных образцах микрозелени овощных культур осуществлялось в лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. В высушенных при температуре 60°C пробах растительного материала определяли суммарное содержание антоциановых пигментов по методу T. Swain, W. E. Hillis [9], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю.Г. Скориковой и Э.А. Шафтан [10]; собственно антоцианов и суммарного количества катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [11, 12]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [12].

Работами ряда ученых экспериментально доказано значительное, причем не всегда позитивное влияние спектрального состава светодиодного освещения на накопление в растениях биологически активных соединений разной химической природы [1, 5, 7]. Повариантное исследование состояния биофлавоноидного комплекса микрозелени овощных культур также показало существенную зависимость параметров накопления его основных компонентов от воздействия данного фактора, о чем свидетельствовала значительная ширина диапазонов их варьирования в рамках эксперимента.

Так, общее содержание данных соединений в сухой массе исследуемых образцов микрозелени капусты было достаточно высоким и варьировалось в рамках эксперимента в диапазоне 4001–4586 мг/100 г при суммарном количестве антоциановых пигментов 460–731 мг/100 г, представленных преимущественно лейкоформами, содержание которых составляло 208–499 мг/100 г, тогда как таковое собственно антоцианов – 198–342 мг/100 г. При этом интервал изменения содержания флавонолов, преобладающих в составе Р-витаминного комплекса микрозелени капусты, соответствовал области значений 2963–3525 мг/100 г сухой массы, а содержания катехинов – 338–525 мг/100 г.

Как следует из табл. 2, в большинстве случаев прослеживалась явная общность тенденций в ориентации расхождений тестируемых вариантов опыта с контролем в содержании исследуемых соединений. Так, при минимальном в эксперименте превышении доли красной части спектра относительно синей (R/B=1,3) наблюдалось достоверное обеднение микрозелени капусты на 7–51 % по сравнению с контролем (R/B=4,0) обеими фракциями антоциановых пигментов, флавонолами и биофлавоноидами в целом на фоне отсутствия достоверных различий с ним лишь в содержании катехинов. В варианте опыта с 3-кратным превышением доли красного света относительно таковой синего отмечено сохранение установленного в предыдущем варианте, хотя и менее выраженного (в пределах 12–30 %) отставания от контроля в содержании не только лейкоантоцианов и флавонолов, но и катехинов при более активном (на 13 %) накоплении собственно антоцианов.

Вместе с тем в остальных вариантах опыта с более значительным, чем в контроле, превышением доли красного света относительно таковой синего уже наметились позитивные изменения в содержании в микрозелени отдельных компонентов биофлавоноидного комплекса. К ним следовало отнести увеличение в 4-м и 8-м вариантах содержания собственно антоцианов (на 6 и 19%), в 5-м и 7-м - лейкоантоцианов (на 17 и 7 %), в 4-м, 6-м и 8-м – катехинов (на 9–19 %) и лишь в единственном 6-м варианте опыта – флавонолов (на 4 %). При этом в остальных случаях доминирование выраженного в разной степени отставания на 6–44 % от контроля в содержании данных соединений обусловило в 4-м и 5-м вариантах опыта сходное с установленным в 1-м и 2-м вариантах обеднение продукции на 8–12 % Р-витаминами в целом при отсутствии значимых различий с контролем по данному признаку в 6-м, 7-м и 8-м вариантах. Таким образом, ни в одном тестируемом варианте опыта не выявлено стимулирующего эффекта от исследуемого фактора для показателя общего накопления биофлавоноидов.

Несмотря на выявленную зависимость состояния Р-витаминного комплекса микрозелени капусты от спектрального состава светодиодного освещения, не установлено его кардинального влияния на долевое участие в нем основных групп биофлавоноидов, что, на наш взгляд, обусловлено в данном случае достаточно жесткой генетической детерминированностью этой структуры. Как следует из табл. 3, доминирующее положение в ней принадлежало флавонолам, относительная доля которых варьировалась в рамках эксперимента в сравнительно узком диапазоне значений – 72–77 %. При этом долевое участие катехинов и антоциановых пигментов, представленных преимущественно лейкоформами, изменялось в пределах 11–17 % и 8–12 % соответственно. Тем не менее, нельзя не обратить внимание на наиболее заметные подвижки в составе самого антоцианового комплекса, что свидетельствовало о весьма выраженной зависимости слагающих его светозависимых компонентов от исследуемого фактора. Однако каких-либо четких закономерностей в трансформации данного комплекса при изменении спектрального состава светодиодов выявить не удалось.

Для выявления интегральной картины результативности испытываемых спектров светодиодного освещения в плане обогащения микрозелени капусты биофлавоноидами, в каждом варианте опыта было осуществлено суммирование относительных различий с контролем параметров их накопления, с учетом ориентации данных различий, дающее представление о совокупном эффекте от воздействия исследуемого фактора (табл. 2).

Таблица 2. Относительные различия с контролем вариантов опыта с использованием светодиодного освещения разного спектрального состава по биохимическим характеристикам микрозелени овощных культур, %

Показатель	1 (R/B=1,3)	2 (R/B=3,0)	4 (R/B=5,0)	5 (R/B=6,0)	6 (R/B=8,0)	7 (R/B=9,5)	8 (R/B=10,5)
Капуста белокочанная							
Собственно антоцианы	-12,5	+12,5	+6,3	-31,3	-6,3	-12,5	+18,8
Лейкоантоцианы	-51,2	-29,7	-43,8	+16,8	-28,1	+7,2	-9,0
Сумма антоциан. пигм.	-35,6	-12,7	-23,6	-	-19,3	-	-
Катехины	-	-11,8	+11,2	-23,5	+9,4	-	+18,8
Флавонолы	-7,0	-11,6	-12,6	-7,5	+4,0	-	-4,0
Сумма биофлавоноидов	-10,6	-11,8	-12,0	-8,3	-	-	-
Совокупный эффект	-116,9	-65,1	-74,5	-53,8	-40,3	-5,3	+24,6
Горох овощной							
Собственно антоцианы	+24,1	-	-	+106,9	-	+127,6	+175,9
Лейкоантоцианы	+91,7	+318,4	+275,5	+296,0	+237,9	+297,1	+73,8
Сумма антоциан. пигм.	+81,3	+268,1	+233,3	+266,7	+202,1	+270,8	+89,6
Катехины	+10,7	+10,7	+3,6	+12,5	+19,6	+14,3	-3,6
Флавонолы	+30,1	+5,6	+5,6	+37,2	-11,7	+39,8	+38,8
Сумма биофлавоноидов	+32,7	+29,8	+25,9	+55,3	+10,9	+58,0	+38,9
Совокупный эффект	+270,6	+632,6	+543,9	+774,6	+458,8	+807,6	+413,4

Примечание: Прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$.

Таблица 3. Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса микрозелени капусты белокочанной при использовании светодиодного освещения разного спектрального состава

Вариант опыта	Собственно антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциан. пигментов	Катехины	Флавонолы
3 (R/B =4,0)– Контр.	6	10	16	10	74
1 (R/B =1,3)	6	5	11	11	77
2 (R/B=3,0)	8	8	16	10	74
4 (R/B=5,0)	8	6	14	12	74
5 (R/B=6,0)	5	12	17	8	75
6 (R/B=8,0)	6	7	13	10	77
7 (R/B=9,5)	5	10	15	10	75
8 (R/B=10,5)	7	9	16	12	72

Как видим, почти во всех тестируемых вариантах опыта значения данного показателя характеризовались отрицательной направленностью, варьируясь в диапазоне 5,3–116,9 %, что однозначно свидетельствовало о менее благоприятном, чем в контроле, спектральном составе светодиодного освещения для совокупности характеристик Р-витаминного комплекса микрозелени капусты при наибольшем ингибирующем влиянии на биосинтез полифенолов светодиода с минимальным соотношением красного и синего света и наименьшем при 9,5-кратном размере данного соотношения. При этом обозначилась весьма выразительная тенденция к последовательному ослаблению ингибирующего влияния исследуемого фактора на формирование Р-витаминного комплекса по мере постепенного увеличения в спектре освещения доли красного света. По достижении 10,5-кратного размера превышения доли последнего над таковым синего света величина совокупного эффекта превышала контрольный уровень на 25 %. Это позволяет заключить, что для производства микрозелени капусты белокочанной с наиболее высоким содержанием биофлавоноидов следует использовать светодиодное освещение с максимальным превышением в спектральном составе доли красного света относительно таковой синего.

В аналогичных исследованиях с микрозеленью гороха овощного параметры накопления основных групп полифенолов и их общее количество в большинстве вариантов опыта заметно превышали установленные в микрозелени капусты, что свидетельствовало о более высоких в первом случае темпах биосинтеза данных соединений. По нашим оценкам, их суммарное содержание в ней варьировалось от 4149 мг/100 г до 6554 мг/100 г сухой массы при содержании флавонолов 2946–4666 мг/100 г, антоциановых пигментов – 374–1388 мг/100 г, в том числе собственно антоцианов 54–160 мг/100 г, лейкоантоцианов – 316–1324 мг/100 г, а катехинов – 421–523 мг/100 г.

Более значительная, чем в микрозелени капусты, ширина приведенных диапазонов варьирования обозначенных показателей свидетельствовала о большей их зависимости от спектрального состава светодиодного освещения. Это подтверждалось также более значительными диапазонами варьирования долевого участия в Р-витаминном комплексе не только антоциановых пигментов, представленных в основном лейкоформами и характеризующихся чрезвычайно высокой светозависимостью, но и доминирующих в его составе флавонолов. Так, относительная доля данных соединений в микрозелени гороха изменялась в более широких, чем в микрозелени капусты, пределах – 9–26 % и 64–80 % соответственно (табл. 4).

Таблица 4. Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса микрозелени гороха овощного при использовании светодиодного освещения разного спектрального состава, %

Вариант опыта	Собственно антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциан. пигментов	Катехины	Флавонолы
3 (R/B =4,0)–Контр.	1	8	9	11	80
1 (R/B =1,3)	1	11	12	9	79
2 (R/B=3,0)	1	25	26	9	65
4 (R/B=5,0)	1	23	24	9	67
5 (R/B=6,0)	2	19	21	8	71
6 (R/B=8,0)	2	23	25	11	64
7 (R/B=9,5)	2	19	21	8	71
8 (R/B=10,5)	3	10	13	7	80

При этом наиболее значимые подвижки относительно контроля в сторону усиления накопления лейкоантоцианов на фоне ослабления позиций флавонолов выявлены в большинстве тестируемых вариантов опыта. Лишь в двух случаях – в 1-м и 8-м вариантах опыта с показателями R/B=1,3 и R/B=10,5 соотношение основных компонентов Р-витаминного комплекса оказалось максимально приближенным к контролю. Как следует из табл. 2, в направленности и степени изменений большинства его характеристик в зависимости от спектрального состава светодиодного освещения выявлены весьма заметные различия с установленными выше в аналогичном эксперименте с микрозеленью капусты. Так,

в отличие от последней, во всех без исключения вариантах опыта обнаружено весьма существенное обогащение микрозелени гороха всеми компонентами Р-витаминного комплекса, особенно лейкоантоцианами, по сравнению с контролем при относительных различиях с ним в пределах 4–318 %. Лишь в единичных случаях – на фоне освещения с показателем R/B=3,0, 5,0 и 8,0 не выявлено различий с контролем в содержании собственно антоцианов, причем в последнем случае наблюдалось даже обеднение микрозелени флавонолами на 12 %, а в варианте с максимальным значением R/B=10,5 имело место, хотя и незначительное – не более чем на 4 %, но все же достоверное снижение содержания в ней катехинов.

Как видим, в большинстве тестируемых вариантов опыта наблюдалась весьма отчетливая односторонность изменений исследуемых характеристик биофлавоноидного комплекса микрозелени гороха относительно контроля. При этом обнаружено весьма выразительное стимулирующее влияние всех испытываемых комбинаций спектров освещения на биосинтез основных компонентов биофлавоноидного комплекса, особенно лейкоформ антоциановых пигментов, обладающих чрезвычайно высокой антиоксидантной активностью. С одной стороны, это может рассматриваться как позитивное явление, указывающее на повышение Р-витаминной ценности микрозелени гороха относительно контроля, а с другой, может свидетельствовать о стрессовом воздействии исследуемого фактора на опытные растения. Это согласуется с мнением ряда исследователей, занимавшихся изучением влияния условий освещения на биосинтез в растениях вторичных метаболитов. Так, в работе М. О. Моисеевой с соавт. [13] показана роль антоциановых пигментов в повышении стрессоустойчивости растений перца сладкого на начальных этапах онтогенеза к воздействию определенных комбинаций спектров светодиодного освещения. В связи с этим выявленное нами в большинстве тестируемых вариантов опыта обогащение микрозелени гороха антоциановыми пигментами по сравнению с контролем убедительно свидетельствовало о стимулирующем влиянии испытываемых спектральных композиций, соответствовавших данным вариантам, на накопление этих физиологически активных соединений. Отсутствие же подобного эффекта в аналогичном эксперименте с микрозеленью капусты указывает на различия ответной реакции данных культур на воздействие исследуемого фактора (табл. 2).

Для выявления интегральной картины результативности испытываемых спектров светодиодного освещения в плане обогащения микрозелени гороха овощного биофлавоноидами, как и в аналогичном эксперименте с микрозеленью капусты, в каждом варианте опыта было осуществлено суммирование относительных размеров различий параметров их накопления с контролем, с учетом ориентации данных различий, дающее представление о совокупном эффекте от воздействия исследуемого фактора (табл. 2). Установлено, что, в отличие от микрозелени капусты, здесь во всех без исключения тестируемых вариантах опыта значения данного показателя характеризовались положительной направленностью, варьируясь в диапазоне 270,6-807,6 %, что однозначно свидетельствовало о более благоприятном, чем в контроле, спектральном составе светодиодного освещения для совокупности характеристик Р-витаминного комплекса при наибольшем стимулирующем влиянии на биосинтез полифенолов светодиодов с 6,0- и 9,5-кратным соотношением в спектре освещения красного и синего света. Это позволяет заключить, что для производства микрозелени гороха овощного с наиболее высоким содержанием биофлавоноидов следует использовать светодиоды, обладающие данными характеристиками спектрального состава излучения.

Заключение

В результате сравнительного исследования в идентичных производственных экспериментах с 8-вариантной схемой влияния спектрального состава светодиодного освещения при варьировании в нем соотношения долей красной и синей областей в диапазоне 1,3–10,5 на содержание биофлавоноидов, в том числе антоциановых пигментов, катехинов и флавонолов в микрозелени капусты белокочанной и гороха овощного, установлены существенные межвидовые различия в степени восприимчивости их Р-витаминного комплекса к воздействию исследуемого фактора. В эксперименте с микрозеленью капусты почти все испытываемые спектральные композиции оказывали значительное ингибирующее влияние на формирование ее Р-витаминного комплекса по сравнению с контролем при наибольшем его проявлении при 1,3-кратном соотношении красного и синего света и наименьшем при 9,5-кратном. Выявлена отчетливая тенденция к последовательному ослаблению ингибирующего влияния исследуемого фактора по мере постепенного увеличения в спектре освещения доли красного света с наиболее выраженной активизацией биосинтеза собственно антоцианов и катехинов по достижении 10,5-кратного размера указанного соотношения.

Влияние всех тестируемых спектральных композиций светодиодного освещения на Р-витаминный комплекс микрозелени гороха овощного, напротив, носило исключительно позитивный характер при

наибольшем стимулирующем влиянии на биосинтез полифенолов светодиодов с 6,0- и 9,5-кратным соотношением в спектре освещения красного и синего света.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молчан, О. В. Влияние Led-освещения различного спектрального состава на рост и биосинтез алкалоидов в каллусных культурах *Vinca minor* / О. В. Молчан, В. М. Юрин // Биология. – 2018. – №2. – С. 48–56.
2. Оптимизация светодиодной системы освещения витаминной космической оранжереи / Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2016. – Т. 50, № 3. – С. 17–23.
3. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. – Минск: Ураджай, 1981. – 80 с.
4. Оптимизация режимов светодиодного освещения при производстве микрозелени овощных культур с целью повышения качества продукции: метод. реком. / Пашкевич А. М. [и др.]; РУП «Институт овощеводства»; ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси». – Минск: Право и экономика, 2022. – 44 с.
5. Обуховская, Л. В. Влияние спектрального состава света на приживаемость, рост и развитие микроклонально размноженных регенерантов *Betula pendula var. Carelica* (Mercl.) при адаптации *ex vitro* / Л. В. Обуховская, Т. Н. Куделина, О. В. Молчан // 3-я международная научная конференция «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы». – Калуга, 2019. – С. 138.
6. Влияние LED-освещения разного спектрального состава на регуляцию ростовых и фотосинтетических процессов *A. thaliana* / Куделина Т.Н., Молчан О.В., Филипович Т.С., Кабашникова Л.Ф., Кривобок А.С., Бибилова Т.Н. // III Междунар. науч.-практ. конф., Респ. Беларусь, Минск, 24–27 мая 2022 г. / Белорус. гос. ун-т, Ин-т леса НАН Беларуси; редкол.: В. В. Демидчик (гл. ред) [и др.]. – Минск: БГУ, 2022. – С. 53–54.
7. Петринчик, В. О. Влияние света различного спектрального состава и интенсивности на содержание фотосинтетических пигментов в листьях и антоцианов в цветках растений *Catharanthus Roseus* G. Don. / В. О. Петринчик, Н. И. Астасенко, В. И. Привалов, О. В. Молчан // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: материалы Международной научной конференции и Двенадцатого съезда Белорусского общественного объединения фотобиологов и биофизиков, Минск, 28–30 июня 2016 г. / редкол.: И. Д. Вологовский [и др.]. – В 2 ч. Ч. 2. – Минск, 2016. – С. 73–76.
8. Влияние светодиодного освещения разного спектрального состава на морфогенез и вторичный метаболизм *Catharanthus roseus* (L.) в условиях *in vitro* и закрытого грунта / Л. Г. Лёшина, О. В. Молчан, О. П. Булко, Н. А. Пушкарева, Т. Н. Кирпа-Несмян, Е. В. Запрудская, Н. В. Кучук // XI Международная конференция «Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология, Минск, 23–27 сентября, 2018 г – С. 132–133.
9. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus Domenstica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // J.Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10, № 1. – P. 63–68.
10. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафтан // Тр. 3 Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.
11. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной. / В. Ю. Андреев [и др.] // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.
12. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград, 1987. – 430 с.
13. Влияние спектрального состава света на начальных этапах онтогенеза на синтез антоцианов и формирование растений перца сладкого / М. О. Моисеева, Т. В. Никонович, М. Л. Радкевич, Ю. В. Трофимов // Региональная научно-практическая конференция кф РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева с международным участием: Материалы региональной научно-практической конференции кф ргау-мсха имени К. А. Тимирязева, Калуга, 14 апр. 2019 г., вып. №13. 2019 / изд.: ИП А. В. Якунин. – Калуга, 2019. – С. 87–91.

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО ПО ТЕМПУ НАЧАЛЬНОГО РОСТА. МЕТОДИКА ОТБОРА ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ РАСТЕНИЙ

А. А. КОЗЛОВСКИЙ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, e-mail: e-mail: k_851812@mail.ru

(Поступила в редакцию 15.06.2023)

В статье представлены результаты изучения 55 коллекционных образцов люпина узколистного по признаку «темпа начального роста». Исследования проводили на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» (Минская область, г. Жодино) в период 2010–2012 гг. Проведено сравнительное изучение темпа роста растений люпина узколистного у диких форм, старых сортов (выведенных до 1980 года), группы новых сортов и образцов, обладающих нормальным (диким) симподиальным ветвлением (созданных после 1980 года), а также группы сортов и образцов с блокированным (редуцированным) симподиальным ветвлением (выведенных после 1980 года). В течение вегетации (в период ДКЛУ (Десятичный Код Люпина Узколистного) 9–60, 54 суток) проводились определения следующих морфобиологических показателей: длина гипокотыля, эпикотыля и их сумм, высота, темп роста растения. Начальный рост растений определяется как период становления проростка, а именно, от прорастания семени до полного развертывания всех его 4 зародышевых листьев. Разработан дескриптор описания темпа начального роста. Установлена корреляционная связь темпа начального роста с урожайностью ($r=0,62$). Разработана методика отбора высокопродуктивных растений при создании интенсивных сортов люпина узколистного. Методика позволяет отбирать и оценивать желательные генотипы как в лабораторных условиях в рулонах, расстильнях, так и в полевых условиях, что существенно сокращает объем бесперспективного селекционного материала и время выведения сорта. Данная методика нами с 2013 года используется в селекционном процессе. Получен перспективный селекционный материал люпина узколистного, проходящий испытание на разных этапах селекционного процесса, а также созданы сорта (Альянс, Купец, Искандер и др.).

Ключевые слова: люпин узколистный, коллекционные образцы, селекция, темп начального роста.

The article presents the results of a study of 55 collection samples of narrow-leaved lupine on the basis of "initial growth rate". The studies were carried out on the experimental field of RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture" (Minsk region, Zhodino) in the period 2010–2012. We have conducted a comparative study of the growth rate of narrow-leaved lupine plants in wild forms, old varieties (bred before 1980), a group of new varieties and samples with normal (wild) sympodial branching (created after 1980), as well as a group of varieties and samples with blocked (reduced) sympodial branching (bred after 1980). During the growing season (during the period of Decimal Code of Lupine Angustifolia of 9–60, 54 days), the following morphophysiological parameters were determined: the length of the hypocotyl, epicotyl and their sums, height, plant growth rate. The initial growth of plants is defined as the period of formation of the seedling, namely, from the germination of the seed to the full deployment of all its 4 embryonic leaves. A descriptor for describing the rate of initial growth has been developed. A correlation was established between the rate of initial growth and productivity ($r=0.62$). A technique has been developed for selecting highly productive plants when creating intensive varieties of narrow-leaved lupine. The technique makes it possible to select and evaluate desirable genotypes both in laboratory conditions in rolls, germinators, and in the field, which significantly reduces the volume of unpromising breeding material and the time of breeding a variety. We have been using this technique in the breeding process since 2013. A promising breeding material of narrow-leaved lupine has been obtained, which is being tested at different stages of the breeding process, and varieties have been created (Alliance, Kupets, Iskander, etc.).

Key words: narrow-leaved lupine, collection specimens, selection, initial growth rate.

Введение

Разработка и практическое использование принципиально новых морфобиологических, биотехнологических методов создания и оценки селекционного материала сельскохозяйственных культур позволяет существенно сократить время выведение сорта, объемы селекционных питомников и вывести высокопродуктивные, ценные по качеству, конкурентоспособные сорта нового поколения. Особенно важно прогнозирование конечной семенной продуктивности образцов при отборе родоначальных растений на ранних этапах онтогенеза [1, 2].

Лучшие по стабильности высокой урожайности интенсивные сорта люпина узколистного обладают быстрым темпом начального роста (Данко, Бордако, Першацвет, Борвета) или очень быстрым (Миртан, Бора).

Следует особо отметить, что из 27 сортов, внесенных в Госреестр Республики Беларусь в период 1993–2012 гг., только сорта с быстрым темпом начального роста (Данко, Першацвет) и очень быстрым темпом (Миртан) возделывались в отдельные годы на площадях превышающих 8 тыс. га и использовались на протяжении 17 и более лет. Так, сорт Миртан уже возделывается на протяжении 23 лет и максимум площадей (20643 га) имел в 2006 году, а сорт Першацвет возделывается 22 года, максимум площадей (9538 га) занимал в 2006 году. Большинство же сортов со средним и медленным темпом начального роста возделывались в течение 2–9 лет и имели максимум площадей на уровне 0,1–4 тыс. га [3].

Указанное, вероятно, обусловлено тем, что быстрый и очень быстрый темп начального роста способствует как более полному использованию ценозом факторов весеннего плодородия почвы, так и повышению конкурентоспособности растений люпина узколистного по отношению к сорной растительности [4].

Изучение коллекционных образцов проводилось согласно «Методике государственного испытания с.-х. культур» [5], «Методике полевого опыта» [6], «Методике по испытанию сортов растений на отличимость, однородность и стабильность» [7]. Обработку почвы, внесение удобрений, посев и уход за посевами люпина узколистного проводились согласно «Организационно-технологическим нормативам возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур» [8]. Предшественник – овес. В течение вегетации (в период ДКЛУ (Десятичный Код Люпина Узколистного) 9–60, 54 суток) [9] проводились определения следующих морфофизиологических показателей: длина гипокотыля, эпикотыля и их сумм, высота, темп роста растения. В начальный период хозяйственной спелости сортов (ДКЛУ-89) производился отбор снопов и анализа структуры урожайности, по 30 растений каждого сорта. Уборка опытных делянок люпина узколистного осуществлялась вручную, а убранные растения затем обмолачивались на комбайне Нега-125. Экспериментальные данные обрабатывали общепринятыми методами вариационной статистики в изложении П. Ф. Рокицкого [10]. Статистический анализ результатов исследований проведен с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel.

Основная часть

Темп роста органов вегетативной и генеративной сферы является одним из важнейших показателей потенциальной продуктивности сорта [1]. Следует особо подчеркнуть, что скорость (темп) роста растений, особенно в первоначальные фазы, является тем свойством, которое подвергается отбору и существенному изменению в ходе доместикации и селекции у всех сельскохозяйственных культур [2; 11].

В период 2010–2012 гг. нами проведено сравнительное изучение темпа роста растений люпина узколистного у диких форм, старых сортов (выведенных до 1980 года), группы новых сортов и образцов, обладающих нормальным (диким) симподиальным ветвлением (созданных после 1980 года), а также группы сортов и образцов с заблокированным (редуцированным) симподиальным ветвлением (выведены после 1980 года). Результаты измерения темпа роста растений сгруппированы и приведены в табл. 1.

Таблица 1. Темп роста коллекционных образцов люпина узколистного (среднее за 2010–2012 гг.)

Образцы	Темп роста (см/сутки) в периоды					
	19 дней	26 дней	33 дня	40 дней	47 дней	54 дня
о. Испанск. БСУР-64/97	0,11	0,10	0,19	0,26	0,34	0,45
Дикие формы	0,16	0,14	0,34	0,44	0,60	0,72
Старые сорта до 1980	0,18	0,15	0,34	0,50	0,66	0,79
Новые сорта и образцы после 1980						
с медленным темпом начального роста	0,10	0,11	0,34	0,51	0,65	0,76
с средним темпом начального роста	0,16	0,15	0,44	0,67	0,84	0,97
с быстрым темпом начального роста	0,21	0,21	0,48	0,72	0,90	1,01
с очень быстрым темпом начального роста	0,26	0,26	0,45	0,61	0,75	0,84
в т.ч. с ограниченным ветвлением						
с медленным темпом начального роста	0,08	0,10	0,33	0,49	0,65	0,81
с средним темпом начального роста	0,16	0,16	0,39	0,57	0,75	0,89
с быстрым темпом начального роста	0,26	0,23	0,41	0,57	0,79	0,96

Примечание: отсчет времени велся со дня появления всходов; о – сортообразец.

Результаты сравнительного изучения темпа роста различных групп коллекционного материала люпина узколистного свидетельствуют о том, что различия в темпе роста растений наиболее четко проявляются на начальных фазах развития, то есть в период от всходов (стадия ДКЛУ 09) до появления 5-го настоящего листа (стадия ДКЛУ 15) у растений с быстрым темпом начального роста. Необходимо подчеркнуть, что на последующих стадиях вегетации растений люпина узколистного (стадии ДКЛУ 16-81) темп роста перманентно повышается как у образцов с быстрым начальным темпом роста, так и со средним и медленным темпом начального роста. Однако на показатели темпа роста в указанный период существенное влияние оказывают длительность вегетационного периода образцов и редукция симподиального ветвления, что не позволяет получить в этот период объективную сравнительную информацию о темпе роста растений тех или иных образцов, сортов.

Опираясь на полученные данные по темпу начального роста люпина узколистного и учитывая градацию степени выраженности свойства «темпа начального роста», для разных видов люпина, установленную в Международном классификаторе СЭВ рода *Lupinus* [12], мы разработали дескриптор 4.2, который включен в «Унифицированный классификатор люпина *Lupinus L.*» [13]. В дескрипторе отражена степень выраженности и присвоены индексы, так очень медленный темп начального роста имеет индекс 1, медленный – 3, средний – 5, быстрый – 7 и очень быстрый – 9. Очень медленный и медленный темп начального роста характерен для

диких форм люпина, который приводит к удлинению вегетационного периода. Быстрорастущие сорта, такие как Миртан, Мирелла, Бора и Першацвет обладают более коротким вегетационным периодом. Таким образом, различия в темпе роста растений люпина узколистного наиболее четко проявляются на ранних фазах их развития, а именно, от всходов (стадия ДКЛУ 09) до начала разворачивания 5-го настоящего листа (стадия ДКЛУ 15). Этот период полностью включает время формирования проростка и захватывает появление первого дефинитивного (типичного) листа взрослого побега (5-го листа). При изучении взаимосвязи темпа начального роста, урожайности семян и массы 1000 семян люпина узколистного были детально изучены образцы, относящиеся к разным группам темпа начального роста.

Таблица 2. Темп начального роста, урожайность и масса 1000 семян изучаемых коллекционных образцов, по группам

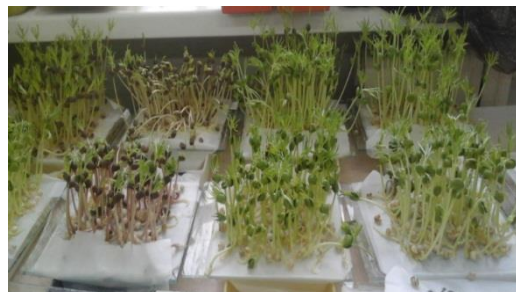
Образец, сорт	Темп роста растения, см/сутки	Урожайность, г/м ²	Масса 1000 семян, г
о. Испанск. БСУР-64/97	0,11	320	73
Дикие формы	0,16	274	116
Сорта до 1980	0,18	333	130
Сорта и образцы после 1980: с медленным темпом начального роста	0,10	392	144
с средним темпом начального роста	0,16	342	135
с быстрым темпом начального роста	0,21	401	146
с очень быстрым темпом начального роста	0,28	509	124
Новые сорта и образцы с ограниченным ветвлением: с медленным темпом начального роста	0,25	329	131
с средним темпом начального роста	0,16	352	132
с быстрым темпом начального роста	0,28	449	116
Коэффициент корреляции		0,62	0,17

Данные табл. 2 показывают четкую зависимость (с коэффициентом корреляции в 0,62) темпа начального роста и урожайности семян. Так, в каждой группе с увеличением темпа начального роста увеличивается урожайность люпина узколистного. Темп начального роста не влияет на массу 1000 семян. Начальный период роста растений определяется как период становления проростка, а именно, от прораствания семени до полного разворачивания всех его 4 зародышевых листьев. В этот период проростки характеризуются тем, что все их органы (корни, зачаточный стебель, листья) являются зародышевыми, образовавшимися за счет материнского растения и семени. Поэтому на темпах начального роста условия внешней среды сказываются мало, что дает возможность в ходе исследований получать по данному признаку корректную информацию. Для ускорения селекционного процесса нами была разработана методика Многолетнее изучение длины гипокотилиа и эпикотилиа, темпа начального роста и урожайности у растений истинно диких форм, одичавших древних культурных образцов, а также экстенсивных и интенсивных сортов, позволило разработать методику сортовой и индивидуальной диагностики потенциальной урожайности на первой макростадии роста и развития (ДКЛУ 15). В основу методики положена тесная корреляция ($r=0,7-0,9$) длины гипокотилиа, эпикотилиа и их суммы с темпом начального роста и урожайностью. Следует подчеркнуть, что различия в темпе начального роста, а соответственно, и длина гипокотилиа и эпикотилиа, являются генетически детерминированными (рецессивные гены *gra1-gra3*), и в меньшей степени определены условиями выращивания [2].

Методика. Семена испытываемых образцов или гибридных популяций F_2-F_n проращивают в полевых условиях, в растильнях, рулонах, камерах SPBD (рис. 1–4). Для проращивания отбирают здоровые, нормально выполненные семена.



а) 1



а) 2

Рис. 1. Проростки и семена люпина узколистного полученные в растильнях (ДКЛУ 05-11)



б) 1



б) 2

Рис. 2. Проростки люпина узколистного полученные в рулонах (ДКЛУ 00-10)



в) 1



в) 2

Рис. 3. Проростки люпина узколистного в камерах SPBD (ДКЛУ 05–0,9)



Рис. 4. Высота гибридов F₂ люпина узколистного (ДКЛУ 11-13)

На двенадцатый день у проростков визуально оценивают длину гипокотыля и эпикотыля. Визуальное определение длины гипокотыля и эпикотыля изучаемых образцов проводят одновременно с сортом-классификатором с известной продуктивностью и параметрами проростка и затем ранжируют образцы по урожайности. По сумме длин гипокотыля и эпикотыля судят о продуктивности отдельных растений, урожайности образцов. Чем длиннее гипокотиль и эпикотиль и их сумма, тем продуктивнее образец (табл. 3).

Таблица 3. Корреляции урожайности с длиной гипокотыля и эпикотыля

Сортообразец	Длина, см			Урожайность, г/м ² .	Коэффициенты корреляции урожайности (r) с длиной		
	гипокотыля	эпикотыля	Сумма гипо + эпикотылей		гипокотыля	эпикотыля	Сумма гипо + эпикотылей
	X _{ср} ±S _x	X _{ср} ±S _x	X _{ср} ±S _x				
Дикая форма (о. Испанск. БСУР-64/97)	0,92±0,03	0,64±0,03	1,56±0,05	320	0,64	0,68	0,66
Мирган	2,26±0,04	4,28±0,5	6,55± 0,09	486	0,72	0,84	0,89
Першацвет	1,16±0,03	2,74±0,04	3,91± 0,07	466	0,69	0,86	0,78

Данная методика позволяет ежегодно проводить отбор желательных генотипов среди 10–30 гибридных популяций люпина объемом 1–3 тыс. каждая.

Предложенная методика оценки и отбора технически проста, обладает высокой точностью, отличается высокой производительностью, дает возможность с большой вероятностью выявлять и отбирать высокопродуктивные генотипы и может использоваться на всех этапах селекционного процесса.

Данная методика нами с 2013 года используется в селекционном процессе. Получен перспективный селекционный материал люпина узколистного, проходящий испытание на разных этапах селекционного процесса, а также созданы сорта (*Альянс*, *Купец*, *Искандер* и др.).

Заключение

В период 2010–2012 гг. была изучена коллекция люпина узколистного, в количестве 55 образцов по признаку «темпа начального роста». На основании проведенных исследований установлена достаточно высокая корреляционная зависимость темпа начального роста и урожайности ($r=0,62$). Разработана методика отбора высокопродуктивных образцов по длине гипокотыля, эпикотыля и их сумм, с коэффициентами корреляции $r=0,64-0,72$, $r=0,68-0,86$, $r=0,66-0,89$ соответственно. Для определения перспективного материала люпина узколистного указанная методика с 2013 года используется в селекционном процессе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морфофизиологические показатели продуктивности и устойчивости зерновых культур / под ред. В. С. Шевелухи. – Мн.: Ураджай, 1980. – 144 с.
2. Купцов, Н. С. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посеы / Н. С. Купцов, И. П. Такунов. – Брянск, Клиницы: КРТ, 2006. – 576 с.
3. Козловский, А. А. Генетика темпа начального роста люпина узколистного / А. А. Козловский // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; ред.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 56. – С. 360–366.
4. Миронова, Т. П. Фитоценогическая ситуация посевов люпина и методы борьбы с сорной растительностью / Т. П. Миронова // Матер. Межд. научн.-практ. конф. «Актуальные проблемы борьбы с сорной растительностью в современном земледелии и пути их решения». – Жодино, 1999. – С. 71–78.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: [в 7 вып.] / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур при М-ве сел. хоз-ва СССР. – Вып. 2: Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / [подгот.: М. Г. Пруцкова и др.]. – Перераб. изд. – М., 1971. – С. 79–105.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (с основами стат. обраб. результатов исслед.) / Б. А. Доспехов. – Изд. 5-е, доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Методика по испытанию сортов растений на отличимость, однородность и стабильность / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений; [сост.: В. В. Фандо, Л. И. Жибуртович, Л. И. Афельдер; отв. ред. А. М. Старовойтов]. – Минск : ИВЦ Минфина РБ, 2004. – 274 с.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси; [рук. разработ.: Ф. И. Привалов и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2012. – 288 с.
9. Шор, В. Ч. Люпин узколистный: работаем по шкале ВВСН / В. Ч. Шор, Н. С. Купцов, А. А. Козловский // Наше сельское хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 41–48.
10. Рокицкий, П. Ф. Введение в статистическую генетику / П. Ф. Рокицкий. – Минск, «Высшая школа», 1974. – 448 с.
11. Майсурия, Н. А. Люпин / Н. А. Майсурия, А. Н. Атабекова. – М.: «Колос», 1974. – 464 с.
12. Международный классификатор СЭВ рода *Lupinus L.* – Ленинград, 1985. – 48 с.
13. Унифицированный классификатор рода *Lupinus L.* / Ф. И. Привалов, И. С. Матыс, Козловский А. А. [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2013. – 63 с.

ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПЛОТНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ РАДИОНУКЛИДАМИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НОРМАТИВНО ЧИСТЫХ ЗЕЛЕННЫХ КОРМОВ НА ОСНОВЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВЫХ КУЛЬТУР

Г. В. СЕДУКОВА, Н. В. КРИСТОВА, С. А. ИСАЧЕНКО

*Государственное учреждение «Институт радиобиологии НАН Беларуси»,
г. Гомель, Республика Беларусь*

(Поступила в редакцию 13.07.2023)

Представлены параметры перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленую массу засухоустойчивых культур – сорго сахарное, сорго-суданковый гибрид и суданская трава, возделываемых на дерново-подзолистой супесчаной почве. Установлено, что значения коэффициентов перехода (K_n) ^{137}Cs в зеленую массу сорговых культур, убранную в фазу начала выметывания, находятся на уровне $6,4-6,8 \times 10^{-2} \text{Бк/кг} : \text{кБк/м}^2$. Отсутствуют существенные различия между культурами по данному показателю. Прослеживается значительная изменчивость K_n ^{137}Cs в зеленую массу по годам исследований (22–36 %). По K_n ^{90}Sr в зеленую массу сорговые культуры имеют существенные различия и располагаются в следующем возрастающем ряду: сорго сахарное 3,74, ССГ – 4,26, суданская трава – 5,93 Бк/кг:кБк/м². Изменчивость K_n ^{90}Sr у сорго сахарного и ССГ незначительная ($V=10$ %), у суданской травы – средняя ($V=16$ %).

Показано влияние разных доз минеральных удобрений на интенсивность перехода радионуклидов из почвы в растения сорго сахарного, сорго-суданкового гибрида и суданской травы, используемые в качестве зеленых кормов для сельскохозяйственных животных. Установлено, что внесение минеральных удобрений обеспечивает снижение по сравнению с контролем K_n ^{137}Cs на 13–31 %, K_n ^{90}Sr – на 23–32 %. Минимальные значения K_n ^{137}Cs и K_n ^{90}Sr в зеленую массу сорговых культур обеспечивает система удобрений $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$. При использовании высокой дозы азота при низких дозах фосфора и калия $\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$ интенсивность поступления K_n ^{90}Sr максимальная.

Возделывание сорговых культур на территории радиоактивного загрязнения не ограничивается плотностью загрязнения ^{137}Cs . Установлены значения плотности загрязнения почвы ^{90}Sr , при которых зеленые корма на основе сорговых культур будут гарантировано соответствовать нормативным требованиям по содержанию данного радионуклида для скормливания крупному рогатому скоту и производства различных видов конечной продукции. Соответствие нормативным требованиям РДУ для получения молока цельного возможно при скормливания зеленой массы сорго сахарного с удобренных участков при плотности загрязнения почвы ^{90}Sr не выше 9,9 кБк/м², ССГ – не более 8,7 кБк/м² и суданской травы – менее 6,2 кБк/м². Использование $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ обеспечивает расширение посевов сорго сахарного, отвечающего требованиям РДУ, до 20 кБк/м², ССГ – до 10,9 кБк/м², суданской травы – до 8,5 кБк/м².

Ключевые слова: дерново-подзолистая супесчаная почва, сорго сахарное, сорго-суданковый гибрид, суданская трава, радионуклиды, минеральные удобрения

The parameters of the transition of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides into the green mass of drought-resistant crops – sugar sorghum, sorghum-Sudanese hybrid and Sudan grass, cultivated on soddy-podzolic sandy loamy soil are presented. It has been established that the values of coefficient of transition of ^{137}Cs into the green mass of sorghum crops, harvested in the phase of the beginning of heading, are at the level of $6.4-6.8 \times 10^{-2} \text{Bq/kg} : \text{kBq/m}^2$. There are no significant differences between crops in this indicator. There is a significant variability of coefficient of transition of ^{137}Cs into the green mass over the years of research (22–36 %). According to the coefficient of transition of ^{90}Sr into the green mass, sorghum crops have significant differences and are located in the following ascending row: sugar sorghum 3.74, sorghum-Sudanese hybrid – 4.26, Sudan grass – 5.93 Bq/kg:kBq/m². The variability of transition coefficient of ^{90}Sr in sugar sorghum and sorghum-Sudanese hybrid is insignificant ($V=10$ %), in Sudan grass it is medium ($V=16$ %).

The influence of different doses of mineral fertilizers on the intensity of the transfer of radionuclides from the soil into plants of sugar sorghum, sorghum-Sudanese hybrid and Sudan grass, used as green fodder for farm animals, is shown. It has been established that the application of mineral fertilizers provides a reduction in comparison with the control of transition coefficient of ^{137}Cs by 13–31 %, of ^{90}Sr – by 23–32 %. The minimum values of coefficient of transition of ^{137}Cs and ^{90}Sr into the green mass of sorghum crops were provided by the $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ fertilizer system. When using a high dose of nitrogen at low doses of phosphorus and potassium in $\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$, the intensity of transition coefficient of ^{90}Sr is maximum.

Cultivation of sorghum crops in the territory of radioactive contamination is not limited by the density of ^{137}Cs contamination. The values of density of soil contamination with ^{90}Sr have been established, at which green fodder based on sorghum crops will be guaranteed to meet the regulatory requirements for the content of this radionuclide for cattle feeding and the production of various types of end products. Compliance with the regulatory requirements of the Republican Allowable Level for obtaining whole milk is possible when feeding the green mass of sugar sorghum from unfertilized areas with a density of soil contamination by ^{90}Sr not higher than 9.9 kBq/m², sorghum-Sudanese hybrid – not more than 8.7 kBq/m² and Sudan grass – less than 6.2 kBq/m². The use of $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ ensures the expansion of the sowing of sugar sorghum, which meets the requirements of the Republican Allowable Level, up to 20 kBq/m², sorghum-Sudanese hybrid – up to 10.9 kBq/m², Sudan grass – up to 8.5 kBq/m².

Key words: soddy-podzolic sandy loam soil, sugar sorghum, sorghum-Sudanese hybrid, Sudanese grass, radionuclides, mineral fertilizers.

Введение

В Беларуси наблюдается повышение среднегодовой температуры воздуха, сдвиг агроклиматических зон и появление новой с суммой эффективных температур 2600–2800 °С, располагающейся на юге республики, где находится наибольшая часть территории радиоактивного загрязнения. Потепление климата позволяет внедрять новые засухоустойчивые культуры. Однако для их использования необходимы

данные об удельной активности радионуклидов в продукции, прогнозных значениях уровней их накопления для планирования размещения культур по полям. Выбор культур для выращивания должен основываться на возможности производства продукции, соответствующей нормативным требованиям по содержанию радионуклидов, с одной стороны, и получения высоких стабильных урожаев хорошего качества при складывающихся климатических условиях, с другой.

Цель исследований – установить плотности загрязнения дерново-подзолистой супесчаной почвы радионуклидами, обеспечивающие производство нормативно чистых зеленых кормов на основе засухоустойчивых культур.

Основная часть

В качестве объектов исследований использованы засухоустойчивые культуры: сорго сахарное, сорго-суданковый гибрид (ССГ), суданская трава. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с методикой полевого опыта [1] на дерново-подзолистой супесчаной почве, загрязнённой радионуклидами чернобыльского происхождения. Средняя плотность загрязнения пахотного горизонта почвы ^{137}Cs составила $54,2 \text{ кБк/м}^2$ ($1,5 \text{ Ки/км}^2$), ^{90}Sr – $11,4 \text{ кБк/м}^2$ ($0,3 \text{ Ки/км}^2$).

Схема полевого опыта включала варианты: $\text{P}_{40}\text{K}_{80}$, $\text{P}_{40}\text{K}_{100}$; $\text{P}_{60}\text{K}_{80}$, $\text{P}_{60}\text{K}_{100}$, $\text{N}_{70}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$; $\text{N}_{70}\text{P}_{40}\text{K}_{100}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{100}$, $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$; $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ и контроль (без удобрений). В качестве удобрений использовались: карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий. Повторность опыта 3-кратная, общая площадь делянки составляла 10 м^2 , учетная – 4 м^2 . Посев широкорядный с шириной междурядий 45 см проводился в начале третьей декады мая, уборка в конце июля, начале августа в период наступления у культур фазы начала выброса метёлки. Определение удельной активности ^{137}Cs в почвенных и растительных образцах выполнялось на γ -спектрометрическом комплексе фирмы Canberra, ^{90}Sr – радиохимическим методом на низкофоном α - β счетчике Canberra-5S [2]. Для количественной оценки поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения рассчитывали коэффициент перехода – (Кп, Бк/кг:кБк/м²) по формуле:

$$\text{Кп} = \text{УА} / \text{П},$$

где УА – удельная активность радионуклида в продукции при стандартной влажности, Бк/кг,
П – плотность загрязнения почвы радионуклидом, кБк/м².

Предельные допустимые плотности загрязнения почвы для производства нормативно чистых кормов (кБк/м²) рассчитывали по формуле:

$$\text{ПДП} = \text{ДУ/Кп},$$

где ДУ – республиканский допустимый уровень содержания радионуклида в продукции [3], или содержание радионуклида, регламентированное Техническим регламентом Таможенного союза (ТР ТС Корма по [4]) (Бк/кг);

Кп – коэффициент перехода радионуклида из почвы в растениеводческую продукцию (Бк/кг:кБк/м²).

Анализируя контрольные варианты, установлено, что средние значения Кп ^{137}Cs в зеленую массу, убранный в фазу начала выброса метелки, составляют у сорго сахарного $6,8 \times 10^{-2}$, ССГ – $6,5 \times 10^{-2}$ и у суданской травы $6,4 \times 10^{-2}$ Бк/кг:кБк/м². Отсутствуют существенные различия между культурами по данному показателю. Анализ данных показал, что изменчивость Кп ^{137}Cs в среднем за 3 года исследований является значительной (коэффициент вариации (V) у сорго сахарного и ССГ 36 и 33 %, соответственно, у суданской травы – 22 %).

Внесение минеральных удобрений обеспечивает достоверное снижение Кп ^{137}Cs для сорго сахарного до 25 %. Кп ^{137}Cs в зеленую массу культуры в зависимости от системы удобрений изменяются от $5,1 \times 10^{-2}$ до $5,7 \times 10^{-2}$ Бк/кг:кБк/м². Существенных различий между вариантами фосфорно-калийного питания не установлено, однако наибольшее снижение наблюдалось при использовании $\text{P}_{40,60}\text{K}_{100}$. При увеличении дозы калия с 80 до 100 кг/га д.в. Кп ^{137}Cs в зеленую массу сорго сахарного уменьшается до 7 %. Отмечалось незначительное увеличение Кп ^{137}Cs в зеленую массу сорго сахарного при использовании азотных удобрений по сравнению с безазотными вариантами. В среднем Кп ^{137}Cs в зеленую массу ССГ при внесении НРК уменьшается до 31 % по сравнению с контролем. В посевах ССГ при применении азотных удобрений увеличения Кп ^{137}Cs в зеленую массу культуры не отмечено. Внесение НРК обеспечивает снижение Кп ^{137}Cs в зеленую массу суданской травы на 13 % по сравнению с контролем и не имеет различий с фонами РК. При использовании полного минерального удобрения минимальное значение Кп ^{137}Cs в зеленую массу обеспечила система удобрений $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$.

По Кп ^{90}Sr в зеленую массу сорговые культуры располагаются в следующем ряду (по возрастанию): сорго сахарное 3,74, ССГ – 4,26, суданская трава – 5,93 Бк/кг:кБк/м². Усредненный Кп ^{90}Sr в зеленую

массу суданской травы на 39 % и 58 % выше, чем в продукцию ССГ и сорго сахарного соответственно. Кп ^{90}Sr в зеленую массу ССГ на 14 % выше, чем для сорго сахарного.

Изменчивость Кп ^{90}Sr у сорго сахарного и ССГ незначительная ($V=10\%$), у суданской травы – средняя ($V=16\%$).

Применение минеральных удобрений является эффективным способом снижения (на 23–32 %) поступления ^{90}Sr в растения сорго сахарного по отношению к контролю. При использовании фосфорно-калийных удобрений наименьший Кп ^{90}Sr в зеленую массу сорго сахарного получен при внесении $\text{P}_{60}\text{K}_{80}$. Увеличение дозы фосфора обеспечивает снижение Кп ^{90}Sr в вегетативную массу сорго сахарного на 4–5 % на фонах с N_{70} ; на 9 % на фонах с N_{90} .

Среди вариантов с внесением полного минерального удобрения в посевах сорго сахарного наименьшие Кп ^{90}Sr в зеленую массу получены при $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ и $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$. Максимальный Кп ^{90}Sr отмечен при высокой дозе азота и низких фосфора и калия – $\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$. По сравнению с контрольным вариантом применение минеральных удобрений обеспечило уменьшение Кп ^{90}Sr в зеленую массу ССГ на 12–21 %. Это, в среднем, на 39 % ниже, чем эффективность применения удобрений в посевах сорго сахарного. В варианте с внесением $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ в посевах ССГ фиксировался минимальный Кп ^{90}Sr в зеленую массу. Прослеживалась тенденция снижения интенсивности поступления радионуклида в продукцию суданской травы при увеличении дозы фосфора.

Установленные параметры перехода радионуклидов в продукцию сорговых культур позволяют определить плотность радиоактивного загрязнения почвы и территорию радиоактивного загрязнения, пригодную для производства нормативно чистой зеленой массы сорговых культур (удельная активность ^{137}Cs 165 Бк/кг и менее для получения цельного молока, не более 600 Бк/кг для получения молока-сырца для переработки, 240 Бк/кг для получения мяса (на заключительной стадии откорма животных); ^{90}Sr – не более 37 Бк/кг для скормливания КРС и получения цельного молока, 185 Бк/кг – молока-сырца; в соответствии с РДУ и содержание ^{137}Cs в зеленой массе 100 Бк/кг и менее, ^{90}Sr – 50 Бк/кг согласно ТР ТС).

Установлено, что даже на контрольных участках ПДП загрязнения почвы ^{137}Cs превышают значения, ограничивающие ведение сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь (плотность загрязнения ^{137}Cs до 1480 кБк/м²). Следовательно, на текущий и последующие периоды после чернобыльской катастрофы возделывание сорговых культур на территории радиоактивного загрязнения не ограничивается плотностью загрязнения ^{137}Cs .

Соответствие нормативным требованиям РДУ для получения молока цельного возможно при скормливание зеленой массы сорго сахарного с неудобренных участков при плотности загрязнения пахотного горизонта почвы ^{90}Sr не выше 9,9 кБк/м² (0,27 Ки/км²), ССГ – не более 8,7 кБк/м² (0,23 Ки/км²) и суданской травы – менее 6,2 кБк/м² (0,17 Ки/км²) (табл. 1).

Таблица 1. Предельные плотности загрязнения дерново-подзолистой супесчаной почвы ^{90}Sr для производства зеленой массы сорговых культур для скормливания КРС и получения молока цельного, отвечающей требованиям РДУ

Система удобрений	Сорго сахарное		ССГ		Суданская трава	
	кБк/м ²	Ки/км ²	кБк/м ²	Ки/км ²	кБк/м ²	Ки/км ²
Контроль	9,9	0,27	8,7	0,23	6,2	0,17
$\text{P}_{40}\text{K}_{80}$	13,1	0,36	10,4	0,28	7,7	0,21
$\text{P}_{60}\text{K}_{80}$	14,5	0,39	10,6	0,29	7,9	0,21
$\text{P}_{40}\text{K}_{100}$	13,5	0,36	10,2	0,28	7,5	0,20
$\text{P}_{60}\text{K}_{100}$	14,0	0,38	10,6	0,29	7,7	0,21
$\text{N}_{70}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$	13,4	0,36	10,4	0,28	7,8	0,21
$\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$	14,1	0,38	10,7	0,29	8,3	0,22
$\text{N}_{70}\text{P}_{40}\text{K}_{100}$	13,7	0,37	9,9	0,27	7,5	0,20
$\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$	14,2	0,38	10,7	0,29	8,1	0,22
$\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$	12,9	0,35	10,3	0,28	7,8	0,21
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$	14,1	0,38	10,7	0,29	8,2	0,22
$\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{100}$	13,2	0,36	9,9	0,27	7,4	0,20
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$	14,4	0,39	10,9	0,30	8,5	0,23

Для обеспечения нормативных требований ТР ТС плотность загрязнения дерново-подзолистой супесчаной почвы не должна превышать 13 кБк/м² (0,36 Ки/км²) при возделывании сорго сахарного, 12 кБк/м² (0,32 Ки/км²) ССГ и 8 кБк/м² (0,27 Ки/км²) суданской травы (табл. 2). Применение $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ позволяет использовать дерново-подзолистые супесчаные почвы с плотностью загрязнения до 14,4 кБк/м² (0,39 Ки/км²) для выращивания сорго сахарного, отвечающего требованиям РДУ и до 20 кБк/м² (0,53 Ки/км²), соответствующего ТР ТС. Применение $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ в посевах ССГ обеспечивает получение нормативно чистой зеленой массы ССГ при плотности загрязнения ^{90}Sr до 10,9 кБк/м² (0,30 Ки/км²), отвечающей РДУ и ТР ТС, соответственно. При использовании этой же системы

удобрений в посевах суданской травы зеленая масса пригодна для скармливания КРС и получения цельного молока при плотности загрязнения ^{90}Sr 8,5 кБк/м² (0,23 Ки/км²) в соответствии с РДУ и до 12 кБк/м² (0,31 Ки/км²) в соответствии с ТР ТС.

Таблица 2. Предельные плотности загрязнения дерново-подзолистой супесчаной почвы ^{90}Sr для производства зеленой массы сорговых культур, отвечающей требованиям ТР ТС

Система удобрений	Сорго сахарное		ССГ		Суданская трава	
	кБк/м ²	Ки/км ²	кБк/м ²	Ки/км ²	кБк/м ²	Ки/км ²
Контроль	13	0,36	12	0,32	8	0,23
P ₄₀ K ₈₀	18	0,48	14	0,38	10	0,28
P ₆₀ K ₈₀	20	0,53	14	0,39	11	0,29
P ₄₀ K ₁₀₀	18	0,49	14	0,37	10	0,27
P ₆₀ K ₁₀₀	19	0,51	14	0,39	10	0,28
N ₇₀ P ₄₀ K ₈₀	18	0,49	14	0,38	11	0,29
N ₇₀ P ₆₀ K ₈₀	19	0,52	14	0,39	11	0,30
N ₇₀ P ₄₀ K ₁₀₀	19	0,50	13	0,36	10	0,27
N ₇₀ P ₆₀ K ₁₀₀	19	0,52	14	0,39	11	0,30
N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	17	0,47	14	0,37	11	0,29
N ₉₀ P ₆₀ K ₈₀	19	0,52	14	0,39	11	0,30
N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	18	0,48	13	0,36	10	0,27
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀	20	0,53	15	0,40	12	0,31

Ограничения по плотности загрязнения дерново-подзолистой супесчаной почвы ^{90}Sr для производства зелёной массы, идущей на корм дойному стаду с целью производства молока-сырья, представлены в табл. 3.

Таблица 3. Предельные плотности загрязнения дерново-подзолистой супесчаной почвы ^{90}Sr для производства зеленой массы сорговых культур для скармливания КРС для получения молока-сырья на переработку на масло

Система удобрений	Сорго сахарное		ССГ		Суданская трава	
	кБк/м ²	Ки/км ²	кБк/м ²	Ки/км ²	кБк/м ²	Ки/км ²
Контроль	49	1,34	43	1,17	31	0,84
P ₄₀ K ₈₀	66	1,78	52	1,40	38	1,04
P ₆₀ K ₈₀	73	1,96	53	1,43	40	1,07
P ₄₀ K ₁₀₀	67	1,82	51	1,38	37	1,01
P ₆₀ K ₁₀₀	70	1,89	53	1,44	39	1,04
N ₇₀ P ₄₀ K ₈₀	67	1,81	52	1,41	39	1,06
N ₇₀ P ₆₀ K ₈₀	71	1,91	53	1,44	41	1,12
N ₇₀ P ₄₀ K ₁₀₀	69	1,86	50	1,34	38	1,02
N ₇₀ P ₆₀ K ₁₀₀	71	1,92	54	1,45	40	1,09
N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	64	1,74	51	1,39	39	1,06
N ₉₀ P ₆₀ K ₈₀	71	1,91	54	1,45	41	1,10
N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	66	1,78	49	1,33	37	1,00
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀	72	1,95	55	1,48	43	1,15

Для получения молока-сырья пригодны дерново-подзолистые супесчаные почвы с плотностью загрязнения ^{90}Sr менее 49 кБк/м² (1,34 Ки/км²) для возделывания на фоне без удобрений сорго сахарного, менее 43 кБк/м² (1,17 Ки/км²) для выращивания ССГ и менее 31 кБк/м² (0,84 Ки/км²) для производства суданской травы.

Применение N₉₀P₆₀K₁₀₀ позволяет использовать дерново-подзолистые супесчаные почвы с плотностью загрязнения ^{90}Sr до 72 кБк/м² (1,95 Ки/км²) для выращивания сорго сахарного, 55 кБк/м² (1,48 Ки/км²) ССГ. При использовании вышеуказанной системы удобрений в посевах суданской травы зеленая масса пригодна для скармливания КРС и получения молока-сырья при плотности загрязнения ^{90}Sr не более 43 кБк/м² (1,15 Ки/км²).

Таким образом в Гомельской области для выращивания сорго сахарного, зеленая масса которого отвечает требованиям РДУ для получения молока цельного, пригодно 188,7 тыс. га земель, ССГ – 166,0 тыс. га, суданской травы – 115 тыс. га; для получения молока-сырья на переработку – 261,2 тыс. га, 260,4 тыс. га и 256,8 тыс. га соответственно. Непригодными для выращивания сорговых культур с радиологической точки зрения являются всего 374,2 га земель сельскохозяйственного назначения, плотность загрязнения ^{90}Sr которых находится в пределах 1,97–3,0 Ки/км². Это является основанием для заключения о возможности включения сорговых культур в структуру посевных площадей на территории радиоактивного загрязнения.

Заключение

Сравнительная оценка сорговых культур по интенсивности миграции радионуклидов в звене почва-растение свидетельствует об отсутствии существенных различий по Кп ^{137}Cs в зеленую массу, убранную в фазу начала выброса метелки. Кп ^{137}Cs в зеленую массу находятся на уровне у сорго сахарного $6,8 \times 10^{-2}$,

ССГ – $6,5 \times 10^{-2}$, у суданской травы $6,4 \times 10^{-2}$ Бк/кг:кБк/м². По Кп ⁹⁰Sr в зеленую массу сорговые культуры достоверно различаясь, располагаются в следующем возрастающем ряду: сорго сахарное 3,74, ССГ – 4,26, суданская трава – 5,93 Бк/кг:кБк/м².

Фактором, сдерживающим поступление радионуклидов в растения, является применение минеральных удобрений, позволяющим снизить Кп ¹³⁷Cs в зеленую массу сорго сахарного до 25 %, ССГ – до 31 %, суданской травы – до 17 % по сравнению с контролем. При увеличении дозы калия Кп ¹³⁷Cs в зеленую массу сорговых культур уменьшается на 4–8 %. При использовании N₉₀P₆₀K₁₀₀ в посевах всех изучаемых культур Кп ¹³⁷Cs в зеленую массу наименьший.

Внесение минеральных удобрений обеспечивает уменьшение Кп ⁹⁰Sr в зеленую массу сорго сахарного по сравнению с контролем до 32 %, ССГ – до 21 %, суданской травы – до 27 %. При увеличении дозы фосфора Кп ⁹⁰Sr снижается на 3 и 7 %. Минимальный Кп ⁹⁰Sr в зеленую массу сорго сахарного, ССГ и суданской травы обеспечивает N₉₀P₆₀K₁₀₀.

Плотность загрязнения дерново-подзолистой почвы, характеризующейся среднекислой реакцией среды, средним содержанием гумуса и калия и высоким фосфора, не ограничивает возделывание сорговых культур на зеленую массу (фаза начала выброса метелки). Для сорго сахарного наименьшие ограничения по плотности загрязнения почвы ⁹⁰Sr 14,4 кБк/м² для получения молока цельного и 72 кБк/м² для молока-сырца на переработку на масло; для ССГ – 10,9 кБк/м² и 55 кБк/м², соответственно, для суданской травы – 8,5 кБк/м² и 43 кБк/м², соответственно, обеспечивает N₉₀P₆₀K₁₀₀.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Методические указания по определению ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в почвах и растениях / Центр. науч.-исслед. ин-т агрохим. обслуживания сел. хоз-ва; А. В. Кузнецов [и др.]. – М.: ЦИНАО, 1985. – 64 с.
3. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Нац. акад. наук Беларуси, М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии; Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.
4. О безопасности кормов и кормовых добавок: ТР 201_/00_/ТС [Электронный ресурс] / Комис. Тамож. союза. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200083875>. – Дата доступа: 09.04.2020.

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 631.33.024.4

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ВДОЛЬ РЯДКА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

А. С. АНИЩЕНКО, О. В. ГОРДЕЕНКО, В. В. ГУСАРОВ, В. Н. БОСАК

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407,

e-mail: lev1_85@mail.ru; olegordeenko70@mail.ru; vladimgusarov@yandex.ru; bosak1@tut.by

(Поступила в редакцию 14.03.2023)

Равномерность распределения посевного материала сельскохозяйственных культур по длине рядка обеспечивает оптимизацию площади питания и равномерное распределение влаги и питательных веществ, что благоприятно сказывается на росте и развитии сельскохозяйственных культур в период вегетации и в конечном итоге обеспечивает их более высокую урожайность. В лабораторных условиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» было разработано устройство для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка, которое может устанавливаться на отечественных и зарубежных моделях пневматических сеялок. Устройство для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка состоит из двух элементов (мультициклон и мундштука) и предназначено для уменьшения воздушного потока в сошниковом пространстве (мультициклон) и выравнивания потока семян на выходе (мундштук).

Испытание разработанного устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка, установленного на пневматической сеялке СПУ-6 с дисковыми сошниками, показало его высокую агрономическую эффективность: повышение равномерности продольного распределения семян составило от 29,2 % для ярового ячменя до 30,5 % для яровой пшеницы и 31,7 % – для гороха полевого.

Использование на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в полевых условиях сеялки СПУ-6 с дисковыми сошниками с установленным устройством для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка, увеличило урожайность зерна яровой пшеницы на 3,2 ц/га, зерна ярового ячменя – на 2,9 ц/га, семян гороха посевного – на 1,7 ц/га при общей урожайности товарной продукции соответственно 57,7, 57,8 и 21,9 ц/га.

Ключевые слова: устройство для повышения равномерности распределения семян, яровая пшеница, яровой ячмень, горох посевной, урожайность.

The uniform distribution of crops seeds along the length of the row ensures the optimization of the feeding area and the uniform distribution of moisture and nutrients, which favorably affects the growth and development of crops during the growing season and ultimately ensures their higher yields. Under laboratory conditions, the Belarusian State Agricultural Academy has developed a device to improve the uniformity of seed distribution along the row, which can be installed on domestic and foreign models of pneumatic seeders. The device for increasing the uniformity of seed distribution along the row consists of two elements (multicyclone and mouthpiece) and is designed to reduce the air flow in the coulter space (multicyclone) and equalize the flow of seeds at the exit (mouthpiece).

The test of the developed device for increasing the uniformity of seed distribution along the row, installed on the SPU-6 pneumatic seeder with disc coulters, showed its high agronomic efficiency: the increase in the uniformity of the longitudinal distribution of seeds ranged from 29.2 % for spring barley to 30.5 % for spring wheat and 31.7 % for field peas.

The use on soddy-podzolic medium loamy soil in the field conditions of the SPU-6 seed drill with disc coulters with an installed device to improve the uniformity of seed distribution along the row increased the yield of spring wheat grain by 0.32 tons per hectare, spring barley grain – by 0.29 t / ha, sown pea seeds – by 0.17 t/ha with a total yield of marketable products, respectively, 5.77, 5.78 and 2.19 t/ha.

Key words: device for increasing the uniformity of seed distribution, spring wheat, spring barley, sown peas, yield.

Введение

В Республике Беларусь и за рубежом для посева основных сельскохозяйственных культур, в т. ч. зерновых, широкое распространение получили пневматические посевные машины [1–14].

Посев зерновых культур производится, как правило, рядовым способом с шириной междурядья 125 мм. Площадь питания, приходящаяся на одно растение, при данном способе представляет собой вытянутый четырехугольник, в котором две стороны имеют длину 10–20 мм вдоль рядка и две по 125 мм между рядками. К недостаткам рядового способа посева следует отнести большую скученность семян в рядке.

Распределение семян зерновых культур по площади при рядовом посеве принято оценивать одним показателем – равномерностью высева семян отдельными аппаратами (поперечная неравномерность). Для сеялок с системами пневматического транспортирования семян зерновых культур он не должен превышать 5 %. При этом в действующих в настоящее время нормативных документах не уделяется должное внимание продольному распределению посевного материала.

Распределение посевного материала по длине рядка зависит от многих факторов: стабильности подачи семян высевающим аппаратом, характера движения в семяпроводах и сошниках, конструкции и материала последних, колебаний рабочих органов во время движения сеялки и др. При этом большинство исследователей считает, что семяпроводы и сошники являются дополнительными факторами, а основную роль играет высевающий аппарат. Однако решающее значение в продольном распределении семян имеет сошник [1–3, 14].

Равномерность распределения семян и удобрений при посеве оказывает существенное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных растений [15–31].

Равномерное распределение семян и удобрений в пахотном горизонте обеспечивает оптимизацию площади питания растений и равномерное поступление влаги и питательных веществ, что, в свою очередь, способствует увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур.

Основная часть

В полевых опытах в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» был использован экспериментальный сошник, представляющий собой стандартный однодисковый сошник сеялки СПУ-6Д, оснащенный двумя дополнительными элементами. Один из элементов является мультициклон (рис. 1, а), он соединяется с выходным концом семяпровода и предназначен для уменьшения воздушного потока в сошниковом пространстве, вторым является мундштук (рис. 1, б) с размещенными во внутренней полости отражательно-направляющими пластинами для выравнивания потока семян на выходе. Оба элемента напечатаны на 3D принтере Creatbot D600 Pro.

Полевые опыты по изучению эффективности разработанного устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка были проведены на протяжении 2020–2021 гг. на опытном поле УО БГСХА (участок «Полигон») в условиях дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} 5,7–5,8, содержание P_2O_5 (0,2 М HCl) – 131–142 мг/кг, K_2O (0,2 М HCl) – 235–270 мг/кг, гумуса (0,4 н $K_2Cr_2O_7$) – 2,3–2,5 %. Исследуемые культуры – пшеница яровая (*Triticum aestivum* L.) сорт Любава, ячмень яровой (*Hordeum vulgare* L.) сорт Бацька, горох посевной (*Pisum sativum* L.) сорт Саламанка. Схема опыта предусматривала варианты с внесением $N_{60+30}P_{50}K_{90}$ под зерновые культуры и $N_{50}P_{50}K_{90}$ под горох посевной (карбамид, аммофос, хлористый калий). Для изучения эффективности разработанного устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка использовали сеялку СПУ-6, в которой были заменены четыре килевидных сошника на четыре однодисковых (рис. 2). Полевые исследования и статистическую обработку результатов проводили согласно существующим методикам [28, 32–35].



Рис. 1. Части устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка: а – мультициклон; б – мундштук



Рис.2. Сеялка СПУ-6 с дополнительным устройством

Как показали результаты полевых исследований, применение сеялки СПУ-6 с дисковыми сошниками, имеющими устройство для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка, в сравнении со стандартной сеялкой СПУ-6 обеспечило повышение равномерности продольного распределения семян на 30,5 % для яровой пшеницы, на 29,2 % – для ярового ячменя и на 31,7 % – для гороха полевого.

Применение сеялки СПУ-6 со стандартными сошниками способствовало получению урожайности зерна яровой пшеницы 54,5 ц/га, зерна ярового ячменя – 54,9 ц/га, зерна гороха полевого – 20,2 ц/га (таблица).

Урожайность зерновых и зернобобовых культур в зависимости от равномерности распределения семян

Вариант	Яровая пшеница		Яровой ячмень		Горох посевной	
	зерно, ц/га	прибавка, ц/га	зерно, ц/га	прибавка, ц/га	семена, ц/га	прибавка, ц/га
Стандартная сеялка СПУ-6	54,5	–	54,9	–	20,2	–
Сеялка СПУ-6 с дополнительным устройством	57,7	3,2	57,8	2,9	21,9	1,7
НСР ₀₅	2,5		2,4		1,1	

Урожайность зерна яровой пшеницы в вариантах с применением сеялки СПУ-6 с дисковыми сошниками, имеющими устройство для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка, увеличилась с 54,5 до 57,7 ц/га (на 3,2 ц/га или 5,9 %), урожайность зерна ярового ячменя – с 54,9 до 57,8 ц/га (на 2,9 ц/га или 5,3 %), урожайность семян гороха посевного – с 20,2 до 21,9 ц/га (на 1,7 ц/га или 7,8 %) что показывает на достаточно высокую агрономическую эффективность применения сеялки СПУ-6 с дисковыми сошниками, имеющими устройство для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка.

Заключение

Использование устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка обеспечило повышение равномерности продольного распределения семян на 30,5 % для яровой пшеницы, на 29,2 % – для ярового ячменя и на 31,7 % – для гороха полевого.

Применение сеялки СПУ-6 с дисковыми сошниками, на которую было установлено устройство для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка, вследствие лучшей равномерности продольного распределения семян, способствовало увеличению урожайности зерна ярового ячменя и яровой пшеницы, а также семян гороха посевного в условиях дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы на 5,3 %, 5,9 % и 7,8 % соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амеличев, В. В. Исследование устойчивого хода двухдискового сошника для посева мелкосемянных культур / В. В. Амеличев, В. Р. Петровец // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 317–321.
2. Анищенко, А. С. Влияние конструкции патрубков сошников на продольную равномерность распределения семян / А. С. Анищенко, А. В. Клочков // Вестник БГСХА. – 2013. – № 2. – С. 140–144.

3. Анищенко, А. С. Параметры взаимодействия семян с отражательными пластинами в сошниках пневматической сеялки / А. С. Анищенко, А. В. Клочков, В. А. Гермаковский // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 76–78.
4. Анищенко, А. С. Продольная равномерность подачи семян распределителями пневматической сеялки / А. С. Анищенко, А. В. Клочков // Вестник БГСХА. – 2015. – № 1. – С. 134–137.
5. Астахов, В. С. Совершенствование пневматических высевальных систем сеялок / В. С. Астахов. – Горки, 2007. – 148 с.
6. Гордеев, О. В. Основные направления использования сельскохозяйственной техники при внедрении инновационных технологий в растениеводстве / О. В. Гордеев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 10–13.
7. Гусаров, В. В. Становление и перспективы научной деятельности факультета механизации сельского хозяйства УО БГСХА / В. В. Гусаров, А. Е. Кондраль, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 3–6.
8. Клочков, А. Точность посева – перспектива современного земледелия / А. Клочков, А. Анищенко // Белорусское сельское хозяйство. – 2016. – № 4. – С. 76–81.
9. Лабурдов, О. П. Анализ исследований сошниковой группы комбинированных сеялок / О. П. Лабурдов, А. А. Сысоев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 331–336.
10. Машины и оборудование в растениеводстве / А. В. Клочков [и др.]. – Минск: РИВШ, 2021. – 448 с.
11. Петровец, В. Р. Производственные технологии и техническое обеспечение процессов в сельскохозяйственном производстве / В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2022. – 240 с.
12. Шварц, А. А. Повышение эффективности аппаратов точного высева мелкозерновых культур / А. А. Шварц, С. А. Шварц // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 9. – С. 104–110.
13. Шварц, С. А. Изыскание и исследование аппарата точного высева мелкозерновых культур: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С. А. Шварц. – Курск, 1999. – 187 с.
14. Эффективность использования устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка / А. С. Анищенко [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 54–57.
15. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
16. Босак, В. Н. Применение удобрений в интенсивных технологиях / В. Н. Босак. – Минск: БелНИВНФХ в АПК, 2005. – 44 с.
17. Босак, В. Н. Роль почвенного плодородия и удобрений в формировании продуктивности агробиотопосов / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Почвы в биосфере. – Новосибирск, 2018. – С. 31–33.
18. Босак, В. Н. Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В. Н. Босак. – Минск, 2003. – 176 с.
19. Веремейчик, Л. А. Инновационные решения сохранения почвенного плодородия для обеспечения безопасности жизнедеятельности / Л. А. Веремейчик, Г. А. Чернушевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 64–68.
20. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.
21. Лапа, В. В. Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2006. – 120 с.
22. Лапа, В. В. Сравнительная эффективность различных способов заделки минеральных удобрений при возделывании зерновых культур / В. В. Лапа, В. Н. Босак // Весці НАН Беларусі. Серыя аргарных навук. – 2002. – № 4. – С. 41–42.
23. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 183 с.
24. Применение однокомпонентных и комплексных удобрений / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: БГТУ, 2018. – 30 с.
25. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
26. Смеянович, О. Применение удобрений в севообороте / О. Смеянович, В. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. – 108 с.
27. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.
28. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2017. – 315 с.
29. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
30. Технологические приемы оптимизации минерального питания сельскохозяйственных культур / В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2005. – 15 с.
31. Schubert, S. Pflanzenernährung / S. Schubert. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 2018. – 234 s.
32. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
33. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
34. Научные системы ведения сельского хозяйства Республики Беларусь / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 683 с.
35. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 383 с.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА В ДОИЛЬНОМ СТАКАНЕ

Ю. А. РАКЕВИЧ

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь, 220049, rakevich.1991@mail.ru

(Поступила в редакцию 23.03.2023)

В настоящее время на фермах используется большое многообразие доильных аппаратов как импортного, так и отечественного производства. Одной из основных причин низкой эффективности процесса молоковыведения являются несовершенство конструкции доильных аппаратов. Доильный аппарат должен отвечать техническим, физиологическим, зоотехническим и ветеринарным требованиям. Главным элементом доильного аппарата, является сосковая резина, которая непосредственно контактирует с выменем животного. От эффективности и качества работы сосковой резины будет зависеть продуктивность и долголетия поголовья скота [1, 2].

Основной недостаток работы доильных аппаратов в том, что при прососе воздуха между соском и сосковой резиной, происходит дисбаланс вакуумметрического давления, приводящий к наползанию доильного стакана на соски вымени коровы, в результате чего перекрывается молокоотдача между цистерной вымени и цистерной соска и машинное доение прерывается преждевременно, что обуславливает неполное выдаивание коров. Неблагоприятное воздействие вакуумметрического давления на молочную железу является причиной развития воспалительных процессов, а в последующем возникновение частных заболеваний коров маститом. Таким образом, остается актуальной задачей создания безвредной для здоровья животного доильного аппарата, который обеспечит полное извлечение молока из вымени без проведения машинного додаивания и защитит вымя от вредного воздействия вакуума после окончания доения. Несовершенство доильных аппаратов является основной причиной низкой продуктивности коров и качества молока [3, 4].

В статье предлагается для определения негативного эффекта от прососа воздуха, приводящего к наползанию доильного стакана, перекрытию молокотока между цистернами вымени и соска, и, соответственно, неполного выдаивания использовать адаптированные уравнения вязкого движения воздуха из присосковой в подсосковую камеру доильного стакана, через разность давления в доильном стакане, определять скорость движения воздуха между соском коровы.

Ключевые слова: машинное доение, доильный стакан, сила, скорость, просос, воздух, сосок вымени, сосковая резина.

Currently, farms use a wide variety of milking machines, both imported and domestically produced. One of the main reasons for the low efficiency of milk extraction process is the imperfection of the design of milking machines. The milking machine must meet technical, physiological, zootechnical and veterinary requirements. The main element of the milking machine is the teat rubber, which is in direct contact with the udder of the animal. The productivity and longevity of livestock will depend on the efficiency and quality of the teat rubber.

The main drawback of the operation of milking machines is that when air is sucked between the nipple and the teat rubber, an imbalance of vacuum pressure occurs, leading to the creeping of the teat cup on the teats of the cow's udder, as a result of which the milk flow between the udder tank and the teat tank is blocked and machine milking is interrupted prematurely, which causes incomplete milking of cows. The adverse effect of vacuum pressure on the mammary gland is the cause of the development of inflammatory processes, and subsequently the occurrence of private diseases of cows with mastitis. Thus, it remains an urgent task to create a milking machine that is harmless to the health of the animal, which will ensure the complete extraction of milk from the udder without additional machine milking and protect the udder from the harmful effects of vacuum after milking is completed. The imperfection of milking machines is the main reason for the low productivity of cows and the quality of milk.

The article proposes, for determining the negative effect of air sucking, leading to the creeping of the milking cup, overlapping of the milk flow between the udder and teat tanks, and, accordingly, incomplete milking, to use the adapted equations of viscous air movement from the suction cup to the teat chamber of the milking cup, through the pressure difference in the milking cup, to determine the speed of air movement between the cow's teat.

Key words: machine milking, teat cup, force, speed, suction, air, udder teat, teat rubber.

Введение

В процессе машинного доения можно наблюдать, как сосковая резина перемещается вверх по соску, в результате этого происходит просос воздуха, данное явление отрицательно влияет на качество процесса доения. Чтобы объяснить это наблюдение предполагается, что во время процесса машинного доения есть промежутки времени, где стабильной фиксации между сосковой резиной и соском молочной железы не существует, в результате чего образуется поток воздуха, генерируя силу между соском и сосковой резиной.

Данная сила рассматривается на основе потока вязкости воздуха между соском вымени и внутренней частью сосковой резины в зависимости от различных параметров (длины, радиуса соска и сосковой резины). Необходимо изучить профиль потока в этой области. Сила может быть рассмотрена потоком вокруг поверхности соска на основе вязкой текучей среды.

Основная часть

Одним из основных факторов, влияющих на баланс вакуумметрического давления между присосковой и подсосковой камерой в доильном стакане во время машинного доения, является утечка воз-

духа между соском и сосковой резиной. Баланс утечки воздуха в доильном стакане будет зависеть от геометрических параметров соска вымени коровы (рис. 1) [5,6].

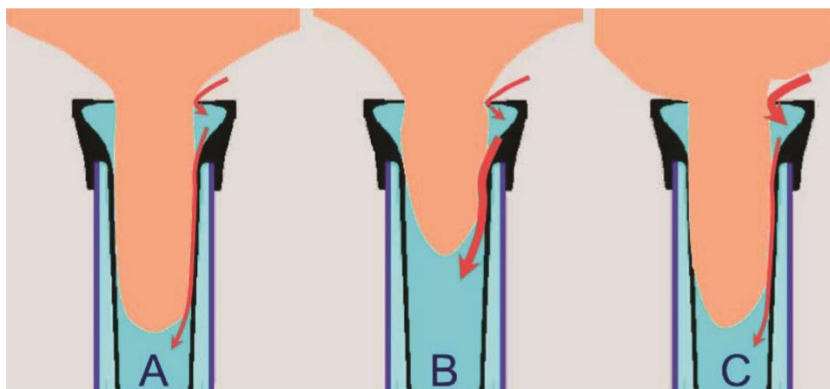


Рис. 1. Баланс утечки воздуха в доильном стакане в зависимости от геометрий соска вымени коровы

На рис. 1 изображено:

А) «Правильная» форма сосков: сбалансированная утечка воздуха, приводящая к балансу вакуума между соском и присосковой камерой с одной стороны и с другой между соском и подсосковой камерой доильного стакана.

В) Слишком короткие соски: высокая утечка воздуха между соском и подсосковой камерой, которая приводит к дисбалансу вакуума в доильном стакане.

С) «Неправильная» форма сосков: высокая утечка воздуха между соском и присосковой камерой сосковой резины, которая приводит к дисбалансу вакуума в доильном стакане.

На слишком тонких и коротких сосках доильные стаканы плохо удерживаются, часто спадают и затрудняют доение. Очень толстые и длинные соски не соответствуют размерам сосковой резины для доильных залов, вследствие чего они сдавливаются, полость их суживается и как следствие этого, замедляется, а иногда и прекращается молокоотдача.

При толстых сосках конической формы доильные стаканы присасываются лишь к их кончику, что оказывает отрицательное влияние на интенсивность доения, полноту молокоотдачи и состояния здоровья вымени. Воронкообразные соски сдавливаются краями присоска резины в месте перехода к основанию вымени, в результате чего происходит сужение соскового канала. Соски должны быть цилиндрической или незначительно конической формы (рис. 2), длиной от 5 до 9 см и диаметром в средней части после доения от 2,0 до 3,2 см. Передние соски на 1–1,5 см длиннее задних [7].

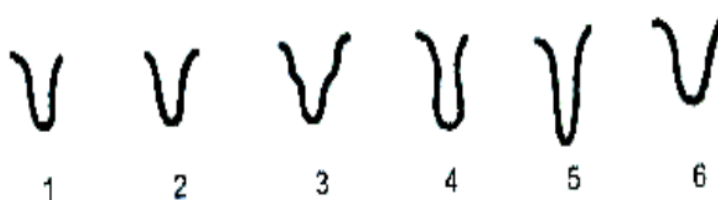


Рис. 2. Формы сосков вымени коров:

1 – цилиндрическая; 2 – коническая; 3 – бутылчатая; 4 – грушевидная; 5 – карандашевидная; 6 – воронкообразная

Установлено, что соски во время доения при снижении цистерального давления в конце молокоотдачи до 0,7–1,3 кПа начинают расслабляться, в результате происходит утечка воздуха между внутренней частью сосковой резиной и соском вымени, что приводит к дисбалансу вакуумметрического давления между присосковой частью сосковой резины и подсосковой камерой доильного стакана, вследствие этого соски начинают глубже засасывать, тем самым способствуя механическому закрытию отверстия между сосковым и железистым отделам цистерны, поэтому молокоотдача преждевременно прекращается [8, 9].

Данное явление можно объяснить тем, что в молочном стаде коровы имеют различную длину, толщину и конфигурацию сосков. Результаты проведенных исследований и практический опыт показывает, что 20–25 % коров в Беларуси не соответствуют требованиям пригодности к машинному доению. В условиях эксплуатации нельзя изменить параметры имеющейся в наличии сосковой резины, а также параметры вымени [10].

Для изучения профиля потока вокруг поверхности соска на основе вязкой текучей среды, сосковую резину и сосок коровы, можно представить в виде двух concentрических цилиндров в трехмерном пространстве (рис 3.).

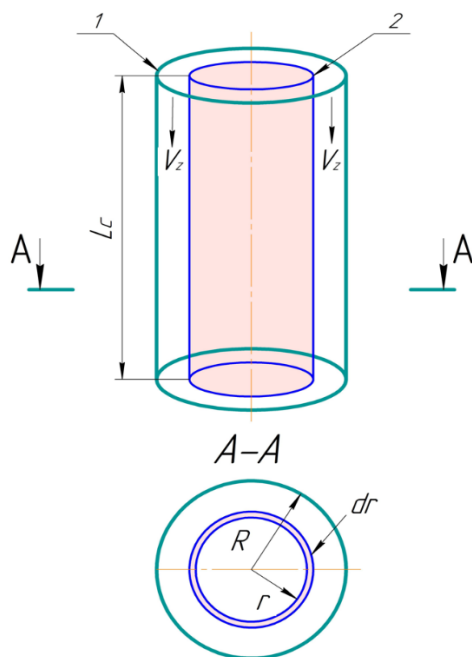


Рис. 3. Расчетная схема к определению скорости движения потока воздуха в доильном стакане: 1 – сосковая резина; 2 – сосок коровы

Сила возникает из-за потока вязкости воздуха между соском вымени и внутренней частью сосковой резины. В этой части сила рассматривается потоком вокруг тела соска на основе вязкости текучей среды протекающей вокруг его. Сила применяется к обтекаемой поверхности, определим по закону Ньютона [11]:

$$F_g = \eta \cdot S \frac{dv}{dr}, \quad (1)$$

где η – коэффициент пропорциональности внутреннего трения (динамическая вязкость воздуха), Па·с; S – площадь соприкосновения поверхности соска с сосковой резиной, м².

Можно записать что:

$$S = 2\pi r l_c,$$

где l_c – длина соска, м; r – радиус соска, м.

Тогда получим:

$$F_g = \eta 2\pi r l_c \frac{dv}{dr},$$

Сила давления, воздействие сосковой резины на сосок, определим разностью давления в доильном стакане:

$$F_c = (p_2 - p_1) \cdot S = \Delta p \pi r^2,$$

где p_2 – давление вакуума в подсосковой камере доильного стакана, кПа; p_1 – давление вакуума в присосковой камере доильного стакана, кПа.

Получим баланс сил:

$$\Delta p \pi r^2 = \eta 2\pi r l_c \cdot \frac{dv}{dr}$$

Преобразуем:

$$dv = \frac{\Delta p \pi r^2}{\eta 2\pi r l_c} dr$$

Интегрируем:

$$v_z(r) = \int_r^R \frac{1}{2\eta} \frac{\Delta p}{l_c} r dr = \frac{1}{2\eta} \frac{\Delta p}{l_c} \int_r^R r dr = \frac{1}{2\eta} \frac{\Delta p}{l_c} \frac{r^2}{2} \Big|_r^R + C = \frac{1}{4\eta} \frac{\Delta p}{l_c} (R^2 - r^2) + C$$

Получим формулу распределение скоростей потока воздуха между соском и сосковой резиной, м/с:

$$V_z(r) = \frac{1}{4\eta} \frac{\Delta p}{l_c} (R^2 - r^2) + C$$

где R^2 – внутренний радиус сосковой резины, м; C – константа интегрирования, определяемая из граничных условий.

При $\frac{dp}{dz} = \frac{\Delta p}{l_c} = const$, получим:

$$v_z = \frac{\Delta p}{4\eta l_c} (R^2 - r^2) \quad (2)$$

Профиль скорости движения воздуха является параболическим, а максимальное значение скорости определяется следующим выражением:

$$v_{max} = v_z(r=0) = \frac{\Delta p R^2}{4\eta l_c} \quad (3)$$

Из формулы видно, что оно пропорционально квадрату внутреннему радиусу сосковой резины и разности давления, приходящая на единицу длины соска вымени и обратно пропорционально динамическому коэффициенту вязкости воздуха. Для расчетов примем динамическую вязкость воздуха при $t = 20$ °С, $\eta = 18,1 \cdot 10^{-6}$ Па·с [12], и определим скорость движения воздуха с учетом табличных значений (табл. 1).

Таблица 1. Параметры для определения скорости движения воздуха

№ п/п	Длина сосков (l_c), мм	Разность радиусов ($R^2 - r^2$), мм	Разность давления (Δp), Па
1	40	1	1000
2	45	2	2000
3	50	3	3000
4	55	4	4000
5	60	5	5000
6	65	6	6000
7	70	7	7000
8	75	8	8000
9	80	9	9000
10	85	10	10000

После определения скорости движения воздуха (V_z), построим график зависимости разности давления в доильном стакане от скорости движения воздуха между сосковой резиной и соском вымени коровы (рис. 4).



Рис. 4. Графическая зависимость разности давления в доильном стакане от скорости движения воздуха между сосковой резиной и соском вымени коровы

Из графической зависимости видно, что с увеличением разности давления в доильном стакане, скорость движения воздуха между соском коровы и сосковой резины возрастает линейно и прогрессирующе.

Так, например, при длине соска (l_c) = 65 мм, разности радиусов между соском и внутреннего радиуса сосковой резины (R^2-r^2) = 6 мм, разности давления в доильном стакане (Δp) = 6кПа, скорость движения воздуха (V_z) будет равняться – 7,64 м/с.

Заключение

1. Распределение скорости движения воздуха между сосковой резиной и соском будет зависеть от разности давления в доильном стакане, разности радиусов соска и внутреннего радиуса сосковой резины, длины соска вымени коровы.

2. Увеличение разности давления в доильном стакане, вызывает увеличение скорости движения воздуха, между соском и сосковой резиной. Чем меньше разность давления в доильном стакане, тем меньше происходит утечка воздуха. При оптимальной разности радиусов между сосковой резиной и соском, распределение скорости движения воздуха будет равномерно сбалансированно, что приведет к балансу вакуума между присосковой камерой сосковой резины и подсосковой камерой доильного стакана.

3. Для определения скорости движения воздуха, исходя из разности давления, длины, радиуса соска вымени коровы, и внутреннего радиуса сосковой резины могут быть получены индивидуально из геометрии соска и конфигурации сосковой резины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ракевич, Ю. А. Анализ конструкций доильных аппаратов / Ю. А. Ракевич // Научный поиск молодежи XXI века: сб. науч. ст.: в 3 ч., Ч.1: материалы XVII Международной научной конференции студентов и магистрантов, Горки 22–24 ноября 2016 г. – Горки: БГСХА, 2017. – С. 371–374.

2. Романович, А. А. Анализ доильных стаканов / А. А. Романович, Ю. А. Ракевич // Инновационная деятельность в модернизации АПК: Междунар. научно-практ. конф. 7–9 декабря 2016 г., ч.1. – Курск, 2016. – С. 330–333.

3. Романович, А. А. Применение механических фиксаторов для предотвращения наползания доильных стаканов / А. А. Романович, Ю. А. Ракевич // Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: збірник тез III Всеукраїнської науково-практичної конференції, Житомир, 29–30 березня 2017 р. – Житомир: Житомирський агротехнічний коледж, 2017. – С. 146–149.

4. Романович, А. А. Особенности конструкций доильных стаканов / А. А. Романович, Ю. А. Ракевич // Передовые технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 30–31 марта 2017 г. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 197–199.

5. Ракевич, Ю. А. Динамика изменения вакуума во время доения коров / Ю. А. Ракевич, В. И. Передня // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 21–23 ноября 2018 г. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 462–465.

6. Ракевич, Ю. А. Выбор оптимального вакууметрического давления для доения коров / Ю. А. Ракевич, В. И. Передня // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 21–23 ноября 2018 г. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 465–468.

7. Курак, А. С. Технологические основы машинного доения и контроль качества молока / А. С. Курак, Н. С. Яковчик, И. В. Брыло; Минсельхозпрод РБ, УО БГАТУ. – Минск: БГАТУ, 2016. – 136 с.

8. Казаровец, Н. В. Управление процессами машинного доения с учетом физиологических особенностей животных / Н. В. Казаровец, В. П. Миклуш, М. В. Колончук // Агропанорама. – 2008. – № 6. – С. 2–8.

9. Передня, В. И. Технологии и оборудование для доения коров и первичной обработки молока / В. И. Передня, В. А. Шаршунова, А. В. Китун. – Минск: Минсанта, 2016. – 975 с.

10. К вопросу определения эффективности ресурса сосковой резины / В. И. Передня и [др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2018. – Вып. 51. – 162 с.

11. Специальные течения жидкостей и газов: учебно-методические пособие для студентов специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» / В. Г. Баштовой, А. Г. Рекс. – Минск: БНТУ, 2020. – 45 с.

12. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – 2-е изд., стер. – Москва: Энергия, 1977. – 319 с.

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ ИЗ ТОРФА

А. М. КУЛИК, П. Ю. КРУПЕНИН

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: antonkulik26@gmail.com

(Поступила в редакцию 30.03.2023)

В современных условиях работы отрасли растениеводства одним из сдерживающих факторов роста урожайности сельскохозяйственных культур является несбалансированное применение минеральных удобрений, нивелировать пагубное влияние которого можно применением органических удобрений.

Одним из наиболее перспективных видов органических удобрений являются гуминовые удобрения, которые с успехом могут применяться как в традиционном, так и экологическом земледелии.

При производстве гуминовых веществ используются различные виды природного сырья, к ним относятся: угли (леонардит), горючие сланцы, торф, сапропель. В условиях Республики Беларусь наиболее целесообразным гуматсодержащим сырьем в экономическом и технологическом плане является торф. Способы экстракции гуминовых кислот из него напрямую связаны с химическими свойствами этих веществ и, в частности, с их растворимостью в щелочах. Наиболее доступными реагентами для выщелачивания гуминовых кислот являются гидроксиды натрия и калия.

Целью настоящих исследований является анализ существующих способов получения гуминовых кислот из торфа, которые наиболее применимы в условиях сельского хозяйства с максимальной технико-экономической эффективностью.

Результаты исследований показали, что из всех перечисленных способов наиболее технологически и экономически оправданным способом производства жидких гуминовых веществ является сочетание физических и химических методов экстракции гуминовых кислот.

Из физических способов наиболее перспективным является механогидравлический. Этот метод позволяет сочетать первичную обработку сырья с изменением химических структур и свойств торфа, что позволит производить гуминовые препараты с более высоким содержанием водорастворимых органических веществ. Из химических наиболее перспективным в экономическом плане является последующее выщелачивание полученной суспензии гидроксидом калия.

Ключевые слова: сельское хозяйство, экстракция, гуминовые кислоты, диспергирование, кавитация, гуминовые, удобрения.

In modern conditions of work of the plant growing industry, one of the limiting factors in the growth of crop yields is the unbalanced use of mineral fertilizers, the detrimental effect of which can be leveled by the use of organic fertilizers.

One of the most promising types of organic fertilizers are humic fertilizers, which can be successfully used in both traditional and organic farming.

In the production of humic substances, various types of natural raw materials are used, these include: coal (leonardite), oil shale, peat, sapropel. In the conditions of the Republic of Belarus, the most appropriate humate-containing raw material in economic and technological terms is peat. Methods for extracting humic acids from it are directly related to the chemical properties of these substances and, in particular, to their solubility in alkalis. The most available reagents for leaching humic acids are sodium and potassium hydroxides.

The purpose of this research is to analyze the existing methods for obtaining humic acids from peat, which are most applicable in agricultural conditions with maximum technical and economic efficiency.

The research results showed that of all the above methods, the most technologically and economically justified method for the production of liquid humic substances is a combination of physical and chemical methods for the extraction of humic acids.

Of the physical methods, the most promising is mechanohydraulic. This method allows you to combine the primary processing of raw materials with a change in the chemical structures and properties of peat, which will allow the production of humic preparations with a higher content of water-soluble organic substances. Of the chemicals, the most promising in economic terms is the subsequent leaching of the resulting suspension with potassium hydroxide.

Key words: agriculture, extraction, humic acids, dispersion, cavitation, humic, fertilizers.

Введение

В современных условиях работы отрасли растениеводства одним из сдерживающих факторов роста урожайности сельскохозяйственных культур является несбалансированное применение минеральных удобрений. В связи с чем, в растениеводческой практике одним из приоритетных направлений становится применение инновационных агрохимических препаратов для регуляции роста растений. К ним относятся и препараты на основе гуминовых удобрений.

Гуминовые вещества представляют собой группу темных гумусовых кислот, растворимых в щелочах. Их биологическая активность обусловлена сложной молекулярной структурой, включающей азот, фосфор, калий и ряд микроэлементов (цинк, железо молибден, медь). Транспортная, регуляторная и протекторная функции гуминовых кислот обеспечивают их высокую эффективность при использовании в качестве удобрений и стимуляторов роста растений [1].

Сырьем для получения гуминовых удобрений являются органометаллические породы, такие как торф, уголь, сапропель и горючие сланцы [2]. По критериям доступности и себестоимости гуматсодержащего сырья для Республики Беларусь наиболее перспективным видом сырья является торф [3].

русь занимает второе место по уровню добычи торфа, уступая лишь Финляндии. Общие запасы торфа в республике оцениваются в 4 млрд т, из которых для промышленной разработки пригодны 800 млн т, т. е. порядка 20 % [3].

Способы экстракции гуминовых кислот из сырья напрямую связаны с химическими свойствами этих веществ и, в частности, с их растворимостью в щелочах. Наиболее доступными реагентами для выщелачивания гуминовых кислот являются гидроксиды натрия и калия.

Анализ литературных источников показал, что в данное время существует множество способов получения гуминовых удобрений, однако не существует их четкой классификации, а также не проводился анализ их применимости и эффективности в условиях сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь.

Основная часть

Большинство из применяемых в настоящее время технологий экстракции гуминовых кислот из торфа включают в себя следующие операции: первичную обработку сырья, экстрагирование гуминовых веществ и очистку конечного продукта. Эффективность технологий оцениваются полнотой извлечения гуминовых кислот из сырья в сопоставлении с величиной экономических затрат. Полнота извлечения гуминовых кислот зависит от используемого в технологиях метода воздействия на гумат-содержащее сырье.

Выделяют несколько основных методов воздействий на торф для получения из него гуминовых веществ. Они подразделяются на химические, физические и биологические (рис. 1).

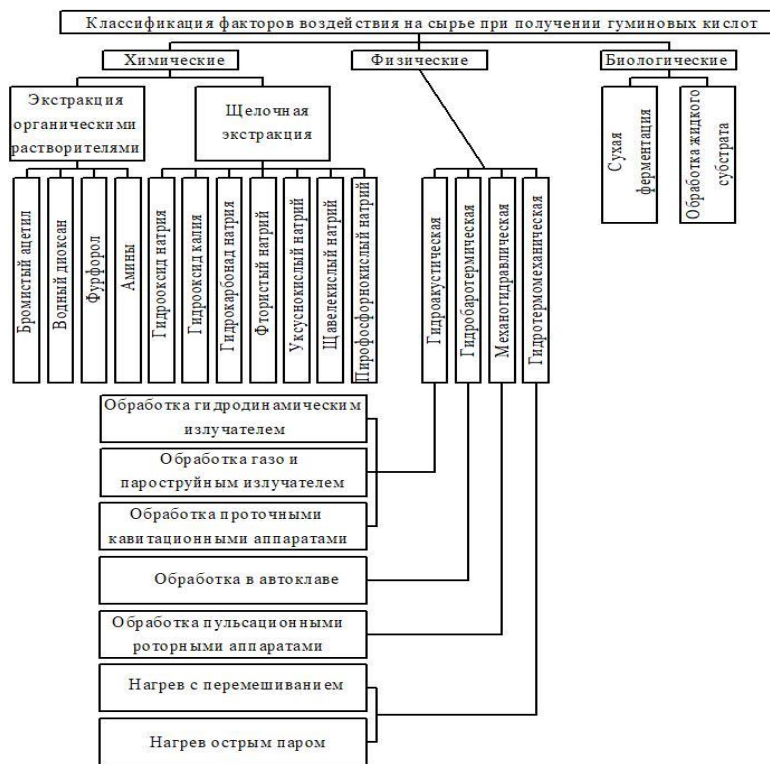


Рис. 1. Классификация факторов воздействия на сырье при получении гуминовых кислот

Химические методы подразделяются на щелочную экстракцию и экстракцию органическими растворителями [4]. Щелочная экстракция основана на растворении гуминовых веществ в водных растворах щелочей с образованием растворимых гуматов и последующем подкислении раствора для осаждения свободных гуминовых кислот. При этом гуминовые кислоты выпадают в осадок [5]. В качестве реагентов для данного метода получения гуминовых кислот могут применяться гидроксиды натрия и калия, сода, фтористый натрий, уксуснокислый, щавелевокислый и пирофосфорнокислый натрий, щавелевокислый аммоний. Экстракция органическими растворителями основана на растворении гуминовых веществ гиматомелановой группы. В качестве растворителей используют бромистый ацетил, водный диоксан, фурфурол и амины [6].

Методы, предусматривающие применение органических растворителей, противоречат химическим свойствам гуминовых кислот, имеющих лучшую растворимость в щелочах, а также являются наиболее затратными по причине высокой стоимости используемых реагентов. Таким образом, из химических воздействий на торф при экстракции гуминовых кислот более перспективным является

метод выщелачивания с использованием гидроксидов калия или натрия, как наиболее доступных и дешевых реагентов. Недостатком химических методов является нарушение природной структуры гуминовых кислот и снижение их биологической активности из-за того, что их некоторая часть не переводится в водорастворимую форму [4].

К *биологическим методам* относят способы производства жидких гуминовых удобрений путем бактериализации сырья штаммами микроорганизмов, способных видоизменять органическое вещество и разрушать внутреннюю оболочку органической структуры торфа или биогумуса [7]. К минусам биологических методов можно отнести сложность контроля и поддержания активности микроорганизмов, низкую производительность и, как следствие, высокую себестоимость получаемого продукта.

Физические методы подразделяются по роду воздействия на сырье на гидроакустическую, гидробаротермическую, механогидравлическую и гидротермомеханическую обработки. Гидробаротермический способ обработки торфа способствует интенсификации выхода из него гуминовых веществ за счет воздействия высокой температуры и давления в автоклаве. Он предполагает окисление торфа в водном растворе NaOH пероксидом водорода при 100...150 °C [8]. Способ имеет существенные технологические недостатки: сложность и длительность процесса (до 12 часов), высокие энергетические затраты, относительно низкий выход гуминовых веществ при значительном расходе окислителя, щелочи и воды [9]. Гидротермомеханические методы экстракции гуминовых веществ подразделяются на конвективный нагрев с перемешиванием и нагрев «острым» паром.

Одним из факторов, позволяющих интенсифицировать процесс экстракции гуминовых кислот, является температура. Известно, что, нагрев торфощелочной суспензии до температуры 80...100 °C позволяет значительно увеличить скорость образования и растворения гуматов [10].

Метод конвективного нагрева с перемешиванием осуществляется в емкостях с механической мешалкой. Опыты показали, что если при холодном экстрагировании в течение 30 минут выход гуминовых кислот из торфа составляет всего 5,73 %, то при нагреве смеси до 50 °C выход гуминовых кислот увеличивается до 12,74 %, а при кипячении – до 29,72 % за тот же интервал времени [11].

При нагревании «острым» паром в обрабатываемый материал неизбежно вводится большое количество воды, образующейся при конденсации пара. Поэтому такой способ нагрева можно применять только в тех случаях, когда разбавление жидкости водой не имеет существенного значения, а нагреваемая жидкость не реагирует с водой. По этой причине «острый» пар обычно применяют для нагревания воды и водных растворов [12].

Разогрев водо-торфяной суспензии острым паром возможен, однако из-за ее разбавления конденсатом концентрация гуминовых кислот будет снижаться, а расход химических реагентов увеличится. Сложность применения данного способа в условиях сельскохозяйственных организаций заключается в регистрации и сертифицированном обслуживании парогенерирующего оборудования.

Гидротермомеханические методы требуют предварительной подготовки (измельчения) сырья и обеспечивают малый процентный выход гуминовых веществ, в связи с чем обычно комбинируются с химическими. К их достоинствам можно отнести, что полученные с их использованием гуминовые вещества обладают наиболее высокой биологической активностью, поскольку содержат водорастворимые кислоты, не подвергшиеся химической модификации.

Общим признаком гидроакустических и механогидравлических методов является использование кавитации в качестве фактора интенсификации процесса экстракции гуминовых кислот из торфа. В то же время эти методы используют разные принципы для генерации этого воздействия. В устройствах для гидроакустической обработки кавитация генерируется посредством протекания непрерывного потока жидкости, газа или пара через излучатель. Аппараты для механогидравлической обработки создают кавитацию за счет импульсного движения потока жидкости в рабочих органах. Наблюдать кавитацию в потоке жидкости можно в том случае, когда происходит быстрое изменение скорости жидкости в потоке. По мере роста скорости потока, статическое давление в жидкости уменьшается, что, в конечном счете, приводит к росту пузырьков газа или, как их еще называют, кавитационных зародышей. В момент схлопывания пузырька газ подвергается сильному сжатию, а его давление и температура достигают значительных величин (до 100 МПа и 1000 °C), что позволяет получить высокую концентрацию (кумуляцию) энергии в очень небольшом объеме [13].

Торф, подвергнутый кавитационной обработке в различных средах, изменяет свой химический состав, что приводит к его активации. На сегодняшний день не вызывает сомнений, что кавитационное воздействие на гетерогенные системы с несущей жидкой фазой – это эффективный подход к решению различных технологических задач современных производств [14].

Уникальность кавитационного воздействия обусловлена образованием кавитационных парогазовых пузырьков, накапливающих энергию при их расширении и порождающих при захлопывании большое количество различных физических эффектов, позволяющих изменять структуру и свойства веществ и материалов, увеличивать межфазную поверхность взаимодействия, ускорять процессы массо- и теплопереноса и т. д. [15]. В ряде случаев кавитация является основным фактором, обеспечивающим интенсификацию технологических процессов.

Гидроакустические методы экстракции гуминовых веществ подразделяются на обработку гидродинамическими и многостержневыми излучателями, обработку газо- и пароструйными излучателями, а также гидродинамическую кавитационную обработку.

В резонансных гидродинамических генераторах используется возбуждение колебаний резонирующих элементов в виде пластин, стержней или мембран набегающей струей жидкости. Основным их недостатком является довольно быстрый выход из строя резонирующих элементов в результате действия динамических нагрузок, соизмеримых с пределом усталостной прочности материала.

Газоструйные излучатели – генераторы акустических колебаний, источником энергии которых служит высокоскоростная газовая струя. Данный эффект основан на создании в струе пульсирующего режима течения; возникающие при этом периодические сжатия и разрежения газа излучаются в пространство в виде акустических волн. Пульсации потока являются следствием возникновения автоколебаний при взаимодействии струи с твёрдым препятствием в виде резонатора, клина или мембраны. Аналогичный принцип работы имеют пароструйные излучатели, в которых источником энергии служит пар под давлением. Газоструйные излучатели являются мощными источниками акустической энергии для газовых сред, где из-за малого волнового сопротивления высокие уровни мощности могут быть получены только при больших амплитудах колебательных смещений частиц, не достижимых при использовании твердотельных излучателей. Основным достоинством гидродинамических и газоструйных генераторов является отсутствие движущихся частей, поэтому они удобны и надёжны при использовании в промышленных ультразвуковых устройствах. Их основной недостаток – зависимость излучаемой мощности от частоты. Мощность растёт с увеличением расхода газа, а значит, и размеров резонансных элементов. При этом их собственная частота снижается, что затрудняет генерацию ультразвука большой мощности на высоких частотах [16]. Гидродинамическая кавитация – явление создания в жидкости полостей, заполненных газом, паром или их смесью. Эти полости получили название кавитационных пузырьков.

Примером устройств, генерирующим гидродинамическую кавитацию, является сопло Лавала. Поскольку в реальной жидкости всегда присутствуют мелкие пузырьки газа или пара, то двигаясь с потоком жидкости и попадая в область с пониженным давлением в узкой части устройства, они приобретают способность к неограниченному росту, то есть к увеличению своего объема. Далее, после переноса их жидкостью в область с повышенным давлением, рост пузырьков останавливается, и они начинают стремительно уменьшаться в объеме. Таким образом, в сопле Лавала создается статичная зона, в которой происходит образование и коллапс кавитационных пузырьков [17].

Механогидравлический способ получения гуминовых веществ предполагает кавитационное диспергирование водо-торфяной смеси. Этот способ обеспечивает многофакторное воздействие на материал, что позволяет отнести его к ряду перспективных методов обработки торфа при получении гуминовых веществ [18]. Для механогидравлической обработки используют пульсационные аппараты роторного типа (ПАРТ), обеспечивающие механическое гидроимпульсное и кавитационное воздействия на частицы твердой фазы суспензии. Механическое воздействие на частицы заключается в ударных, срезающих и истирающих нагрузках при контактах с рабочими частями роторного аппарата. Гидроимпульсное воздействие на обрабатываемый материал возникает за счет пульсаций расхода жидкости в каналах ротора и статора. Кавитационное воздействие представлено ударными волнами и кумулятивными струйками, возникающими при схлопывании кавитационных пузырьков [19]. Положительной стороной гидромеханической обработки является то, что в процессе диспергирования происходит механическое измельчение частиц торфа, а следовательно она может производиться без предварительной подготовки сырья [20].

Использование ПАРТ для обработки водо-торфяной смеси является наиболее перспективным, так как в ходе одной операции реализуются ударно-сдвиговые, срезающие и кавитационные виды воздействия на частицы, сопровождаемые измельчением и изменением структуры обрабатываемого материала, что значительно облегчает выход целевых веществ из сырья.

Кавитационная обработка суспензии в безреагентных технологиях получения гуминовых препаратов обеспечивает высокую степень измельчения частиц торфа до 0,2 мм, что интенсифицирует выход гуминовых веществ из внутренних структур обрабатываемого материала, а также повышает содержа-

ние водорастворимых органических веществ в экстрагенте до 70...80 % [21]. Экспериментально установлено, что кавитационное диспергирование торфа в роторно-импульсном аппарате с последующей обработкой 2%-ным раствором щелочи обеспечивает извлечение до 85 % гуминовых кислот от их изначального содержания в сырье [22].

В результате систематизации и анализа способов получения гуминовых веществ из торфа можно сделать вывод, что при производстве гуминовых удобрений в условиях сельскохозяйственных организаций наиболее предпочтительной технологической схемой является совмещение механогидравлической обработки водоторфяной смеси с последующим выщелачиванием при конвективном нагреве. К основным преимуществам такой схемы можно отнести высокую технологическую эффективность, меньшую номенклатуру применяемого оборудования и простоту реализации производства, меньшие затраты энергоносителей и труда.

Заключение

Предложенная в статье классификация способов получения гуминовых веществ позволяет систематизировать их по следующим признакам: природа основного воздействия на сырье, тип химического реагента, вид используемого для интенсификации процесса технического средства.

В результате анализа способов получения гуминовых веществ установлено, что механогидравлический способ обработки торфа, обеспечивающий извлечение до 85 % гуминовых кислот от их изначального содержания в сырье, является наиболее оптимальным для реализации в условиях сельскохозяйственных организаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулик, А. М. Совершенствование технологий переработки гуматсодержащего сырья / А. М. Кулик // Перспективная техника и технологии в АПК: материалы Международной научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов (Минск, 25–26 марта 2021 года) / редкол.: В. П. Чеботарев [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2021. – 388 с.
2. Дудкин, Д. В. Основы теории и технологии механохимической переработки древесных отходов и торфа в препараты гуминовой природы: дис. ... док. техн. наук: 05.21.03 / Д. В. Дудкин. – Красноярск, 2020. – 294 л.
3. Кулик, А. М. Анализ источников сырья для получения гуминовых веществ в Республике Беларусь / А. М. Кулик // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства: материалы науч. конф. / – Горки, 2021. – Вып. 6. – 275 с.
4. Наумова, Г. В. Гуминовые препараты и технологические приёмы их получения / Г. В. Наумова // Гуминовые вещества в биосфере. – Москва, 1993. – С. 178–188.
5. Stevenson, E. J. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions, Second Edition / E. J. Stevenson. – New York, 1994. – 496 p.
6. Лиштван, И. И. Физико-химические свойства торфа. Химическая и термическая его переработка / И. И. Лиштван // Химия твердого топлива. – 1996. – № 3. – С. 3–23.
7. Порываева, О. В. Биоудобрение на основе микробиологически обработанного торфа / О. В. Порываева, Н. Н. Терещенко // Труды регион. научн. практич. конф. – Томск. – 1994. – С. 32–34.
8. Наумова Г.В. Торф в биотехнологии. – Минск: Наука и техника, 1987. – 158 с.
9. Ефанов, М. В. Эффективность новых оксигуминовых стимуляторов роста на основе торфа / М. В. Ефанов [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 3. – С. 7–16.
10. Смольянинова, Н. М. Исследование процесса получения гуминовых кислот из торфа / Н. М. Смольянинова, А. Н. Москальчук // Изв. ТПИ. – 1970. – Т. 163. – С. 58–64.
11. Красноберская, О. Г. Сравнительная оценка биологической активности гуминовых веществ торфа, выделенных разными способами / О. Г. Красноберская, Г. А. Соколов, И. В. Симакина, Е. Н. Сосновская, Е. С. Стельмах // Природопользование: сб. науч. тр. / Ин-т природопользования НАН Беларуси. – Минск, 2012. – Вып. 21. – С. 249–254
12. Смородов, Е. А. Физика и химия кавитации / Е. А. Смородов, Р. Н. Галиахметов, М. А. Ильгаметов. – Москва, 2008. – 228 с.
13. Хмелев, В. Н. Применение ультразвуковых колебаний для ускорения процессов при производстве полимерных материалов [Текст] / В. Н. Хмелев [и др.] // Прикладные аспекты химической технологии полимерных материалов и наносистем (Полимер-2009): материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2009. – С. 151–153.
14. Магсумова, А. Ф. Влияние ультразвуковой обработки на технологические свойства эпоксидного олигомера [Текст] / А. Ф. Магсумова, Л. М. Амирова, М. М. Ганиев // Вестник КГТУ им. Туполева. – 2005. – № 2.
15. Розенберг, Л. Д. Физические основы ультразвуковой технологии [Текст] / Под ред. Л. Д. Розенберга. – М., 1969. – 689 с.
16. Газоструйные излучатели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bourabai.kz/physics/0653.html>. – Дата доступа: 29.09.2021.
17. Ысламидинов, А. Ы., Абдалиев У. К., Ташполотов Ы. Образование кавитационных пузырьков при прохождении водяной струи через сопло лавая / А. Ы. Ысламидинов, У. К. Абдалиев, Ы. Ташполотов // Межд. журн. прикл. и фунд. исслед. – 2016. – № 7–5. – С. 776–778.
18. Способ получения органоминеральных удобрений и технологическая линия для его осуществления: пат. РФ 2296731 / А. Д. Петраков, С. М. Радченко, О. П. Яковлев, А. И. Галочкин, М. В. Ефанов, П. Р. Шотт, В. В. Высоцкая // Опубл. 10.04.2007.
19. Маргулис, М. А. Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях) / М. А. Маргулис. – М., 1984. – 272 с.
20. Голых, Р. Н. Повышение эффективности ультразвукового кавитационного воздействия на химикотехнологические процессы в гетерогенных системах с несущей высоковязкой или неньютоновской жидкой фазой: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / Р. Н. Голых. – Бийск, 2014. – 190 л.
21. Получение оксигуминовых препаратов из торфа кавитационным методом / М. В. Ефанов [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 2. – С. 39.
22. Кулик, А. М. Результаты отсеивающего эксперимента по обработке торфа кавитационным диспергатором при получении гуминовых кислот / А. М. Кулик, П. Ю. Крупенин, С. В. Курзенков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2021. – № 3. – С. 151–157.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАСТИТА ДОЙНЫХ КОРОВ НА ОСНОВЕ РАЗНОСТИ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ПО ЧЕТВЕРТЯМ ВЫМЕНИ

Ю. А. РАКЕВИЧ

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220049, rakevich.1991@mail.ru

(Поступила в редакцию 31.03.2023)

В настоящее время в мире одно из приоритетных мест в системе ценностей человечества занимает проблема обеспечения продовольственной безопасности. Республика Беларусь – флагман молочной продукции, так как поставки молочной продукции осуществляются во все ведущие страны мира. Страна входит в пятерку мировых лидеров по производству молока на душу населения. Стратегической отраслью и локомотивом устойчивого экономического развития сельского хозяйства республики традиционно является молочное скотоводство. Получение качественного молока – актуальная задача для всех сельскохозяйственных организаций, занимающихся молочным скотоводством. Одной из причин низкого качества молока на молочно-товарных фермах является заболеванием маститом. По этой причине снижается молочная продуктивность, качество молока, продуктивное долголетие коров, а в некоторых случаях становится возможной и выбраковка животных.

В статье проведены экспериментальные исследования на молочно-товарной ферме СПК «Дружба-Агро» Слонимского района, Гродненской области», тепловизором марки DT-9875, с целью определения раннего заболевания мастита дойных коров на основе изменения разности максимальных температур по каждой доли вымени. При проведении исследования было установлено, что, чем больше выражена неравномерность развития вымени в стаде, тем больше животных восприимчивы к заболеванию маститом. Представлен разработанный способ определения раннего выявления мастита у коров на основе изменения разности максимальных температур по каждой четверти вымени.

Ключевые слова: способ, мастит, температура, вымя, кенотест, тепловизор.

At present, one of the priority places in the system of human values is the problem of ensuring food security. The Republic of Belarus is the flagship of dairy products, as dairy products are supplied to all leading countries of the world. The country is among the top five world leaders in milk production per capita. Dairy cattle breeding has traditionally been a strategic sector and a locomotive for sustainable economic development of agriculture in the republic. Obtaining high-quality milk is an urgent task for all agricultural organizations engaged in dairy cattle breeding. One of the reasons for the low quality of milk on dairy farms is mastitis. For this reason, milk productivity, milk quality, productive longevity of cows are reduced, and in some cases culling of animals becomes possible.

In the article, experimental studies were carried out on the dairy farm of the APC "Druzhba-Agro" of the Slonim district, Grodno region, with a DT-9875 thermal imager, in order to determine the early disease of mastitis in dairy cows based on changes in the maximum temperature difference for each share of the udder. During the study, it was found that the more uneven development of the udder in the herd is manifested, the more animals are susceptible to mastitis. The developed method for determining the early detection of mastitis in cows based on the change in the difference in maximum temperatures for each quarter of the udder is presented.

Key words: method, mastitis, temperature, udder, kenotest, thermal imager.

Введение

Повышение эффективности и развития молочного производства, получения качественного молока, увеличения долголетия использования лактирующих животных, ведёт ученых с накопленным опытом к разработкам и внедрениям новых перспективных цифровых инновационных подходов для решения наболевших проблем, одним из которых является заболевание коров маститом. Для этого предлагается использовать оптико-электронные приборы, к которым относятся тепловизоры, они могут устанавливаться в доильных залах и дистанционно, бесстрессово, в режиме реального времени регистрировать повышенную температуру в заданной области [1].

Заболевание вымени у коров является одной из актуальных проблем молочного скотоводства. В последние десятилетия параллельно с увеличением молочной продуктивности животных частота заболеваемости маститом увеличилось. При однократном исследовании стад в 12 крупных сельскохозяйственных организациях республики было зарегистрировано проявление клинического мастита у 3–25 %, а субклинического – у 7–42 % дойных коров [2]. Снижение молочной продуктивности за лактацию может достигать от 10 % до 25 % в зависимости от возраста, продуктивности и длительности болезни. Причем от одной коровы потери молока могут составлять до 300–400 кг за лактацию [3].

Особенностью проведения эксперимента является то, что при проведении эксперимента нет необходимости создавать группы животных – аналогов поскольку исследуется индивидуальная реакция на изменение внешних условий (технология машинного доения, способ доения, доильный аппарат и т. д.) каждого животного участвующего в эксперименте. Разность температур между симметричными участками тела, можно говорить о признаках характеризующих патологические явления. При экспериментальных исследованиях организма следует учитывать явление, получившее название физиологической термоасимметрии, связанной с неодинаковым сосудистым тонусом, степенью развития

мышц и имеющей значение 0,2...0,4 °С, т.е. говорить о наличии тепловизионного симптома можно только в случаях, когда разница термоасимметрии превышает значение 0,4 °С [4].

Основная часть

В процессе проведения опыта использовались общие и статистические методы исследования. С помощью общих методов проводилось клиническое исследование животных и оценка состояния молочной железы. Общее клиническое обследование животных проводили с помощью внешнего осмотра, пальпации и пробного сдаивания секрета молочной железы. Диагностика мастита у коров проводилась с помощью быстрого маститного теста. В качестве реактива использовался экспресс-диагностикум «KerbaTEST» производства компании «Eurofarm» (Германия). В каждое углубление молочно-контрольной пластинки из соответствующей четверти вымени надаивали по 1 мл молока и добавляли 1 мл реактива из бутылки с дозатором. Молоко с реактивом перемешивали путем горизонтальных круговых вращений пластинки в течение 15 с. Реакцию учитывали в крестах по густоте желе и изменению цвета.

Всего было обследовано 588 гол. дойного стада. В результате проведенного исследования выявили, что распространенность субклинического мастита в хозяйстве в среднем составило 30,7 %, а клинической формой – 9,6 %. При этом из всех обследуемых животных отмечено наибольшее количество коров с поражением одной четверти вымени – в среднем – 40,1 %. Так, процент случаев заболеваний левых передних четвертей составил – 10,2 %, правых передних – 7,9 %, левых задних – 12,6 %, правых задних – 9,4 % (табл. 1).

Таблица 1. Распространённость заболеваний маститом по каждой четверти вымени коров

Четверти вымени коров	Количество коров, гол.	Количество заболеваний долей вымени	Процент случаев заболеваний долей вымени, %
Левые передние	588	60	10,2
Правые передние	588	47	7,9
Левые задние	588	74	12,6
Правые задние	588	55	9,4

Установлено что, чем больше выражена неравномерность развития вымени в стаде, тем больше животных восприимчивы к заболеванию маститом. Это связано с многофакторностью формирования равномерности развития молочной железы, которая является, как генетическим, так и паратипическим качеством. Более наглядно данные представлены на рис. 1.

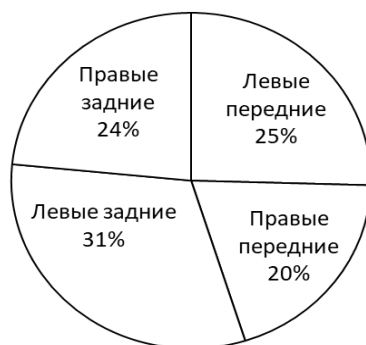


Рис. 1. Структура неравномерно развитых долей вымени у животных в стаде

На рис. 1 видно, что значительное количество неравномерно развитых долей приходится на левые задние – 31 %, что соответствует большему процентному случаю заболеванием маститом – 12,6 %.

Для проведения исследований использовался тепловизор марки DT-9875 с сенсорным ЖК – экраном 3,5 дюйма (320 x 240 пикселей). Оптическое поле зрения 33° x 24 °, минимальное фокусное расстояние 0,3м. Детектор (ИК) 160 x 120 пикселей.

Температурный диапазон -20 °С до 150 °С. Погрешность по техническому паспорту ±2 °С, или ±2 % от величины показаний. Коэффициент теплового излучения для биологических объектов, согласно табличным значениям, 0,98. В результате проведенных исследований были получены инфракрасные изображения четвертей вымени с максимальной температурой (рис. 2) [5]. Разность температур между симметричными участками тела, можно говорить о признаках, характеризующих патологические явления. При экспериментальных исследованиях организма следует учитывать явление, получившее название физиологической термоасимметрии, связанной с неодинаковым сосудистым тонусом, степенью развития мышц и имеющей значение 0,2...0,4 °С, т.е. говорить о наличии тепловизионного симптома можно только в случаях, когда разница термоасимметрии превышает значение 0,4 °С. На термограммах патологическая термоасимметрия определяется зонами повышенного или пониженного теплового излучения.

Величина температурного перепада при патологии обычно превышает 1 °С и может достигать 2–3 °С. Таким образом, метод тепловизионной диагностики (заболеваний, патологий) заключается в выявлении зон термоасимметрии и определении величины перепада температуры [6].

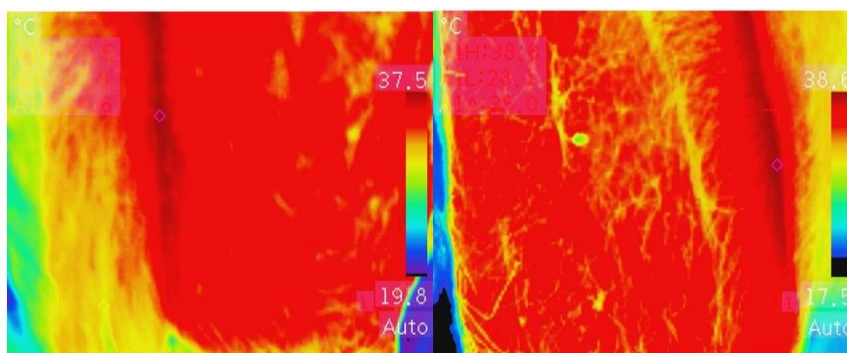


Рис. 2. Инфракрасные изображения четвертей вымени коров

На основании проведенных исследований разработан способ определения раннего выявления мастита у коров на основе изменения разности максимальных температур по каждой четверти вымени:

$$\Delta T_{\max}^{\text{п}} = \Delta T_{\max}^{\text{а}} - \Delta T_{\max}^{\text{б}}, \quad (1)$$

где $\Delta T_{\max}^{\text{а}}$ – максимальная температура левой передней четверти вымени, °С; $\Delta T_{\max}^{\text{б}}$ – максимальная температура правой передней четверти вымени, °С.

Для задних четвертей соответственно:

$$\Delta T_{\max}^{\text{з}} = \Delta T_{\max}^{\text{с}} - \Delta T_{\max}^{\text{д}}, \quad (2)$$

где $\Delta T_{\max}^{\text{а}}$ – максимальная температура левой задней четверти вымени, °С; $\Delta T_{\max}^{\text{б}}$ – максимальная температура правой задней четверти вымени, °С.

Критерием определения раннего выявления мастита у коров является разница максимальных температур передних ($\Delta T_{\max}^{\text{п}}$) и задних ($\Delta T_{\max}^{\text{з}}$) долей вымени. ΔT_{\max} – является универсальным показателем здоровья вымени коров. Этот показатель позволяет проводить сравнение максимальных температур вымени по каждой четверти вымени. Для расчетов во внимание принимались в основном разница максимальных значений по каждой четверти вымени коров.

При возникновении субклинических форм маститов разница максимальных значений для передних четвертей вымени составило $\Delta T_{\max}^{\text{п}} = 1,6$ °С, а для задних $\Delta T_{\max}^{\text{з}} = 1,8$ °С. При более тяжелых формах мастита (явно выраженном воспалительном процессе) разница для передних четвертей вымени составило $\Delta T_{\max}^{\text{п}} = 2,4$ °С, а для задних $\Delta T_{\max}^{\text{п}} = 4,1$ °С что показывает острую форму заболевания (табл. 2) [7, 8].

Таблица 2. Изменение разности максимальных температур по каждой четверти вымени коров на примере 10 голов

№	Инв. № коровы	Метод исследования	Результаты исследования долей вымени					
			передние			задние		
			левая	правая	$\Delta T_{\max}^{\text{п}}$	левая	правая	$\Delta T_{\max}^{\text{з}}$
1	132	Кенотест	++	–	–	–	–	–
		Термодиагностика, °С	38,6	37,0	1,6	36,8	36,4	0,4
2	736	Кенотест	–	–	–	–	–	–
		Термодиагностика, °С	34,5	34,7	0,3	35,1	35,3	0,2
3	656	Кенотест	–	–	–	–	+++	–
		Термодиагностика, °С	36,4	36,5	0,2	36,4	40,5	4,1
4	677	Кенотест	+	–	–	–	–	–
		Термодиагностика, °С	37,8	36,8	1,0	36,2	35,9	0,3
5	517	Кенотест	–	–	–	+	–	–
		Термодиагностика, °С	34,1	34,2	0,1	37,4	36,2	1,2
6	547	Кенотест	+++	–	–	–	–	–
		Термодиагностика, °С	39,2	36,7	2,5	36,4	36,4	0
7	786	Кенотест	–	++	–	–	–	–
		Термодиагностика, °С	37,0	38,5	1,5	36,5	36,9	0,4
8	862	Кенотест	–	–	–	–	–	–
		Термодиагностика, °С	35,6	35,8	0,3	36,2	36,0	0,2
9	211	Кенотест	–	–	–	–	++	–
		Термодиагностика, °С	35,1	35,6	0,5	36,6	38,4	1,8
10	314	Кенотест	–	+++	–	–	–	–
		Термодиагностика, °С	36,7	39,1	2,4	36,2	36,7	0,5

Примечание: (–) – отрицательная проба с кенотестом; (+) – сомнительная проба с кенотестом; (++) – субклиническая стадия мастита; (+++) – клинически выраженная стадия мастита.

Заключение

Основными преимуществами по сравнению с существующими способами определения мастита дойных коров на основе разности максимальных температур по четвертям вымени являются бесконтактность, бесстрессовость, низкие затраты труда и себестоимости, быстрое получение результатов в режиме реального времени.

При сравнении показателей температуры было отмечено, что разница в пределах до 0,5 °С соответствовала здоровому вымени, разница значений температуры 1,0 °С и более соответствует развитию воспалительного процесса.

Чем больше разница, тем ярче выражен воспалительный процесс. Так, максимальная температура пораженных четвертей при клинически выраженном мастите по сравнению с другими долями имела различия в 4,1 °С, что соответствует диагностике с использованием кенотеста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ербаев, Е., Геруцкий, И., Ракевич, Ю., Куптлеуова, К., Лелеш, Н. Утемисова, Н. Методика диагностики доильного оборудования и коров по термографическому снимку вымени. Ѓылым және бiлiм журналы, т. 3, 4 (69). – Казахстан, (дек. 2022). – С. 58–71.
2. Ракевич, Ю. А. Использование инфракрасной термографии для выявления мастита коров / Ю. А. Ракевич // Агропанорама. – 2020. – № 5. – С. 19–22.
3. Эххорутомвен, О. Т. Причины, частота мастита у коров и их молочная продуктивность / О. Т. Эххорутомвен, Г. Ф. Медведев, А. И. Стукина // Животноводство и ветеринарная медицина: науч.-практ. журн. – 2022. – №1(44). – С. 7–11.
4. Ракецкий, П. П. Обоснование методов физиологических и биологических исследований по оценке параметров работы доильного аппарата [Текст] / П. П. Ракецкий, И. Н. Казаровец, В. В. Захаров // Агропанорама. – 2017. – № 1. – С. 13–15.
5. Гируцкий, И. И. Анализ инфракрасного изображения вымени коров / И. И. Гируцкий, В. И. Передня, Ю. А. Ракевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 9–12.
6. Трубников, В. В. Сравнительная оценка современных доильных аппаратов: дис. ... кан. тех. наук: 05.20.01 / Трубников В. В. – Оренбург, 2011. – 96 с.
7. Диагностика мастита коров термографическим методом / И. И. Гируцкий [и др.] // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 19–20 декабря 2019 г. – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 204–205.
8. Hirutski, I. Selection of the information parameter for the thermography method of diagnostics of dairy cows mastitis / I. Hirutski, Y. A. Rakevich, A. G. Stankov // Inter-national scientific journal «Mechanization in agriculture & conserving of the resources.»: – Bulgaria, 2021 – P. 14–18.

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ GPS МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА

**И. И. БОНДАРЕНКО, А. Ф. БЕЗРУЧКО, В. Г. КОСТЕНИЧ,
А. В. ЗАХАРОВ, Н. В. ПАВЛЮЧУК**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220023, e-mail: irina-mi-k@yandex.ru*

М. Л. ПЕТРЕНКО

*УО «Белорусско-Российский университет»,
г. Могилев, Республика Беларусь, 203455, e-mail: petrenkoamf@gmail.com*

В. А. БЕЛОУСОВ

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: ktrauto@tut.by*

(Поступила в редакцию 17.05.2023)

В статье рассматриваются вопросы применения системы контроля и управления распределенными в пространстве объектами с использованием проводных и беспроводных каналов связи. Рассмотрены структура и алгоритм работы предлагаемой системы дистанционного контроля и управления с использованием проводных и беспроводных каналов связи. Изучение данного вопроса, анализ эксплуатации, технического обслуживания и проведенных ранее ремонтных воздействий привели к углубленному исследованию и разработке бортовых систем на современной автотракторной технике.

Сложившийся в прошлом столетии и получивший наибольшее распространение регламентный характер контрольно – диагностических работ не может обеспечить поддержания требуемого уровня технического состояния колесных тракторов, так как не учитывает индивидуальные особенности каждого трактора, условия его эксплуатации, технического обслуживания и проведенные ранее ремонтные воздействия. Внешние средства диагностирования при их эпизодическом использовании также не позволяют своевременно выявлять постепенные и внезапные отказы. Именно стремление снять указанные ограничения стимулировало разработку бортовых систем диагностирования колесных тракторов. Наиболее перспективным направлением электронизации трактора является его бортовое диагностирование, обеспечивающее высокую безопасность эксплуатации, упрощение процедуры и уменьшение затрат на техническое обслуживание и ремонт. Предполагается, что внедрение бортовых диагностических систем позволит снизить стоимость технического обслуживания и ремонта трактора в несколько раз. Сложность задачи контроля технического состояния привода управления сцеплением заключается в разработке методов диагностирования.

Данная статья посвящена контролю технического состояния привода управления сцеплением трактора «Беларус», что делает исследование востребованным и актуальным. В статье рассмотрены процессы определения и контроля оперативного мониторинга в процессе диагностики машинно-тракторного парка в период эксплуатации оснащенной системой диагностирования сервисом мониторинга транспорта ORF Monitor фирмы СП «Технотон».

Ключевые слова: трактор, контроль топлива, оперативный мониторинг транспорта, транспорт, диагностика.

The article deals with the application of the control and management system for space-distributed objects using wired and wireless communication channels. The structure and operation algorithm of the proposed system of remote monitoring and control using wired and wireless communication channels are considered. The study of this issue, the analysis of operation, maintenance and previous repair actions led to an in-depth study and development of on-board systems on modern automotive and tractor equipment.

The routine nature of control and diagnostic work that developed in the last century and has become most widespread cannot ensure the maintenance of the required level of technical condition of wheeled tractors, since it does not take into account the individual characteristics of each tractor, the conditions of its operation, maintenance and previous repair effects. External diagnostic tools, when used occasionally, also do not allow timely detection of gradual and sudden failures. It was the desire to remove these restrictions that stimulated the development of onboard systems for diagnosing wheeled tractors. The most promising direction for the electronization of a tractor is its on-board diagnostics, which ensures high operational safety, simplifies the procedure and reduces the cost of maintenance and repair. It is assumed that the introduction of on-board diagnostic systems will reduce the cost of maintenance and repair of the tractor by several times. The complexity of the task of monitoring the technical condition of the clutch control drive lies in the development of diagnostic methods.

This article is devoted to monitoring the technical condition of the clutch control drive of the Belarus tractor, which makes the study in demand and relevant. The article discusses the processes of determining and controlling operational monitoring in the process of diagnosing a machine and tractor fleet during the operation of a diagnostic system equipped with the ORF Monitor transport monitoring service from JV Technoton.

Key words: tractor, fuel control, operational monitoring of transport, transport, diagnostics.

Введение

Системы дистанционного контроля и управления находят широкое применение в различных областях промышленности и в быту. В некоторых случаях применение дистанционного контроля и управления является необходимым, например, при расположении объектов на большой территории.

Широкому применению таких систем способствовало появление аппаратных и программных средств дистанционного контроля и управления техническими объектами, в их числе и с использованием технологий Internet.

Развитие программно-аппаратных средств дистанционного контроля и управления привело к их применению в таких областях деятельности человека, в которых они традиционно широко не использовались, например, в системах умного дома, охранных системах, системах отопления, полива, системах управления парниками, инкубаторами, управлению климатом и т.д. При этом общей тенденцией развития таких систем является их рассредоточенность в пространстве. Распределенные в пространстве системы, как правило, требуют для своего функционирования наличие аппаратных средств организации доступа к контролю и управлению, а также каналов связи, в качестве которых чаще всего используются проводные линии связи. Однако в некоторых случаях применение проводных каналов связи не только сдерживает развитие систем дистанционного контроля и управления, но и делает их применение невозможным. В таких случаях используются беспроводные каналы, технической основой реализации которых могут служить радиочастотные модули, работающие в разных частотных диапазонах, GSM модули или ГЛОНАСС, т.е. мобильные технологии управления.

К таким устройствам, обладающим набором необходимых технических средств, позволяющих организовать беспроводные каналы связи, можно отнести современные устройства сотовой связи, в частности, смартфоны. Вместе с тем стоит обратить внимание и на развитие другие программно-технические средства организации беспроводных каналов связи с удаленными объектами, таких как радиотрансиверы, а также устройства организации и управления такими каналами.

В основе системы дистанционного управления объектами с применением беспроводных каналов связи могут быть использованы клиент-серверные технологии организации работы, получившие широкое распространение в системах Internet. Применительно к системам дистанционного контроля и управления такая технология будет состоять из клиента (диспетчерской станции) и сервера (устройства управления), а также интерфейса и канала связи между клиентом и сервером.

При разработке таких систем обычно производится анализ возможных и необходимых функций, выполняемых устройством управления такой системы. Обычно к таким функциям можно отнести следующее: отображение отслеживаемых параметров объектов контроля и управления; передача параметров контроля и управления; хранение данных в базе данных устройства управления, либо в базе данных удаленного сервера; визуализация данных; организация и поддержание интерфейса и канала передачи информации. С учётом необходимых функций были рассмотрены несколько структурных схем построения дистанционной системы контроля и управления.

Исходя из анализа функций, выполняемых каждым элементом Предложенной структуры системы дистанционного управления, были определены задачи, решаемые при проектировании каждого уровня системы дистанционного контроля и управления. К таким задачам относятся: подбор внешних датчиков; выбор или разработка схмотехники и изготовление модуля управления; разработка схмотехники и изготовление модуля основного и резервного питания; разработка схмотехники и изготовление модуля исключения внешних устройств; разработка схмотехники внутреннего сервера; разработка программно-обеспечения для организации работы системы дистанционного контроля и управления.

При проектировании и исследовании работоспособности предлагаемой системы дистанционного контроля и управления в качестве периферийных датчиков были использованы типовые Arduino – ориентированные модули (шилды) [3]. В качестве модуля управления было использовано устройство, разработанное и изготовленное по рекомендациям [2] и представляющее собой клон платы Arduino, выполненный с использованием микроконтроллера. В схеме пилотного образца устройства дистанционного контроля и управления предусмотрена визуализация происходящих событий и действий. Для управляющего устройства было разработано прикладное программное обеспечение, позволяющее решать задачи по обслуживанию модулей управления объектами, используя при этом как готовые библиотеки программ, так и нестандартное программное обеспечение. Для модулей управления объектами с проводными и беспроводными каналами связи был разработан комплекс программно-технического обеспечения, решающий задачи как управления модулями по заданным алгоритмам и внешним командам, так и организующий беспроводной канал связи с портативным устройством, входящим в структуру управления.

Мониторинг транспорта – удалённое слежение за местонахождением и параметрами эксплуатации машин в реальном времени, накопление информации в базе данных и подготовка аналитических отчетов по запросу пользователя. Сервис сочетает в себе мощную систему спутникового мониторинга транспорта и инновационный комплекс организационно-технических решений для осуществления

полного контроля над автопарком.

Цель данной работы – контроль технического состояния привода управления сцеплением трактора в период эксплуатации.

Основная часть

Состав типового оборудования современных систем инструментального offline/online контроля расхода топлива и мониторинга режимов работы автотракторной техники показан на рис. 1.

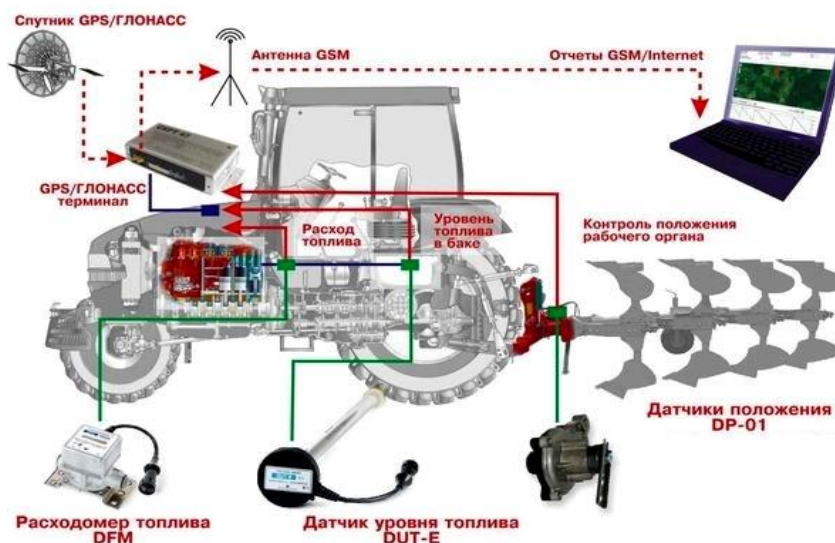


Рис. 1. Структурно-функциональная схема телематической системы контроля расхода топлива и режимов работы трактора

Согласно рис. 1 информация об уровне и запасе топлива в топливном баке поступает на соответствующие входы терминалов СКРТ 31 и СКРТ 45 от ёмкостного датчика DUT-E, а о количестве пусков двигателя, времени его работы и расходе топлива при работе в режимах пуска, холостого хода, номинальной работы и перегрузки – с соответствующих счётчиков расходомера DFM 100СК [1].

Координаты местоположения и текущее время, по которым определяются скорость, маршрут и время работы исследуемого объекта в режиме движения, определяются по сигналам «видимых» спутников GPS/ГЛОНАСС, принимаемых антенной GPS, подключённой к терминалу СКРТ 45.

Контроль расхода топлива транспортных средств и стационарных машин позволяет предприятию решить ряд задач: оптимальный режим эксплуатации техники; контроль времени работы; уточнение норм расхода топлива; исключение хищений топлива; прогнозирование необходимости техобслуживания.

Для достижения оптимального режима эксплуатации техники: водитель выбирает экономный режима работы двигателя, используя данные о частоте вращения коленчатого вала двигателя и мгновенном расходе топлива; механик производит мониторинг показаний расхода топлива в системе телематики, удаленно следит за техническим состоянием двигателя и топливной системы, планирует проведение техобслуживание техники исходя из реальных режимов эксплуатации.

Система контроля расхода топлива позволяет исключить хищение топлива в автопарке и тем самым снизить общие затраты на эксплуатацию техники [3]. Контроль расхода топлива на предприятии позволяет также уточнить нормы расхода топлива на каждую единицу техники [4].

Таким образом внедрение системы контроля расхода топлива на предприятии дает экономический эффект в нескольких направлениях: повышение производительности работы автопарка; экономия топлива и снижение затрат на горюче-смазочные материалы; организация оплаты труда по объёму реально выполненной работы; увеличение срока службы машин, снижение затрат на ремонт и техобслуживание. Рассмотрим типовую структуру системы мониторинга транспорта. Система GPS-Pilot основана на принципе позиционирования машинно-тракторного парка относительно спутников GPS (рис. 2). Принцип работы основан на том, что измеряется время отправления сигнала со спутника до приема GPS приемником (GHz), системное время спутника сверяется также с GPS приемником и определяются координаты x, y, z, при этом необходим прием минимум 3-х спутников. Для уточнения местонахождения используют дополнительный спутник, корректирующий свои данные с учётом метеорологических условий, при этом используя стационарные станции.

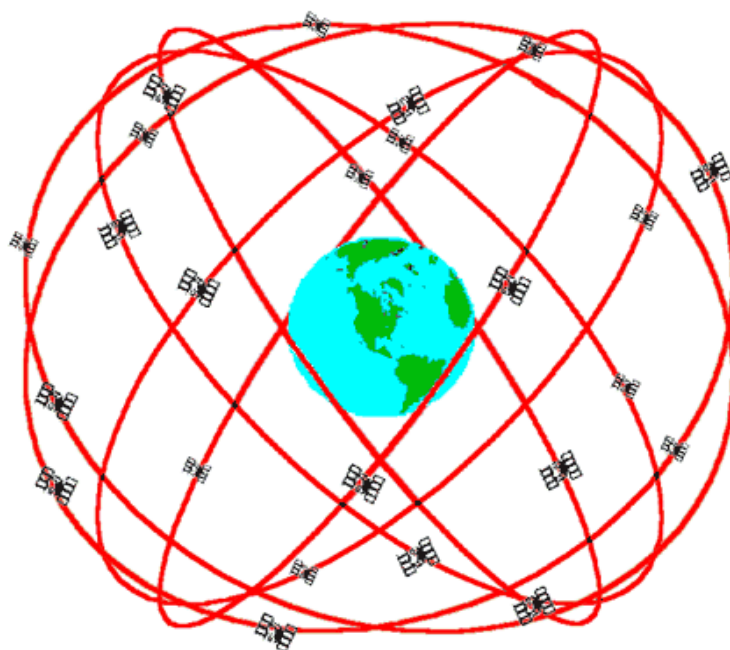


Рис. 2. Система спутников GPS, включающая 24 спутника в 6 орбитальных плоскостях, равноудаленных друг от друга на 60 градусов (по 4 спутника в каждой плоскости)

Мобильный GPS терминал предназначен для определения координат и параметров работы контролируемого объекта, промежуточного хранения и передачи данных в точку доступа (рис. 3). Точка доступа принимает данные от GPS терминала, преобразует их в форму, удобную для хранения в базе данных и складывает их в базу данных. В системе мониторинга транспорта может существовать несколько точек доступа – основная и резервная, а также специализированных на обработке того или иного типа мобильных терминалов [4]. База данных обеспечивает хранение и выдачу данных. В масштабных СМТ может быть несколько баз данных, каждая из которых «специализирована» для хранения данных о группе терминалов или приближена в web-пространстве к месту эксплуатации остальных элементов системы. Модуль аналитики готовит аналитические отчеты за выбранный период времени по запросу клиентского ПО – рассчитывает величину параметров и счетчики пройденного пути, расхода топлива, определяет события заправка/слив и т.д. Модуль картографии хранит и выдает по запросу клиентского ПО изображение карт. Клиентское ПО обеспечивает диалог с пользователем системы GPS мониторинга и наглядно отображает отчеты. В конкретных реализациях систем GPS мониторинга отдельные элементы представленной схемы могут быть совмещены друг с другом, например, клиентское ПО и модуль аналитики (рис. 4).

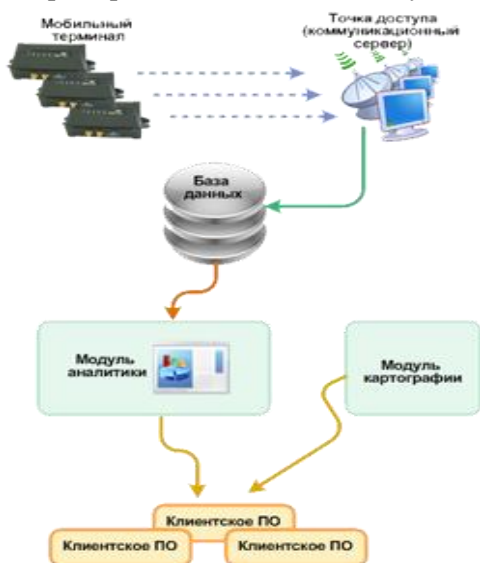


Рис. 3. Типовая структура системы GPS мониторинга транспорта

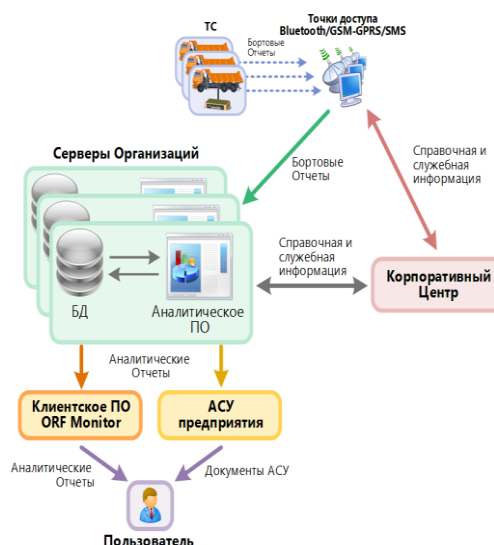


Рис. 4. Корпоративный сервер контроля транспорта системы GPS мониторинга

Все элементы системы GPS мониторинга транспорта, кроме мобильных терминалов, могут быть размещены либо на локальном компьютере, либо в сети Интернет. На ранних стадиях развития СМТ все элементы находились на локальном компьютере – это наиболее простое и наименее гибкое решение. По мере развития, отдельные элементы начали перемещаться в виртуальное пространство, и современные системы мониторинга транспорта находятся там целиком, а в качестве клиентского ПО используется стандартный интернет-браузер. Именно такое построение и принято называть web-решением системы GPS мониторинга транспорта.

Назначение Сервера контроля транспорта ORF Corporate – комплексный автоматизированный контроль работы парков машинно-тракторных парков крупных компаний с численностью до 100 автопарков с общим количеством до 20 000 тракторов и машин.

ORF Corporate – решение для контроля транспорта в холдингах, крупных компаниях, отраслевых, муниципальных или общественных службах. Основные контролируемые параметры: расход топлива, объём топлива в баке, температура топлива в баке и топливных магистралях, нагрузка на ось тягача и полуприцепа, время и режимы работы двигателя, продолжительность и параметры работы навесного оборудования.

Заключение

Для крупных организаций, имеющих возможность эксплуатировать сложный программно-аппаратный комплекс, можно рекомендовать организацию системы GPS мониторинга в локальной сети. В этом случае экономится стоимость аренды серверов, минимизируется интернет-трафик, повышается защищенность данных от несанкционированного доступа. С точки зрения количества мобильных терминалов, можно провести условную границу в 1000 штук – в этом случае целесообразно строить свою корпоративную систему GPS мониторинга.

Установка системы GPS мониторинга транспорта позволяет радикально снизить издержки на эксплуатацию и техобслуживание техники, повысить эффективность работы парка машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев, Н. Г. Современные методы контроля расхода топлива и их применение для мониторинга режимов работы автотракторной техники / Н. Г. Мальцев, Ю. Д. Карпиевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д. А. Чудакову и В. А. Скотникову. – Минск: БГАТУ, 2013. – С. 35–39.
2. Материалы к новому учебному году: БГАТУ и Техногон / Современные технологии в учебном процессе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bsatu.by/ru/sovremennye-tehnologii-v-uchebnom-processe-0>. – Дата доступа: 03.04.2023.
3. Таранцев, Б. И. Встроенные системы контроля и диагностирования современных автомобилей: обзор / Б. И. Таранцев. – Рига: ЛатНИИИТИ, 1982. – 52 с.
4. Карпиевич, Ю. Д. Микропроцессорная система бортового диагностирования степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления / Ю. Д. Карпиевич // Вестник БНТУ. – 2007. – № 6. – С. 76–78.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ЗАМЕНЕ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

П. И. ФЕДЮНИН

ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, Россия

(Поступила в редакцию 17.05.2023)

В статье рассматриваются вопросы обеспечения безопасности конструкции транспортного средства при замене силовой установки. Указываются причины вызвавшие необходимость замены. Приводится нормативная база для проведения подобных операций. Рассмотрены варианты замены и влияния этого процесса на конструктивные особенности транспортного средства, необходимость сочетания замены силового агрегата с совместимостью других механизмов и систем автомобиля. Также анализируется влияние подобного переоборудования на эксплуатационные характеристики автомобиля, обеспечения прочности кузова, развесовки и геометрических параметров. Обращается внимание на необходимость внесения изменений в систему электронного управления и программном сопровождении.

Основными причинами переоборудования транспортного средства заменой двигателя является выход из строя и невозможность ремонта штатного агрегата, желание снизить расход топлива путем замены бензинового двигателя на дизельный или необходимость повысить тягово-динамические и скоростные характеристики силовой установки для использования транспортного средства в специальных условиях, таких как бездорожье, климатические особенности, для участия в спортивных соревнованиях. Все вносимые изменения затрагивают исходную конструкцию автомобиля по различным позициям. Меняется вес, распределение его по осям. Возникает необходимость перемещения и переустановки элементов различных систем автомобиля в подкапотном пространстве. Кроме этого, во многих случаях приходится изменять или дорабатывать опоры крепления силового агрегата. Изменения могут нарушать эксплуатационные свойства автомобиля, поэтому необходимо учитывать все возможные негативные последствия, даже те, которые не отражены в нормативной документации. Важным моментом при смене силового агрегата является также необходимость синхронизировать его с электронной системой управления автомобиля, которая имеется у всех современных транспортных средств.

Ключевые слова: транспортное средство, изменение конструкции, силовой агрегат, двигатель, безопасность, трансмиссия, узел, агрегат.

The article deals with the issues of ensuring the safety of the vehicle structure when replacing the power plant. The reasons for the need for replacement are indicated. The regulatory framework for such operations is provided. The options for replacing and the influence of this process on the design features of the vehicle, the need to combine the replacement of the power unit with the compatibility of other mechanisms and vehicle systems are considered. The influence of such re-equipment on the performance characteristics of the vehicle, ensuring the strength of the body, weight distribution and geometric parameters is also analyzed. Attention is drawn to the need to make changes to the electronic control system and software support.

The main reasons for re-equipping a vehicle by replacing the engine are the failure and impossibility of repairing a standard unit, the desire to reduce fuel consumption by replacing a gasoline engine with a diesel one, or the need to increase the traction, dynamic and speed characteristics of the power plant for using the vehicle in special conditions, such as off-road, climatic features, for participation in sports competitions. All changes made affect the original design of the vehicle in different positions. The weight changes, as well as its distribution along the axes. There is a need to move and reinstall elements of various vehicle systems in the engine compartment. In addition, in many cases it is necessary to change or modify the mounting supports of the power unit. Changes can violate the performance of the vehicle, so it is necessary to take into account all possible negative consequences, even those that are not reflected in the regulatory documentation. An important point when changing the power unit is also the need to synchronize it with the electronic control system of the vehicle, which is available in all modern vehicles.

Key words: vehicle, design change, power unit, engine, safety, transmission, unit, aggregate.

Введение

При эксплуатации транспортных средств (ТС) у владельцев периодически возникает необходимость внесения изменений в конструкцию. Это связано с потребностью изменить (улучшить) эксплуатационные свойства автомобиля или расширить функциональную принадлежность.

Государство на законодательном уровне устанавливает определенные ограничения на подобные действия, руководствуясь только одной целью – сохранением безопасности.

В мире и в Российской Федерации в том числе существуют правила оценки соответствия ТС требованиям безопасности.

В Российской Федерации действует ГОСТ 33670-2015 «Автомобильные транспортные средства единичные. Методы экспертизы и испытаний для проведения оценки соответствия». В рамках таможенного союза существует Технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011).

Для проведения испытаний приводятся в соответствие методы измерений. Так в России действует национальный стандарт ГОСТ Р 8.563 – 20004 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений».

Практической оценкой уровня соответствия занимаются аккредитованные испытательные лаборатории, которые могут дать заключение о соответствии того или иного воздействия на конструкцию ТС установленным требованиям безопасности.

Все эти сложности преследуют одну цель: не допустить на дороги общего пользования опасные для жизни и здоровья человека автомобили [1].

Основная часть

Одним из самых популярных видов внесения изменений в конструкцию ТС является замена силового агрегата. Причин здесь три: замена вышедшего из строя двигателя на аналогичный б/у или после ремонта; улучшение характеристик двигателя, установкой силового агрегата в рамках модельного ряда ТС; замена двигателя на другой, не предусмотренный конструкцией для данного ТС.

В первом случае действие является заменой агрегата и не требует никакого оформления по изменению конструкции ТС. Второй не захватывает базовых размерных характеристик автомобиля, но всё-таки может нарушить некоторые эксплуатационные свойства автомобиля и поэтому подлежит проверке на соответствие требованиям безопасности. Третий случай подразумевает существенные воздействия на базовые узлы и агрегаты автомобиля и может вызвать серьезные нарушения основных эксплуатационных свойств, таких как устойчивость, управляемость, тормозная динамичность. В данном случае серьезная проверка на соответствие требованиям конструктивной безопасности просто необходима.

На современных автомобилях, кроме расширения модельного ряда, используют и применение в рамках одной модели ряда модификаций, в которых предусмотрено несколько двигателей и различных коробок передач. Число компоновок может перевалить за десяток, причем такие показатели как мощность и крутящий момент в заряженных версиях могут отличаться на десятки процентов.

Кроме этого, на один и тот же автомобиль могут устанавливаться как бензиновый, так и дизельный мотор. А они по своим мощностным и скоростным характеристикам, а также весу и габаритам, могут существенно отличаться. Требования к прочности конструкции кузова в топовых версиях также несколько отличаются от базовых. Поэтому установка на базовый автомобиль более мощного двигателя как минимум увеличит давление на опоры и повысит крутящее воздействие на элементы трансмиссии. Все это в итоге может привести к разрушению узлов и агрегатов трансмиссии, опор силового агрегата.

При проведении испытаний ТС с подобными изменениями обращают внимание именно на прочность мест крепления силового агрегата и исследуют скручивающее воздействие и ударные нагрузки на элементы коробки передач, карданных валов и шарниров. Для проведения подобных работ используется серьезная измерительная аппаратура и испытательные стенды. Еще одной особенностью форсированного двигателя, является большая его температуронапряженность, поэтому закладывается другой объем охлаждающей жидкости и другая производительность насоса. Из этого следует, что в базовой версии придется менять радиатор системы охлаждения и перенастраивать систему терморегулирования.

Дизельная версия предполагает замену системы топливоподачи и первичной фильтрации топлива. Поскольку дизель тяжелее, нарушается исходная развесовка автомобиля, изменение координаты центра тяжести, что в сумме повлияет на изменение параметров поперечной устойчивости и управляемости. Изменится поворачиваемость автомобиля, что приведет к изменению характеристик увода управляемых колес.

Эти изменения необходимо чем-то компенсировать. А оценка подобных изменений потребует проведение сложного комплекса как стендовых динамических испытаний, так и ходовых.

Дизельные двигатели так же больше шумят, что потребует дополнительной шумоизоляции салона, а еще дизельные двигатели оказывают большее вибрационное воздействие на кузов ТС. Это потребует не только повышения прочности опор двигателя, но и совершенствования конструкций опорных подушек с механическими или гидравлическими демферами.

Еще одна особенность дизеля – это его низкооборотистость. И это придется компенсировать в системах привода кондиционеров, насосов гидроусилителя рулевого управления, компрессоров.

Внимательно нужно подойти и к подбору сочетания агрегатов силовой установки двигателя и коробки передач. Большая разновидность коробок передач (роботизированные, вариаторные, гидромеханические) обуславливает необходимость подбирать их как к типу ДВС (дизельный или с искровым зажиганием), так и к силовым и мощностным характеристикам схожих моторов. Подбирать необходимо не только передаточные отношения в коробке передач, но и учитывать ударные и крутильные нагрузки на валы трансмиссии.

Перечисленные выше особенности изменения конструкции ТС заменой двигателя довольно серьезные и требуют проверки на соответствие требованиям безопасности, но они не затрагивают основного элемента автомобиля (базы или геометрических параметров его платформы), поэтому подобные

усовершенствования часто практикуются. А на автомобильных заводах стараются сделать платформу универсальной с запасом прочности и функционала для различных комплектаций силовых установок и их модификаций [2, 3]. Иногда запрашиваемые характеристики силовых установок не могут обеспечить варианты в пределах конструкции одной модели и владельцы ТС пытаются установить на свой автомобиль силовой агрегат с другого автомобиля.

Причин этому несколько: во-первых – стремление снизить расход топлива. В этом случае идет замена двигателя с искровым зажиганием на дизель; во-вторых – повышение тяговой динамичности. Это в первую очередь установка более мощного мотора; в-третьих – адаптация автомобиля к особым условиям эксплуатации, чаще это автоспорт. К разным видам автоспортивных состязаний свои требования: от оборотов и эластичности мотора на гоночных автомобилях, до выносливости на раллийных трассах и прочности на гонках по бездорожью. При заменах двигателя в первую очередь возникает вопрос соединения с основной трансмиссией. В этом случае конструируют оригинальную переходную плиту и решают проблему с идентичностью переходного (первичного) вала коробки передач и соосностью коленчатого вала и коробки передач. Внимание данному вопросу уделяется повышенное, т.к. это в первую очередь обеспечивает работоспособность силовой установки.

Следующий главный вопрос – это размещение силового агрегата в моторном отсеке и крепление его на раме (кузове). В большинстве случаев данная процедура потребует изменений конструкций опор крепления двигателя и в некоторых случаях коробки передач, а также самих кронштейнов на двигателе. Потребуется также подбор или изготовление оригинальных опор под силовой агрегат. Могут возникнуть сложности с креплением кронштейна на двигателе (изменение мест крепления), что может затронуть основную базовую деталь – блок цилиндров. Такой вариант должен быть исключен [3].

Установка нового двигателя потребует существенного вмешательства в некоторые системы его жизнеобеспечения и расположения их в моторном отсеке. В первую очередь это затронет систему топливоподачи и выпуска отработанных газов, систему очистки и подачи воздуха. Необходимо будет адаптировать систему охлаждения двигателя к новому силовому блоку и привязать к ней системы отопления и кондиционирования салона. Понадобятся изменения в электрооборудовании. Это затронет и системы управления двигателем и блок контрольно-измерительных приборов, и в целом придется внедряться и электропроводку, дорабатывать ее под поставленные задачи.

Установка двигателя приведет к изменению развесовки автомобиля, что может повлиять на такие эксплуатационные свойства, как устойчивость, управляемость, проходимость. Более тяжелый силовой агрегат кроме воздействия через опоры двигателя на кузов усилит нагрузку на элементы передней подвески, уменьшив ее ресурс и увеличив опасность пробоя и повреждения ее элементов на проблемных дорогах. В этом случае следует обратить внимание на необходимость усиления в подвеске как упругих ее элементов, так и перенастройки демфирующих систем [4].

Часто происходит замена всего силового агрегата, т.е. вместе с коробкой передач. Такой вариант более предпочтителен, т.к. не требует стыковки его основных компонентов – двигателя и коробки передач. В таком случае необходимо новое крепление коробки передач к раме или кузову, что потребует установки новых опор крепления и адаптацию или замену упругих элементов опоры.

При замене силового агрегата целиком вектор внимания переносится на остальные элементы трансмиссии. В первую очередь это карданная передача. Часто в подобных случаях именно карданная передача не выдерживает нагрузок и разрушается. В первую очередь страдает карданный шарнир, но встречаются случаи, когда просто скручивается само тело вала. Ударные нагрузки также разбивают шлицевые части валов. Поэтому при такого рода изменениях конструкции необходимо проводить стендовые испытания карданных валов и шарниров. Ударные нагрузки и перегрузки от повышенного крутящего момента также могут сказаться и на главной передаче и элементах межколесного дифференциала, а также подшипниках редуктора ведущего места. Этот агрегат тоже должен быть испытан на ударную прочность и радиальные нагрузки [5].

Современные автомобили оснащаются силовыми установками, имеющими электронное управление. Бортовые компьютеры связывают работу различных систем и механизмов автомобиля в целом и задают сложный алгоритм их взаимодействия затрагивая весь комплекс систем, отвечающих за ходовые качества, динамику, экономичность и экологичность, тормозные свойства, управляемость, устойчивость, проходимость, т.е. бортовая электронная система с соответствующим программным обеспечением является сегодня неотъемлемой частью автомобиля и любое вмешательство отразится на ее работоспособности.

Если рассмотреть отдельно двигатель, то электронные системы могут управлять в нем фазами газораспределения, режимом терморегулирования, топливоподачей, смесеобразованием, нейтрализации

ей отработанных газов, скоростными и тягово-динамическими характеристиками. При замене двигателя все вопросы, связанные с его управлением обостряются. Выхода два: первый – это перенастройка электронного модуля, второй – подбор и замена его на другой также с последующей его переналадкой. Учесть все нюансы базового варианта практически невозможно, поэтому ограничиваются частичными перепрошивками, обеспечивающими приемлемые характеристики двигателя, в первую очередь обеспечение соответствия экологическому классу. Но сегодня электронные системы автомобиля работают в комплексе, объединяя весь функционал в единый бортовой компьютер, который и обеспечивает взаимосвязь всех электронных систем управления. Это такие отдельные подсистемы, как двигатель – трансмиссия; двигатель – тормозная система; двигатель – рулевое управление; двигатель – ходовая часть.

В большинстве случаев во взаимосвязи находятся все системы транспортного средства. В первую очередь это залог конструктивной безопасности автомобиля. Поэтому любое действие, связанное с заменой элемента системы вызовет ее сбой и необходимость перенастройки, тем более если это силовой агрегат.

Существующие регламенты по оценке снесения изменений в конструкцию транспортного средства [6] так глубоко в существо вопроса не погружаются, а ограничиваются внешними выходными характеристиками. Цель – не ухудшить эксплуатационные свойства и не снизить безопасность.

Еще одна задача, которую нужно решить при замене силового агрегата, это адаптировать его к встроеной системе диагностики автомобиля. А это в свою очередь и программное обеспечение. Часто сохранить все имеющиеся на транспортном средстве системы диагностики не представляется возможным. Сохраняют только основные функции, которые влияют на сохранение конструктивной и эксплуатационной безопасности транспортного средства.

Заключение

В целом следует отметить, что любые изменения конструкции ТС, влияющие на его безопасность должны быть тщательно исследованы на предмет надежности, безопасности и сохранения эксплуатационных свойств. Именно изменение некоторых основных эксплуатационных свойств, связанных с изменением массы, центра тяжести автомобиля могут существенно изменить поведение его на дороге, особенно в экстремальных условиях. В первую очередь могут пострадать поперечная устойчивость и управляемость.

Все это необходимо знать и учитывать когда возникает потребность изменить конструкцию ТС.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств.
2. ГОСТ 33670-2015 Автомобильные транспортные средства единичные. Методы экспертизы и испытаний для проведения оценки соответствия: Межгосударственный стандарт Российской Федерации: дата введения 0104-2017/ Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 129 с.
3. ГОСТ Р 59889-2021 Транспортные средства. Внесение изменений в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации. Технические требования, технический контроль и методы испытаний: Национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 25-11-2021/ Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2021. – 44 с.
4. Постановление Правительства РФ от 6 апреля 2019 г. N 413 «Об утверждении Правил внесения изменений в конструкцию находящихся в эксплуатации колесных транспортных средств и осуществления последующей проверки выполнения требований технического регламента Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств».
5. Суховеев, С. И., Федюнин П. И., Комлев В. А. Особенности замены силовых агрегатов транспортных средств // Актуальные проблемы инженерных наук. Сб. статей регион. студенч. научно-технич. конф.: Новосибирск, 2022. – С. 105–109.
6. Суховеев, С. И., Федюнин П. И., Комлев В. А. Требования безопасности при замене силового агрегата транспортного средства // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования. Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ: Новосибирск, 2021. – С. 344–347.

МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

УДК 631.61

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПОСРЕДСТВОМ КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ

О. А. МЕРЗЛОВА, В. О. АРИНЕНКО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: O-Merzlova@yandex.ru

(Поступила в редакцию 03.05.2023)

Мелиорация сельскохозяйственных земель является частью государственной политики Республики Беларусь в сфере аграрного бизнеса. В последние годы все более востребованными становятся культуртехнические мелиорации. В статье представлено обоснование экономической целесообразности проведения мероприятий по повышению эффективности использования почвенно-земельных ресурсов в условиях волнисто-западного рельефа Горецкого района путем устранения технической неустроенности локальных контуров.

Анализ опирается на результаты полевого обследования двух типичных для района участков, проведенного по стандартным методикам. Оно позволило установить, что 35–41 % площади выбранных объектов представляют собой западины, покрытые древесно-кустарниковой растительностью средней и сильной густоты, отдельно стоящими деревьями, закоккарены и переувлажнены.

Оценка экономической эффективности капитальных вложений на проведение полного комплекса работ по устранению древесно-кустарниковой растительности и раскрытию западин является экономически оправданной. Прогнозируемый прирост прибыли позволит окупить капитальные затраты при производстве на равных площадях пшеницы и ячменя за 3,1 года для товарных целей, за 7,3 года при производстве товарной пшеницы и ячменя для внутреннего потребления на фуражные цели.

Ключевые слова: западина, древесно-кустарниковая растительность, культуртехническая мелиорация, пшеница, срок окупаемости, ячмень.

Reclamation of agricultural land is part of the state policy of the Republic of Belarus in the field of agricultural business. In recent years, cultural and technical reclamation has become more and more in demand. The article presents a rationale for the economic feasibility of carrying out measures to improve the efficiency of the use of soil and land resources in the conditions of the undulating relief of the Gorki region by eliminating the technical disorder of local contours.

The analysis is based on the results of a field survey of two sites typical for the region, carried out according to standard methods. It made it possible to establish that 35–41 % of the area of the selected objects are depressions covered with trees and shrubs of medium and strong density, isolated trees, tussocked and waterlogged.

Estimation of the economic efficiency of capital investments for carrying out a full range of works to eliminate tree and shrub vegetation and open depressions is economically justified. The projected increase in profits will make it possible to recoup capital costs in the production of equal areas of wheat and barley in 3.1 years for commercial purposes, in 7.3 years in the production of commercial wheat and barley for domestic consumption for fodder purposes.

Key words: depression, tree and shrub vegetation, cultural melioration, wheat, payback period, barley.

Введение

Для достижения продовольственной безопасности, создания организационных условий развития сельского хозяйства, совершенствования технологической и технической составляющей в Республике Беларусь разработана Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [1]. Одним из путей ее реализации является мелиорация земель.

Мелиорация как деятельность, направленная на коренное улучшение земель, обеспечивает повышение искусственного почвенного плодородия путем комплексного регулирования основных факторов жизни растений: водно-воздушного, теплового и пищевого режимов почвы. С ее помощью решаются основные сельскохозяйственные задачи: увеличение объёма сельскохозяйственной продукции за счёт освоения и перевода в сельскохозяйственные угодья ранее неиспользованных земель; создание условий для рационального использования сельскохозяйственной техники и других средств производства путём укрупнения участков обработки, планирования полей, севооборотов; увеличения

объёма сельскохозяйственного производства за счёт более интенсивного использования имеющихся в хозяйстве земель путём ликвидации временной переувлажнённости.

Основная цель Государственной подпрограммы мелиорации земель – ввод в сельскохозяйственный оборот реконструированных мелиоративных систем и вновь мелиорированных сельскохозяйственных земель. Ввод новых земельных участков часто осуществляется за счет рекультивации земель временно неиспользуемых из-за неудовлетворительного технического состояния. Одной из главных причин формирования подобной неустроенности в условиях северо-восточной провинции является волнисто-западинный рельеф. Для него характерны неглубокие западины, переувлажненные и заросшие древесно-кустарниковой растительностью. В этой связи проведена оценка экономической эффективности культуртехнических мероприятий в условиях волнисто-западинного рельефа Горецкого района, которая основывалась на результатах детального натурного (полевого) обследования типичных для условий района земельных участков РУП «Учхоз БГСХА».

Основная часть

Методика исследования состояла из подготовительных работ, полевого обследования и камеральной обработки данных. В частности, согласно используемым в республике методам и подходам [2], проведен подбор и изучение материалов внутрихозяйственного землеустройства, оценка земель, специальное полевое обследование, технико-экономическое обоснование культуртехнических работ.

Для целей полевого обследования использованы фотоснимки ГИС Google Earth Pro, планы землепользования в масштабе 1:10000. Полевое детальное обследование проводилось на учетных площадках размером 100 м² (10 на 10 м). Они выделялись в наиболее типичных местах, соответствующих средним условиям закустаренности и другой неустроенности. Количество учетных площадок закладывалась из расчета 1 на 10 га земель или 1 на контур неустроенности.

Для учета выбраны характеристики, в наибольшей степени позволяющие судить об экономической целесообразности вовлечения участков в оборот. Ими стали степень покрытия древесно-кустарниковой растительностью, тип растительности, а также степень заболоченности, закорочкованности и завалуненности, наличие понижения рельефа.

Закустаренность и залесенность фиксировалась по породному составу, среднему диаметру у корневой шейки кустарника и на высоте 1,3 м деревьев, средней высоте, густоте, количеству. На объектах культуртехнического обследования учтено наличие пней.

Оценка экономической эффективности основывалась на прогнозировании прироста продуктивности земель за счет их окультуривания и увеличения эффективно используемой площади. При этом расчеты себестоимости продукции растениеводства учитывали данные годового бухгалтерского отчета РУП «Учхоз БГСХА» за 2021 и 2022 годы и современную информацию о закупочных ценах на сырье растениеводства и животноводства [3, 4]. В качестве типичного примера неудовлетворительно-го состояния земель и их неэффективного использования выбрано два участка вблизи д. Суровцово и д. Волковщина (рис. 1).

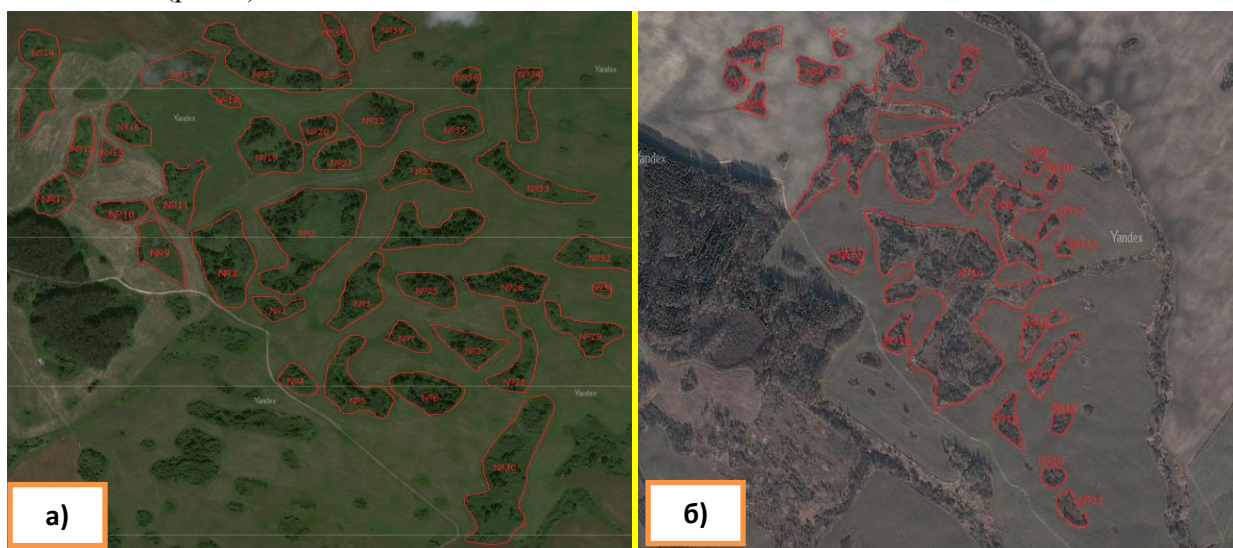


Рис. 1. Схема расположения западин на участках вблизи д. Суровцово (а) и д. Волковщина (б)

Объект обследования №1 – участок в районе д. Суровцово занимает 98 га и включает 39 крупных западин общей площадью 34 га, или 35 % участка.

Объект обследования №2 – участок в районе д. Волковщина общей площадью 65 га включает 21 крупную западину, которые занимают 27,1 га, или 41 % участка.

Обобщение результатов культуртехнических изысканий позволяет сказать следующее (табл. 1):

– обследованные контуры западин общей площадью 54,46 га (33 % от площади брутто) переувлажнены, из них 7 участков 8,58 га заболочены;

– обследованные контуры подверглись зарастанию древесно-кустарниковой растительностью. Группировка локаций по степени закустаренности свидетельствует, что средняя степень характерна для 38 западин (32,13 га, или 19,7 % общей площади), сильная – для 22 (31,0 га, или 19,0 %). Помимо кустарников встречается значительное количество деревьев, которые могут быть использованы для хозяйственных нужд или на дрова. Среди деревьев преобладают мягкие и очень мягкие породы: березы (63 %) и осины (28 %), толщина стволов которых колеблется в диапазоне 9–34 см. Реже встречаются дуб, орех и ива, диаметр которых зафиксирован в диапазоне 9–19 см (единичные экземпляры до 35 см);

– на 23 участках (40,35 га) карликовые и травянистые кочки покрывают более 20 % площади;

– камней на глубине 25 см практически не обнаружено, следовательно, каменистость близка к нулю и проведение соответствующего вида работ не требуется.

Таблица 1. Обобщенные результаты культуртехнического обследования

№ объекта	Площадь западин, га	Заболоченность		Тип кустарника		Закустаренность		Закочкарность		Каменистость Степень, % Площадь, га	
		Степень, %	Площадь, га	Степень, %	Площадь, га	Степень, %	Площадь, га	Степень, %	Площадь, га		
1	34,03	до 20	25,45	мелкий	нет	до 30	1,9	20 и выше	до 20	15,78	До 5 34,03
		20 и выше	8,58	средний	16,53	31–60	13,85		18,25		
				крупный	17,50	61 и более	18,27				
2	29,1	до 20	29,01	мелкий	нет	до 30	0,8	20 и выше	до 20	7,00	До 5 29,1
		20 и выше	нет	средний	15,60	31–60	13,90		22,10		
				крупный	13,50	61 и более	14,40				

Технология проведения работ составлена на основании типовой технологической карты ТТК-101024243.298, разработанной ГО «Белводхоз» [5], и предусматривает следующий перечень операций: корчевка среднего и густого кустарника, мелколесья; перетряхивание валов кустарника; погрузка и перевозка кустарника; валка и разделка деревьев; погрузка и перевозка деревьев; корчевка пней; обивка пней; вывоз пней; планировка площадей; первичная подготовка почвы (дискование кочек и дернины в 2 следа).

Кроме того, для оптимизации водно-воздушного режима почвы на участках с избыточным увлажнением и заболачиванием предусмотрены мероприятия по их регулированию. Это предполагает раскрытие понижений на семи контурах объекта 1 (д. Суровцово) общей площадью 8,58 га, на прочих контурах площадью 54,46 га требуется планировка поверхности. В целом объем работ по сводке и утилизации кустарниковой растительности предполагает перемещение 617,9 т древесины и 228,4 корневых остатков (табл. 2).

Таблица 2. Объемы работ по сводке и утилизации кустарниковой растительности

№ объекта	Объем древесины		Масса древесины, т	Объем корневых остатков		Масса корневых остатков, т
	м ³	складо-метров		м ³	складо-метров	
1	497,4	4598,4	373,1	183,9	735,7	138,0
2	326,0	3013,9	244,5	120,6	482,2 т	90,4

Объем работ по валке отдельно стоящих деревьев составит 796 стволов. Для сокращения затрат на культуртехническую мелиорацию предусмотрена реализация древесины на дрова. Для определения выручки от реализации дров по приведенной ниже формуле 1 рассчитан объем древесины:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h, \quad (1)$$

где V – объем древесины, м³; r – радиус бревна, м; h – длина бревна, м.

Общий объем древесины для использования на участке в районе д. Суровцово составил 42,3 м³, на участке вблизи д. Волковщина 26,2 м³. В последующем расчете учтена реализации на дрова по ценам ГЛХУ «Могилеский лесхоз»: 224 стволов осины – 5,09 руб/м³, 503 стволов березы – 5,72 руб/м³.

Расчет стоимости требуемого объема работ составлен по форме локальной сметы, предусмотренной Инструкцией №51 [6], в ценах по состоянию на 01.05.2023. Сумма капитальных вложений составила 60,1 тыс. руб. и 43,47 тыс. руб. по участкам соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Оценка экономической эффективности культуртехнической мелиорации

№ объекта	Урожайность				Площадь посева, га		Прирост				КВ, тыс. руб.	Срок окупаемости, лет	Удельные КВ, тыс. руб./га
	пшеницы яровой, ц/га		ячменя, ц/га				валового сбора, тонн		выручки (с НДС), тыс. руб.	прибыли от реализации, тыс. руб.			
	до	после	до	после	до	после	пшеница	ячень					
Вариант 1 – товарная продукция: продовольственная пшеница + продовольственный ячень (распределение по площади 1 : 1)													
1	37,6	45,1	39,8	43,9	64	98	100,7	87,5	80,8	19,1	60,1	3,1	1,76
2	37,6	45,1	39,8	43,9	38	65	75,1	66,9	60,8	14,2	43,47	3,1	1,61
Всего	37,6	45,1	39,8	43,9	102	163	175,8	154,4	141,6	33,3	103,6	3,1	1,70
Вариант 2 – товарная продукция продовольственная пшеница + фуражный ячень для внутреннего потребления (распределение по площади 1 : 1)													
1	37,6	45,1	39,8	43,9	64	98	100,7	87,5	70,0	8,2	60,1	7,3	1,76
2	37,6	45,1	39,8	43,9	38	65	75,1	66,9	52,5	5,9	43,5	7,3	1,61
Всего	37,6	45,1	39,8	43,9	102	163	175,8	154,4	122,5	14,2	103,6	7,3	1,70

Расчет окупаемости капитальных вложений базируется на оценке прогнозируемого прироста прибыли от реализации дополнительной продукции. При этом учитываются два эффекта.

Во-первых, проведение культуртехнической мелиорации должно обеспечить увеличение балла плодородия земель за счет повышения его окультуренности (поправочный коэффициент возрастет с 0,89 до 0,95) и устранения кустарниковой растительности (поправочный коэффициент возрастет с 0,8 до 1,0) с 37,6 до 45,1 балла (расчет выполнен по классической методике [7]).

Во-вторых, увеличение площади участков на 35 % и 41 % соответственно предполагает пропорциональный рост валового сбора продукции.

На основе прогнозов определена потенциальная урожайность двух наиболее распространенных культур, возделываемых на данных землях, – озимой пшеницы и ярового ячменя [8]. При этом учтено внесение NPK в дозе 300 кг/га под каждую из культур и органики под пшеницу в дозе 10 т/га. Так, расчетная урожайность озимой пшеницы возрастет до 45,1 ц/га (120 %), ячменя – 43,9 ц/га (110 %).

Следует сказать, что прогнозируемая урожайность этих культур до проведения культуртехнических работ идентична фактическим данным годового бухгалтерского отчета за 2021 и 2022 годы РУП «Учхоз БГСХА».

Для оценки экономического эффекта предусмотрено два варианта использования произведенной продукции (при размещении культур по площади в равных пропорциях):

1 – реализация зерна на товарные цели (пшеница 3 класс, ячень продовольственный 1 класс);

2 – реализация зерна пшеницы (3 класс) на продовольствие и использование ячменя на фуражные цели для внутреннего потребления.

Во втором случае для определения цены ячменя использована формула предельной стоимости (цены) кормовой единицы как части закупочной цены на продукцию животноводства (формула 2).

$$P_{пред} = \frac{P_{зак}^i \times B}{100 \times K^i}, \quad (2)$$

где $P_{пред}$ – предельная цена 1 т кормовых единиц в закупочной цене, руб.; $P_{зак}$ – закупочная цена i -го вида продукции животноводства, руб./т; B – удельный вес кормов в структуре затрат, %; K^i – расход кормов на производство единицы i -го вида продукции, т к. ед./т. [9].

В расчете использованы нормативные величины расхода кормов при удое 6000 кг на голову и приросте КРС 450 г в сутки [10]. С учетом использования фуража на корм дойному стаду и крупному рогатому скоту на откорме в пропорции 40:60 средняя цена фуражного ячменя составила 194 руб/т.

Обобщение результатов оценки экономической эффективности мелиорации на землях Горецкого района позволяет сделать вывод, что проведение культуртехнических работ в условиях волнисто-западного рельефа Горецкого района при степени покрытия кустарником 35 % и 41 % и наличии переувлажнения большей территории является экономически выгодным. Срок окупаемости капитальных вложений при реализации зерна пшеницы и ячменя на продовольствие составит 3,1 года, при использовании ячменя на фуражные цели для внутреннего потребления – 7,3 года. Коэффициенты экономической эффективности 0,32 и 0,14 по вариантам соответственно существенно превышают нормативную величину 0,07.

Заключение

Проведение культуртехнических мелиораций в почвенно-рельефных и климатических условиях северо-востока Республики Беларусь является одним из важных путей повышения эффективности

использования земельных ресурсов, увеличения объема производства сельскохозяйственной продукции, предотвращения деградации почв.

Своевременность принятия подобных решений подтверждают результаты обследования проблемных земельных участков РУП «Учхоз БГСХА», на которых 35–41 % площади приходится на переувлажненные западины, покрытые древесно-кустарниковой растительностью.

Основными производственными эффектами проведения культуртехнической мелиорации на них станут прогнозируемый рост урожайности зерновых за счет окультуривания пшеницы до 45,1 ц/га (120 %), ячменя до 43,9 ц/га (110 %), увеличение эффективно используемой площади пашни и в итоге прирост валового сбора продукции на 83 п.п. и 105 п.п. соответственно, что в натуральном выражении по двум объектам 20,3 ц/га.

Экономическую целесообразность проведения подобного рода мелиораций в условиях волнисто-западного рельефа северо-восточной провинции Беларуси подтверждает срок окупаемости капитальных затрат 3,1 года при производстве продовольственного зерна пшеницы и ячменя и 7,3 года при внутреннем использовании ячменя на корма для крупного рогатого скота, а пшеницы на продовольствие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы: утв. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 01.02.2021 № 59, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/documents/ab2025.pdf>. – Дата доступа: 20.11.2022.
2. Клебанович, Н. В. Методы обследований земель: учебное пособие / Н. В. Клебанович. – Мн.: БГУ, 2001. – 180 с.
3. Закупочные цены на сырое молоко в Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://evrazmolkom.ru/news/tpost/bnl1uki0s1-srednie-zakupochnie-tseni-na-siroe-molok>. – Дата доступа: 20.05.2023.
4. Об установлении фиксированных цен на сельскохозяйственную продукцию (растениеводства) урожая 2023 года, покупаемую для государственных нужд: Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 14.03.2023г. №33 // ЭТАЛОН : Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2023. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/uploads/Files/documents/post33-14-03-2023.pdf>. – Дата доступа: 20.05.2023.
5. ТТК-101024243.298. Типовая технологическая карта на корчевку кустарника и пней на мелиорируемых землях бульдозерами со сменным оборудованием корчевателем-собирателем. – ГО «Белводхоз», 2022 г.
6. Инструкция о порядке определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации на основании нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении: утв. Пост. Мин. архитектуры и строительства Респ. Беларусь 18.11.2011 №51.
7. Экономическое обоснование проектных решений по производству гидромелиоративных работ на объектах мелиоративных систем: методические указания; сост. М.А. Шух, О. А. Шавлинский. Горки: БГСХА, 2008. – 20 с.
8. Справочник агронома / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. акад. В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.
9. Мерзлова, О. А. Эффективность кормопроизводства на загрязненных территориях / О. А. Мерзлова // Научно-инновационная деятельность в АПК: сб. науч. статей, БГАТУ. – Минск, 2008. – С. 272-274.
10. Справочник нормативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства: 2-е изд., перераб. и доп. / Под редакцией В.Г. Гусакова. Сост. Я.Н. Бречко, М. Е. Сумонов. – Минск: Учреждение «БелНИИ аграрной экономики», 2002. – 440 с.

INFLUENCE OF IRRIGATION AND FERTILIZER NORMS ON THE PRODUCTIVITY OF ALFALFA

ВЛИЯНИЕ НОРМ ПОЛИВА И УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮЦЕРНЫ

FAZIL JAFAROV

Agjabadi branch of Azerbaijan State Pedagogical University,
Azerbaijan, Baku, e-mail: faziljafarov@yahoo.com

MUSTAFA MUSTAFAYEV

Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan Institute of Soil Science and Agrochemistry,
Azerbaijan, Baku, e-mail: meliorasiya58@mail.ru

(Поступила в редакцию 14.06.2023)

The article describes in detail the effect of irrigation and fertilizer norms on the productivity of alfalfa in poorly watered, gray-meadow soils. Effective use of covered sowing ensures that two or three harvests per year can be harvested from a single land plot. As a result, grain, especially forage production, is growing more intensively with land and other means of consumption. This, along with increased productivity, has a positive impact on soil fertility and its phytosanitary status. It was revealed that the alfalfa plant's productivity, quality, chemical composition depends on the fertility of the soil, its moisture content, the degree of macro and microbial support, the climatic conditions of the area, and other factors. For each variant and repetition, the cutting was carried out in the budding phase of the alfalfa plant and the productivity was calculated. Increase in crop yields was observed as a result of applying irrigation and fertilizer norms. In the end, the mathematical calculation of product records proved the accuracy of the experiment. The increase in crop yields by irrigation and fertilizer was several times higher than that shown in the optimal variant. The increase in crop yields by irrigation and fertilizer was several times higher than that shown in the optimal variant.

During the planting of alfalfa plants, it was found that in the vegetation period, in the $N_{45}P_{120}K_{90}$ variant, along with productivity, the quality indicators of the product increased by 5 times.

The maximum yield on the 5-time irrigated crop using the $N_{45}P_{120}K_{90}$ variant was an average productivity of 723 h / ha, an increase of 271 h / ha or 59.95 % compared to the fertilizer-control variant.

Key words: soil, alfalfa plants, irrigation norms, fertilizer, productivity.

В статье подробно описано влияние поливных норм и норм удобрений на урожайность люцерны на малообводненных серо-луговых почвах. Эффективное использование закрытого посева обеспечивает получение двух-трех урожаев в год с одного земельного участка. В результате производство зерна, особенно на корм скота, интенсивнее растет с использованием земли и других средств потребления. Это, наряду с повышением продуктивности, положительно сказывается на плодородии почвы и ее фитосанитарном состоянии. Выявлено, что продуктивность, качество, химический состав растений люцерны зависят от плодородия почвы, ее влажности, степени макро- и микробного обеспечения, климатических условий местности и других факторов. В каждом варианте и повторении обрезку проводили в фазе бутонизации растения люцерны, и рассчитывали продуктивность. Повышение урожайности отмечено в результате применения норм орошения и удобрений. В конце концов, математический расчет товарных записей подтвердил точность эксперимента. Прибавка урожая от орошения и удобрения в несколько раз превышала показатель, показанный в оптимальном варианте. При посеве люцерны установлено, что за вегетационный период в варианте $N_{45}P_{120}K_{90}$ вместе с урожайностью увеличились показатели качества продукта в 5 раз.

Максимальная урожайность при 5-кратном поливе и использовании варианта $N_{45}P_{120}K_{90}$ составила в среднем 723 ц/га, прибавка составила 271 ц/га или 59,95 % по сравнению с вариантом контроля с удобрениями.

Ключевые слова: почва, растения люцерны, нормы полива, удобрения, продуктивность.

Introduction

One of the most important of the complex measures for agricultural development in the country at present is the expansion of covered crops and increase of their productivity. Effective use of covered sowing ensures that two or three harvests per year can be harvested from a single land plot. As a result, grain, especially forage production, is growing more intensively with land and other means of consumption.

According to Academic M. I. Jafarov, professors RM Guliyev, NA Safarov, the productivity of each crop depends on how much of the plant uses external environmental factors. The main indication of the variety is that productivity depends on the factors that affect it, suggesting that agricultural crops can increase their productivity by more efficient use of life factors [1].

Long-term studies show that after harvesting cereal crops, the field remains empty for 110–125 days until new grain crops are sown. At this time the soil is exposed to varying degrees of degradation. So, because of the direct fall of solar energy on the non-planted area, evaporation from the land surface is intensified. As a result, the soil's water-physical properties deteriorate. When the plowing is done, it causes big chunks of the land to form.

In rainy years, the moisture is created and the seeds of weeds in the soil grow and develop due to favorable temperatures and other factors of life. Even sometimes, the weeds that have been completed their life cycle in some years, develop their seeds around and cover the soil with weeds. The phytosanitary condition of the soil is worsening, which has a direct impact on the soil's nutrients and their fertility.

Selection and application of cultivation methods for specific agroecological conditions eliminates a number of soil-related problems, while inadequate cultivation can lead to disturbance of soil structure, accelerated erosion, reduction of organic matter and fertility, degradation of carbon and water cycles, as well as disruption of the metabolic processes. [8]

Results and Discussions

Lack of protein in animal feed also results in reduced productivity and inefficient use of feed. The dry matter of alfalfa contains about 22 % protein. In addition, alfalfa contains carotene, vitamin B, ascorbic acid, basic macro and micronutrients, and so on. All this shows that perennial legumes, especially alfalfa, play an important role as one of the main feed sources in solving the problem of establishing a solid feed base [2].

Many vitamins and minerals of alfalfa have a positive effect on metabolism and health, and beta-carotene in large quantities. Alfalfa is not only fodder for animals but also therapeutic. It is important as a cough medicine, as a painkiller. It is known that the lack of protein in the feed portion reduces both productivity and also leads to inefficient use of feeds. Alfalfa contains about 22 % protein in dry matter [5].

The number of digestive proteins in the green mass of alfalfa and other nutrients is greater than that of other legumes. Alfalfa is also rich in vitamins for animals. At the same time, alfalfa improves the structure of the soil along with its nitrogen enrichment and is therefore considered to be a good predecessor for other agricultural plants [4].

Plants absorb and develop the necessary nutrients from the soil during the growing season, and during this period, structural and functional changes occur in the soil. Soil cultivation has a significant impact on its agrophysical properties and crop productivity. The biological productivity of natural and agroecosystems depends on the soil moisture, the method and depth of cultivation, the degree of physical humidity in the cultivation and the climatic conditions. A number of studies on soil cultivation show that the agrophysical properties and their variability are controversial [6, 7].

In order to make the most of the use of soil and agro-climate resources, we have planted a mixture of barley and alfalfa in autumn, in poorly fed gray-meadow soils in the lower part of Karabakh region. It is important not only for the maintenance of soil fertility but also for increasing feed production. Immediately after the barley was harvested in early June, the straw was removed and fertilizers were applied and irrigated. Long-term studies show that without the nitrogen fertilizer, the use of phosphorus and potassium does not significantly increase alfalfa crop productivity.

Research shows that the correct selection of plants in mixed sows, the proper implementation of complex agro-technical measures has a positive effect on overall productivity growth [3].

Productivity, quality indicators, chemical composition of alfalfa depends on the fertility of the soil, its moisture content, the degree of macro and microbes, the climatic conditions of the area and other factors. In this regard, it is important to optimize the life factors.

The study revealed that the applied watering and fertilizer norms had a major impact on the green mass of the alfalfa plant under the barley and greatly increased its productivity. The cutting were made in the budding phase of the alfalfa plant. As can be seen from the table, 4 times irrigation (3800 m³ / ha) for green mass formations (fertilizer I, II, III, IV) with no fertilizer-controlled option is 104; 105; 110; when the fertilizer standards N₃₀P₉₀K₆₀ are applied at 100 s / ha, the cutting values are 135; 145; 148; 134 h / ha, green mass product 160 when N₄₅P₁₂₀K₉₀ is applied; 168; 173; 156 c / h, 120 fertilizers when fertilized with organic fertilizer 10 t / ha; 124; 127; 119 h / ha, manure 10 t / ha + N₁₅P₆₀K₃₀ 152 in given version; 156; 158; Up to 149 h / h.

112 for green mass formulations (fertilizer I, II, III, IV) in the fertilizer-controlled variant against 5-time irrigation (4800 m³ / ha) 112; 116; 119; At 105 s / ha, productivity increased considerably when fertilizers at different rates are used. Thus, when the N₃₀P₉₀K₆₀ fertilizer standards were applied, the shape values were 158; 165; 168; 158 h / h, green mass product N₄₅P₁₂₀K₉₀ when applied 178; 183; 187; 175 c / h, organic fertilizer manure 10 t / ha + P₃₅ 142; 151; 154; 138 h / ha, manure 10 t / ha + N₁₅P₆₀K₃₀ 156 in given version; 163; 167; Up to 151 h / h. As can be seen from the table, the average yield for the 4 years of irrigated land was N₄₅P₁₂₀K₉₀, with an average productivity of 657 h / ha. This is an increase of 238 h / ha or 56.80% compared to the fertilizer-control variant. Higher fertilizer rates could increase productivity as much as the accuracy of practice.

The maximum yield on the 5-time irrigated crop using the N₄₅P₁₂₀K₉₀ variant was an average productivity of 723 h / ha, an increase of 271 h / ha or 59.95% compared to the fertilizer-control variant. Higher fertilizer rates could increase productivity as much as the accuracy of practice.

In the end, the mathematical calculation of product records proved the accuracy of the experiment. The increase in crop yields by irrigation and fertilizer was several times higher than that shown in the optimal variant.

Table. Influence of irrigation and fertilizer norms on green mass productivity of mixed sown alfalfa (2018)

s/s	Variants	Productivity f/ha				Average productivity f/ha	Increase	
		I cut	II cut	III cut	IV cut		F/ha	%
4 times irrigation 3800 m ³ /ha								
I	Control without fertilizer	104	105	110	100	419	–	–
II	N ₃₀ P ₉₀ K ₆₀	135	145	148	134	562	143	34,12
III	N ₄₅ P ₁₂₀ K ₉₀	160	168	173	156	657	238	56,80
IV	Manure 10 t/ha	120	124	127	119	490	71	16,94
V	Manure 10 t/ha+N ₁₅ P ₆₀ K ₃₀	152	156	158	149	615	196	46,77
5 times irrigation 4800 m ³ /ha								
I	Control without fertilizer	112	116	119	105	452	–	–
II	N ₃₀ P ₉₀ K ₆₀	158	165	168	158	650	198	43,87
III	N ₄₅ P ₁₂₀ K ₉₀	178	183	187	175	723	271	59,95
IV	Manure 10 t/ha	142	151	154	138	585	133	29,42
V	Manure 10 t/ha+N ₁₅ P ₆₀ K ₃₀	156	163	167	151	637	185	40,92

At the end of the study, it was concluded that during the vegetation period, throughout the growing season and alfalfa crops, the crop performance increased along with the yield of the variant N₄₅P₁₂₀K₉₀.

LITERATURE

- Allahverdiyev Elkhan Rajaf oghlu, Jafarov Fazil Tatarkhan oghlu, Isayeva Dunya Ali gizi, «Ameliorative agriculture» (Text-book) Baku, 2021, 360 p.
- Ibrahimov, A. G., Allahverdiyev E. R. Weeds and their management. Baku 2020. – 352 p.
- Rzayev, M. A. Azerbaijan: reform of irrigation agriculture and environmental sustainability. Monograph. Baku, «Science and Education», 2019, 372 pages.
- Mammadova, E. A. Remedial hydrogeology. Textbook. Baku, «Laman publishing house» LLC, 2016, 268 p.
- Yusifov, A. N., Gasimov T. P., Jamalov H. E., «Fundamentals of agricultural land reclamation and land reclamation machines», Baku, 2014.
- Hajiyev J. A., Allahverdiyev E. R., Ibrahimov A. Q. Irrigated agriculture. Baku. MBM publishing house. 2012. – 224p.
- Huseynov, A. M., Huseynov N. V. Origin, composition and ecological importance of soil organic matter. Textbook. Ganja 2012.– 68 p.
- Mammadov, G. Y., Ismayilov M. M.-Bitkichilik, Bakl, East-West, 2012, 356 p.
- Sattarov S., Aliyev S., «The importance of the silage, senescence, and solomonage nutritional value and technology of their preparation». Azerbaijan Agrarian Science. – 2012 – №3.
- Babayev, A. H., Babayev V. A Basics of ecological agriculture. Baku-2011.
- Humbatov, H. S., Khalilov X. G. – Technical plants, Baku, Aytac, 2010, 415 p.
- Meirman, G. T., Gatske L. N. The results of interspecific hybridization of wild species with inoculum alfalfa // Bulletin of S.-kh. science of Kazakhstan. 2010. – №. 9. – C. 9–12.
- Pobednov Yu.A. Basics and methods of siloing herbs. St. Petersburg, 2010.192 s
- Allahverdiyev E. R., Ismayilov T. I. Water resources of Azerbaijan and its protection. Ganja 2008.
- Li Y., Yang F., Ou Y., Zhang D. et al. 2013. Changes in forest soil properties in different successional stages in lower tropical China // PLoS One, 8 (11): e81359. Doi: 10: 137.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СОИ БИОКЛИМАТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В. И. ЖЕЛЯЗКО, Е. А. ВЧЕРАШНИЙ

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407,*

(Поступила в редакцию 25.07.2023)

Климат всегда оказывал существенное влияние на такие важные отрасли экономики, как сельское, лесное и водное хозяйство. С 1989 по 2015 г. на территории Республики Беларусь величина среднегодовой температуры воздуха на 1,3 °С превысила климатическую норму, принятую Всемирной метеорологической организацией. Территория Республики Беларусь относится к зоне с достаточным увлажнением. Однако анализ природно-климатических изменений за последние 30 лет показывает рост количества засушливых периодов и неравномерность распределения атмосферных осадков внутри вегетационного сезона. Отсутствие атмосферных осадков приводит к снижению почвенных влагозапасов ниже оптимальных значений, что в свою очередь оказывает негативное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. В среднем, недостаток увлажнения минеральных почв за летний период в сухой год повторяемостью один раз в 5 лет составляет от 80–150 мм в северной до 190–240 мм в южной частях Беларуси. В сложившихся условиях применение оросительных мелиораций может стать средством получения стабильных и высоких урожаев. При составлении проектного режима орошения основным фактором является величина декадного и суммарного водопотребления. От точности определения водопотребления зависит величина поливной и оросительной нормы, которые в свою очередь формируют величину производственных затрат на проведение орошения.

Точность определения величины водопотребления сои в водобалансовых расчетах зависит от точности определения биоклиматических коэффициентов. Величина изменчивости биоклиматических коэффициентов вносит погрешность в расчет водопотребления даже в условиях одной и той же почвенно-климатической зоны. В статье представлены результаты исследований по определению значений декадных биоклиматических коэффициентов водопотребления сои в зависимости от метеорологических условий. Выполнено сравнение различных расчетных зависимостей по определению водопотребления в основу которых положен дефицит влажности воздуха. Выполнена оценка изменчивости биоклиматических коэффициентов по годам исследований в зависимости от тепловлагообеспеченности.

В результате оценки величины изменчивости биоклиматических коэффициентов водопотребления сои установлено, что для расчета водопотребления сои рекомендуется выполнять по формуле А. И. Михальцевича, так как величина изменчивости биоклиматических коэффициентов значительно ниже, чем по формулам, предложенным ТКП 45-3.04-178-2009 (02250). Оросительные системы. Правила проектирования и А. М. и С. М. Алпатьевых.

Ключевые слова: соя, водопотребление, биоклиматический метод, биоклиматические коэффициенты.

The climate has always had a significant impact on such important sectors of the economy as agriculture, forestry and water management. From 1989 to 2015, on the territory of the Republic of Belarus, the average annual air temperature exceeded the climate norm adopted by the World Meteorological Organization by 1.3 °C. The territory of the Republic of Belarus belongs to the zone with sufficient moisture. However, an analysis of natural and climatic changes over the past 30 years shows an increase in the number of dry periods and uneven distribution of precipitation within the growing season. The absence of atmospheric precipitation leads to a decrease in soil moisture reserves below optimal values, which in turn has a negative impact on crop yields. On average, the lack of moisture in mineral soils during the summer period in a dry year with a frequency of one cut in 5 years ranges from 80–150 mm in the northern to 190–240 mm in the southern parts of Belarus. Under the current conditions, the use of irrigation reclamation can become a means of obtaining stable and high yields. When compiling the design irrigation regime, the main factor is the ten-day and total water consumption.

The accuracy of determining water consumption determines the value of irrigation and irrigation norms, which in turn form the value of production costs for irrigation. The accuracy of determining the amount of soybean water consumption in water balance calculations depends on the accuracy of determining the bioclimatic coefficients. The magnitude of the variability of bioclimatic coefficients introduces an error in the calculation of water consumption even in the same soil-climatic zone. The article presents the results of studies to determine the values of ten-day bioclimatic coefficients of soybean water consumption depending on meteorological conditions. A comparison of various calculated dependences for determining water consumption, which is based on the deficit of air humidity, is made. An assessment of the variability of bioclimatic coefficients over the years of research, depending on the heat and moisture supply, was made.

As a result of assessing the magnitude of the variability of the bioclimatic coefficients of water consumption of soybeans, it was found that to calculate the water consumption of soybeans, it is recommended to carry out according to the formula of A.I. Mikhaltsevich, since the magnitude of the variability of bioclimatic coefficients is much lower than according to the formulas proposed by ТКП 45-3.04-178-2009 (02250). Irrigation systems. Design rules and A. M. and S. M. Alpatiev.

Key words: soybean, water consumption, bioclimatic method, bioclimatic coefficients.

Введение

Анализ условий естественной влагообеспеченности минеральных почв Беларуси свидетельствует о крайней неравномерности распределения осадков как по годам, так и в отдельные периоды вегетации. В результате чего не обеспечивается оптимальный водный режим почв для возделывания сель-

скохозйственных культур. Недостаток увлажнения минеральных почв за летний период в сухой год повторяемостью один раз в 5 лет составляет от 80–150 мм в северной до 190–240 мм в южной частях Беларуси [1]. Компенсировать недостаток почвенной влаги возможно путем применения оросительных мелиораций. Наиболее распространенный способ орошения на территории Республики Беларусь – дождевание.

Водопотребление сельскохозяйственных культур является важной составляющей уравнения водного баланса почвы орошаемого поля. От точности определения водопотребления зависит величина оросительной нормы и продолжительность минимального межполивного интервала.

Существует много методов определения водопотребления сельскохозяйственных культур. Наиболее точные результаты дают экспериментальные исследования, позволяющие установить величину эвапотранспирации как в целом за вегетацию, так и за отдельные ее периоды. Однако эти эксперименты довольно трудоемки и требуют многолетних наблюдений. Поэтому все больший интерес вызывают расчетные методы определения суммарного испарения [2, с. 66].

Расчетные методы основаны на определении корреляционной зависимости между водопотреблением и одним или группой показателей.

Исследования В. Ф. Шебеко [3, с. 134] показывают, что для условий Беларуси наиболее тесная зависимость водопотребления установлена с радиационным балансом, дефицитом влажности воздуха и с температурой воздуха.

На территории СССР при расчетах водопотребления широкое распространение получил биоклиматический метод, теоретически обоснованный А. М. Алпатьевым [4] и внедренный на практике С. М. Алпатьевым [5]. По данному методу водопотребление сельскохозяйственных культур можно определить, как за отдельные промежутки вегетационного периода (декада, месяц), так и за вегетационный период в целом. Водопотребление определяется по формуле

$$E_i = K_i \Sigma d_i \quad (1)$$

где K_i – биоклиматический коэффициент водопотребления, изменяющийся в вегетационном периоде (по i -м периодам), мм/мб; Σd_i – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за рассматриваемый период, мб.

Формула (1) применима при достаточном уровне увлажнения и при высокой урожайности сельскохозяйственных культур, когда водопотребление ограничивается теплоэнергетическими ресурсами и дальнейший рост урожайности не сопровождается ростом потребности в воде. недостатком данного метода является изменчивость биоклиматических коэффициентов не только по регионам, но и по годам в зависимости от метеорологических условий.

В свою очередь А. И. Михальцевич [6] предложил для климатических условий Республики Беларусь следующую формулу для расчета водопотребления

$$E_i = 1,74 n K_i d_i^{0,4} \quad (2)$$

где 1,74 – эмпирический коэффициент; n – число суток в расчетном периоде; K_i – биоклиматический коэффициент, вычисленный по дефицитам влажности воздуха, мм/мб; d_i – среднесуточный дефицит влажности воздуха за расчетный период, мб.

Также для расчета величины водопотребления в Беларуси применяется формула приведенная в ТКП-45.304-178-2009 (02250) [7] которая имеет следующий вид

$$E_i = 1,35 n K_i d_i^{0,5} \quad (3)$$

где n – число суток в декаде; K_i – биоклиматический коэффициент при оптимальной влажности почвы, мм/мб; d_i – среднесуточное значение дефицита влажности воздуха, мб/сут.

Биоклиматические коэффициенты водопотребления сои в природно-климатических условиях Республики Беларусь ранее не определялись, что делает данное исследование актуальным. В процессе проведения исследований определены биоклиматические и биотермические коэффициенты водопотребления сои.

Основная часть

Для определения значений биоклиматических коэффициентов водопотребления сои в 2014–2018 гг. были проведены полевые опыты по орошению сои на учебно-опытном оросительном комплексе «Гушково-1», расположенном на опытном поле УО БГСХА Могилевской области.

На дерново-подзолистых суглинистых почвах выполнен посев сои сорта Ясельда.

Схема опыта включала в себя следующие варианты:

- 1 – контроль (без орошения);
- 2 – орошение при снижении предполивной влажности до 60 % НВ;
- 3 – орошение при снижении предполивной влажности до 70 % НВ;
- 4 – орошение при снижении предполивной влажности до 80 % НВ.

На основании данных, полученных в ходе проведения исследований, используя формулы (1) – (3) обратным счетом были получены декадные значения биоклиматических коэффициентов по вариантам полевого опыта. Для определения величины изменения биоклиматических коэффициентов в годы проведения исследований построены графики отклонения декадных биоклиматических коэффициентов за конкретный год исследований от соответствующих им осредненных значений за 2014–2018 годы.

Биоклиматические коэффициенты водопотребления сои, рассчитанные по формуле А. М. и С. М. Алпатьевых, подвержены большой изменчивости как по годам, так и по декадам внутри лет (рис. 1), что объясняется различной тепловлагообеспеченностью, характером развития растений и урожайностью. Анализ полученных биоклиматических коэффициентов показывает, что они возрастают к середине вегетационного периода, достигая наибольших значений в период формирования и налива бобов. Наибольшее отклонение биоклиматических коэффициентов наблюдается в период с 3-й декады июня по 2-ю декаду августа. Отклонения биоклиматических коэффициентов в данный период может составлять от 32 до 65 % от средних значений в зависимости от варианта опыта. Полученные нами коэффициенты детерминации показывают, что отклонение биоклиматических коэффициентов зависит от влагообеспеченности сои. Наибольшая величина коэффициента детерминации ($R^2=0,43$) соответствует варианту с нижним пределом регулирования влагозапасов на уровне 80 % от наименьшей влагоемкости.

Расчет биоклиматических коэффициентов по формуле Михальцевича показал, что в среднем за годы исследований они изменяются от 0,4 до 0,89 мм/мб. Отклонения декадных коэффициентов водопотребления в годы проведения исследований от средних значений приведено на рис. 2. По сравнению с данными полученными по формуле А. М. и С. М. Алпатьевых биоклиматические коэффициенты, определенные по формуле Михальцевича имеют меньшие отклонения от средних значений, что подтверждается величиной коэффициента детерминации, который равен 0,63 на варианте без орошения и 0,69 на варианте с нижним пределом регулирования влагозапасов 80 % от наименьшей влагоемкости.

Аналогичный вывод можно сделать и для биоклиматических коэффициентов, рассчитанных по формуле (3). В среднем за вегетационный период биоклиматические коэффициенты изменялись от 0,4 до 0,95 мм/мб. Оценка изменчивости биоклиматических коэффициентов по годам исследований приведена на рис 3. Величина коэффициента детерминации по вариантам опыта составляет от 0,58 до 0,64, что ниже значений, полученных по формуле (2).

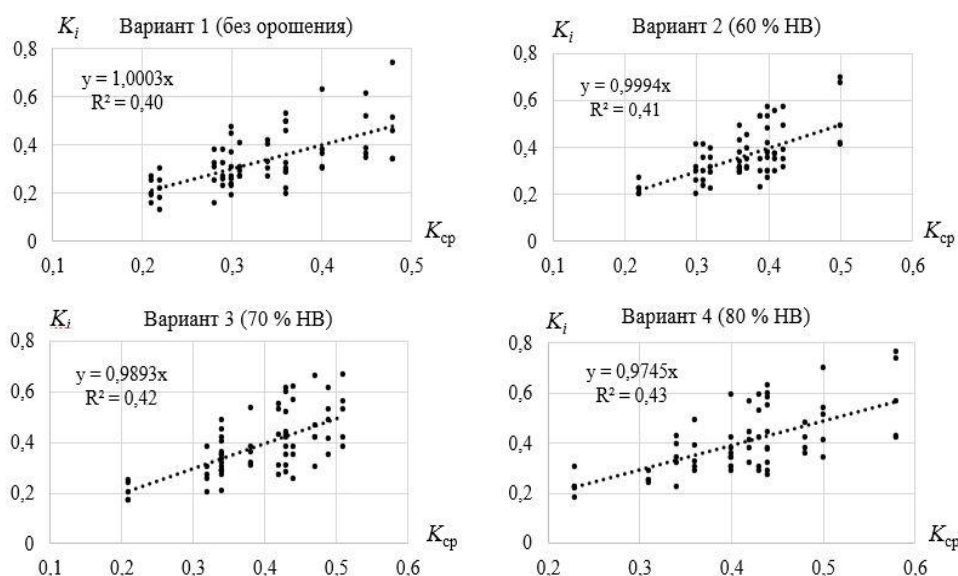


Рис. 1. Отклонение декадных биоклиматических (K_i) коэффициентов водопотребления сои от средних за 2014–2018 гг. коэффициентов (K_{cp}) рассчитанных по формуле А. М. и С. М. Алпатьевых

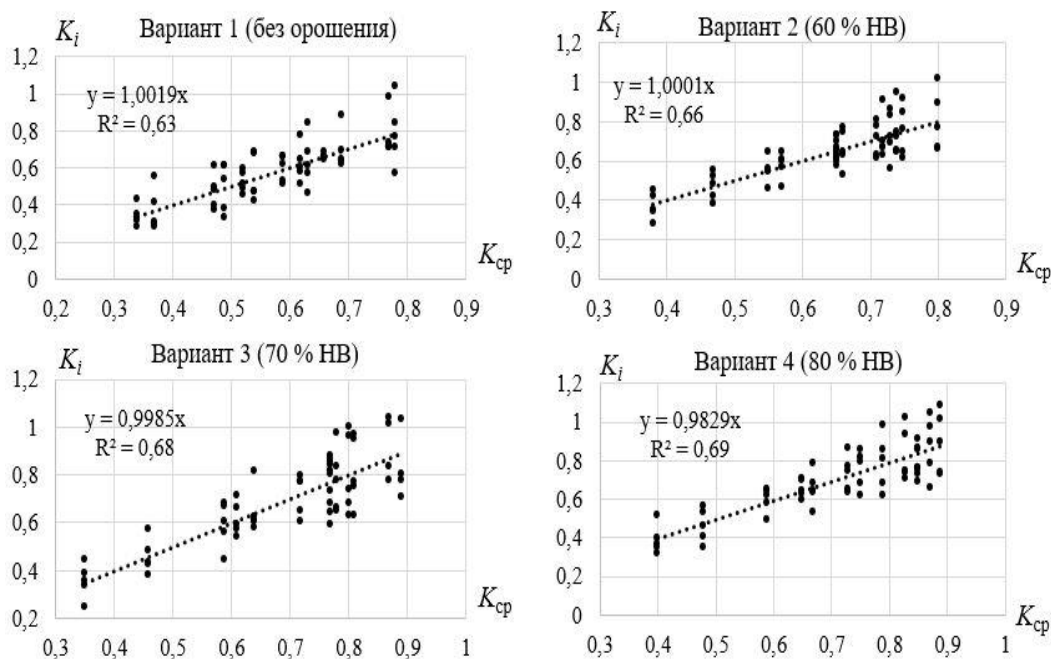


Рис. 2. Отклонение декадных биоклиматических (K_i) коэффициентов водопотребления сои от средних за 2014–2018 гг. коэффициентов (K_{cp}) рассчитанных по формуле А. М. Михальцевича

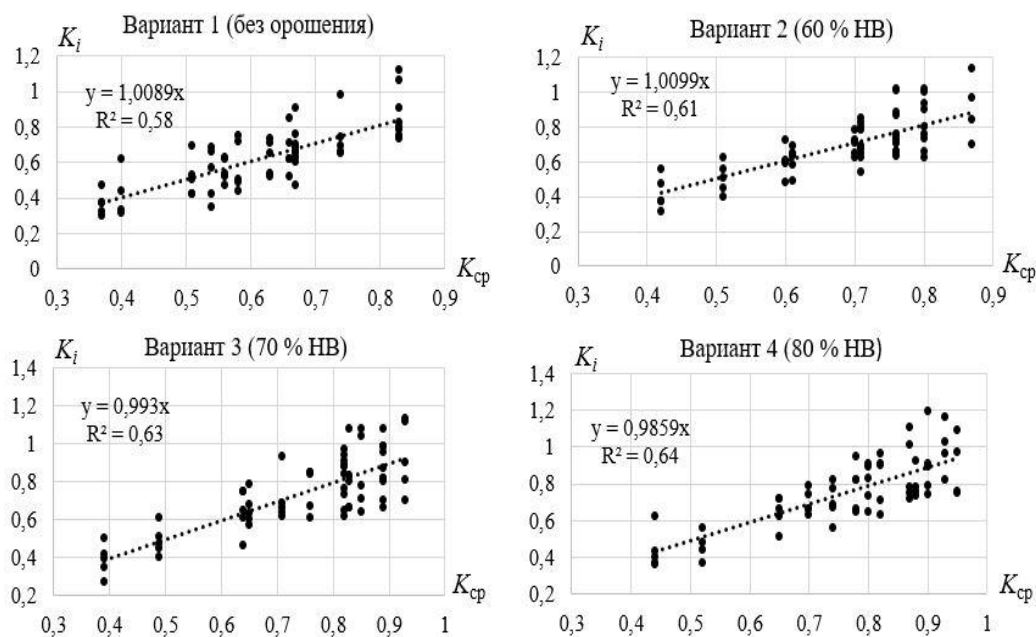


Рис. 3. Отклонение декадных биоклиматических (K_i) коэффициентов водопотребления сои от средних за 2014–2018 гг. коэффициентов (K_{cp}) рассчитанных по формуле ТКП 45-3.04-178-2009 (02250)

Таким образом установлено, что для расчета водопотребления сои рекомендуется выполнять по формуле А. И. Михальцевича, так как величина изменчивости биоклиматических коэффициентов значительно ниже, чем по формулам предложенным ТКП 45-3.04-178-2009 (02250). Оросительные системы. Правила проектирования и А. М. и С. М. Алпатьевых.

Полученные нами данные хорошо согласуются с исследованиями С. В. Набздорова [8] который отмечал, что осреднение численных значений декадных биоклиматических коэффициентов сахарной свеклы, полученных с использованием формулы А. И. Михальцевича, не приводит к большим ошибкам при расчете водопотребления.

Заключение

Точность определения величины водопотребления сои в водобалансовых расчетах зависит от точности определения биоклиматических коэффициентов. Величина изменчивости биоклиматических

коэффициентов вносит погрешность в расчет водопотребления даже в условиях одной и той же почвенно-климатической зоне. В результате проведенных исследований установлено, что биоклиматические коэффициенты, рассчитанные по формуле А. И. Михальцевица, характеризуются наименьшей изменчивостью в годы проведения исследований, что подтверждается коэффициентами детерминации в пределах от 0,63 до 0,69. Применение данных коэффициентов при расчете режима орошения позволит получить минимальную погрешность при определении водопотребления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Желязко, В. И. Опыт дождевания японского проса (*Echinochloa frumentacea* link) в условиях Республики Беларусь / В. И. Желязко // Вестник БГСХА. – 2017. – №3 – С. 111–116.
2. Лихацевич, А. П. Дождевание сельскохозяйственных культур: Основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А. П. Лихацевич. – Минск: Бел. наука, 2005. – 278 с.
3. Шебеко В. Ф. Гидрологические расчеты при проектировании осушительных и осушительно-увлажнительных систем / В. Ф. Шебеко, П. И. Закржевский, Э. А. Брагилевская. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. – 312 с.
4. Алпатьев, А. М. Влагооборот культурных растений / А. М. Алпатьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 248 с.
5. Алпатьев, С. М. Поливной режим сельскохозяйственных культур в южной части Украины: докл.-реф. дис. ... д-ра с.-х. наук / С. М. Алпатьев. – Киев, 1965. – 88 с.
6. Михальцевич, А. И. О совершенствовании биоклиматического метода расчета испарения с орошаемых полей / А. И. Михальцевич // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ мелиорации и вод. хозяйства. – Минск: Ураджай, 1979. – Т. XXVII. – С. 42–46.
7. Оросительные системы. Правила проектирования: ТКП 45-3.04-178-2009 (02250). – Введ. 29.12.2009 г. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 72 с.
8. Набздоров, С. В. Оценка точности расчета водопотребления сахарной свеклы с использованием биоклиматического метода / С. В. Набздоров, А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина // Мелиорация. – 2022. – № 1 (99). – С. 22–28.

ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 519.6

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ СЕТЕЙ ANFIS

А. С. КАБИЛЬДЖАНОВ, Э. О. БОЗОРОВ, Ч. З. ОХУНБОБОЕВА

Национальный исследовательский университет
«Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»,
г. Ташкент, Республика Узбекистан, e-mail: kabilidjanov@yandex.ru, e.bozorov@tiame.uz, ch.ohunboboeva@tiame.uz

(Поступила в редакцию 13.06.2023)

Рассмотрены основные проблемы, возникающие при решении задач многокритериальной оптимизации параметров сложных технических систем.

Предлагается схема скаляризации векторных критериев оптимальности, основанная на комплексном применении методов максиминной и среднестепенной сверток, которая позволяет получить гладкий критерий оптимальности и обойти негативный эффект «заклинивания». Разработанный глобальный критерий оптимальности направлен на максимизацию запаса, с которым выполняются функциональные ограничения на выходные параметры технической системы, который позволяет преодолеть проблему «овражности» и получить единственное решение, используя при этом простейшие алгоритмы гладкой оптимизации.

Предложен интеллектуальный алгоритм поддержки принятия решений в задачах многокритериальной оптимизации параметров сложных технических систем в условиях «неопределенности приоритетов», которая выражается в неопределенности весовых коэффициентов по выходным параметрам технической системы. Основу алгоритма составляют процедуры максимизации функции предпочтений лица, принимающего решение, и ее аппроксимации нейро-нечеткой сетью ANFIS. Рассмотрен пример реализации предложенной методики решения задачи многокритериальной оптимизации параметров сложных технических систем применительно к установке электро-импульсной обработки корневой системы томатов.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, математическая модель, векторный критерий, скаляризация, поддержка принятия решения, функция предпочтений, аппроксимация, ANFIS, томаты, корневая система, электро-импульсная обработка.

The main problems that arise in solving problems of multicriteria optimization of the parameters of complex technical systems are considered.

A scalarization scheme for vector optimality criteria is proposed, based on the complex application of the methods of maximin and average power convolutions, which allows obtaining a smooth optimality criterion and bypassing the negative effect of "jamming". The developed global optimality criterion is aimed at maximizing the margin with which the functional restrictions on the output parameters of the technical system are met, allows overcoming the "ravine" problem and obtaining a unique solution using the simplest smooth optimization algorithms.

An intellectual decision support algorithm is proposed in the problems of multicriteria optimization of the parameters of complex technical systems under the conditions of "uncertainty of priorities", which is expressed in the uncertainty of weight coefficients for the output parameters of the technical system. The basis of the algorithm is the procedure for maximizing the decision maker's preference function and its approximation by the neuro-fuzzy network ANFIS. An example of the implementation of the proposed methodology for solving the problem of multi-criteria optimization of the parameters of complex technical systems in relation to the installation of electric-pulse processing of the root system of tomatoes is considered.

Key words: multicriteria optimization, mathematical model, vector criterion, scalarization, decision support, preference function, approximation, ANFIS, tomatoes, root system, electro-pulse processing.

Введение

Одной из главных особенностей задачи параметрической оптимизации сложных технических систем является ее многокритериальность. На практике при решении многокритериальных оптимизационных задач возникает две проблемы. Первая проблема заключается в том, что большинство традиционных методов скаляризации векторных критериев оптимальности дают модифицированный критерий оптимальности, который не является гладким. В этих условиях обычные численные методы оптимизации, ориентированные на гладкие критерии оптимальности, оказываются неэффективными из-за так называемого эффекта «заклинивания». Вторая проблема заключается в том, что большин-

ство методов скаляризации векторных критериев оптимальности, таких как, например, методы свертки, требуют задания приоритетов (весовых коэффициентов) по каждому частному критерию оптимальности. На практике задание приоритетов не является тривиальной задачей и создает ситуацию неопределенности.

Основное направление для преодоления первой проблемы лежит в плоскости решения некорректных задач, для которых развиты методы регуляризации [1]. Практическая реализация этих методов встречает ряд трудностей, из-за необходимости проведения дополнительного функционального анализа, что связано с большими вычислительными затратами. Решение второй проблемы возможно введения функции предпочтений (ФП) лица, принимающего решение (ЛПР), с последующей ее аппроксимацией использованием различных методов теории методов искусственного интеллекта. Наиболее эффективными такими методами являются нечеткие и нейросетевые методы аппроксимации [2, 3].

Основная часть

Постановка задачи. Математическая модель сложной технической системы (СТС) имеет следующий вид:

$$y_i = f_i(x, a); \quad i = \overline{1, k}, \quad (1)$$

где $y_i; i = \overline{1, k}$ выходные параметры СТС, играющие роль частных критериев оптимальности; $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор режимно-конструктивных параметров СТС; $f_i; i = \overline{1, k}$ – заданные функции; a – параметры математической модели СТС, значения которых заранее известны.

Как правило, при параметрической оптимизации СТС на ее параметры накладываются следующие ограничения:

- 1) $y_i \leq t_i; y_j \geq t_j; y_l \leq t_l$ – функциональные ограничения на выходные параметры, определяющие условия работоспособности СТС;
- 2) $x_{j_{\min}} \leq x_j \leq x_{j_{\max}}; j = \overline{1, n}$ – прямые ограничения на режимно-конструктивные параметры СТС.

Перепишав функциональные ограничения на выходные параметры СТС в виде $g(x) \leq 0$, общую детерминированную задачу принятия решения по выбору вектора внутренних параметров при оптимальном параметрическом синтезе СТС можно формализовать следующим образом:

$$f_i(x, a) \underset{x \in \Omega_x}{\text{min}}; \quad (i = \overline{1, k}), \quad (2)$$

где $\Omega_x = \left\{ x \in R^n \mid g_i(x) \leq 0; i = \overline{1, k}; x_{j_{\min}} \leq x_j \leq x_{j_{\max}}; j = \overline{1, n} \right\}$ – множество допустимых решений.

Предположение того, что каждый из выходных параметров в выражении (2) необходимо минимизировать, не ограничивает общности постановки задачи параметрической оптимизации СТС, поскольку функциональные ограничения $y_i \leq t_i$ можно заменить на противоположные $y_i \geq t_i$ путем введения обратных функций, либо умножением обеих частей неравенства на -1.

Метод решения. Оптимизационная задача (2) не является стандартной в силу наличия векторного критерия оптимальности. Произведем редукцию исходной задачи с векторным критерием оптимальности (2) к однокритериальной оптимизационной задаче на основе комбинации методов максимальной и среднестепенной свертки [4]. Окончательно получим скалярный критерий оптимальности вида:

$$F(x) = \sum_{i=1}^k \exp[-\gamma \cdot \varphi_i(x, a)] \rightarrow \min; \quad \gamma = 1, 2, \dots \quad (3)$$

где D – множество допустимых решений, задаваемое функциональными ограничениями на внутренние параметры; $\varphi_i(x, a) = \alpha_i \left[(t_i - f_i(x, a)) / \delta_i - 1 \right] \geq 0$ – запас, являющийся оценкой степени выполнения функциональных ограничений на выходные параметры СТС $y_i \leq t_i, i = \overline{1, k}$; δ_i – оценка рассеяния i -го выходного параметра; α_i – весовые коэффициенты, определяющие относительную значимость отдельных выходных параметров СТС: $\alpha_i > 0; (\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1)$; $\gamma = 1, 2, \dots$ – целое число, используемое для управления сходимостью процедуры оптимизации.

Функциональные ограничения на управляющие параметры в множестве D могут быть получены из прямых ограничений на эти же параметры в множестве W_x с помощью соответствующих формул замены [5]. Например, может быть использована формула $x_j = x_{j\max} + (x_{j\min} - x_{j\max}) * \sin^2(x'_j)$, где x'_j значение j -го варьируемого параметра из множества Ω_x .

Применение на практике модифицированного критерия (3) позволяет не только осуществить скаляризацию векторного критерия оптимальности, но и преодолеть проблему «овражности» и в силу ограниченности и замкнутости множества D получить единственное решение, используя при этом простейшие алгоритмы гладкой оптимизации [6].

Основная проблема при решении задачи (3) заключается в том, что значения $\alpha_i, i = \overline{1, k}$ могут быть заранее неизвестны, что приводит к неопределенности приоритетов. В этом случае общая постановка многокритериальной оптимизационной задачи (2) может быть сформулирована следующим образом. Пусть задана векторная функция $\Psi(x, a) = (f_1(x, a), f_2(x, a), \dots, f_k(x, a))$, компонентами которой являются частные критерии оптимальности и, которая определена на множестве альтернатив W_x вектора варьируемых параметров x . Необходимо найти такое решение на множестве W_x , которое минимизировало бы все компоненты вектор-функции $\Psi(x, a)$.

При каждом фиксированном векторе $A = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k)$, свертки сводит решение задачи (3) к решению однокритериальной оптимизационной задачи вида:

$$\min_{x \in OD} F(x, A) = F(x^*, A), \quad (4)$$

решение которой, как было показано выше, существует.

Обозначим множество достижимости задачи (множество, в которое векторный критерий оптимальности отображает множество W_x) как Ω_Ψ ; фронт Парето задачи - Ω_Ψ^* , $\Omega_\Psi \subset \Omega_\Psi^*$; множество Парето - Ω_x^* . Если $x \in \Omega_x^*$, то будем считать, что вектор x - эффективный по Парето вектор [7].

Если при каждом $A \in D_A = \{A | \alpha_i \leq 0, \sum_{i=1}^k \alpha_i = 1\}$ решение задачи (4) единственно, то это означает, что каждому из допустимых векторов A соответствует единственный вектор x^* и соответствующие значения частных критериев оптимальности $f_1(x, a), f_2(x, a), \dots, f_k(x, a)$. Исходя из этого, можно построить некоторую функцию предпочтения $\zeta(A)$ лица, принимающего решение, определенную на множестве $D_A: \zeta: A \rightarrow R$. Тогда задача многокритериальной оптимизации сводится к выбору такого $A^* \in D_A$, при котором $\max_{A \in D_A} \zeta(A) = \zeta(A^*)$.

Будем считать, что ζ является лингвистической переменной, принимающей $e = 5$ конечных значений: «Very bad», «Bad», ..., «Very Well». Ядро нечеткой переменной ζ is обозначим ζ^0 [8] и введем следующее соответствие: значению ζ «Very bad» соответствует $\zeta^0 = 1$, значению ζ «bad» соответствует $\zeta^0 = 2$, значению ζ «Average» соответствует $\zeta^0 = 3$, значению ζ «Well» соответствует $\zeta^0 = 4$ и значению ζ «Very Well» соответствует $\zeta^0 = 5$.

Таким образом, задача многокритериальной оптимизации сводится к отысканию вектора $A^* \in D_A$, обеспечивающего максимум дискретной функции $\zeta(A)$:

$$\max_{A \in D_A} \zeta(A) = \zeta(A^*), \quad (5)$$

т.е. к аппроксимации функции предпочтения лица, принимающего решение.

Общая схема решения такой задачи носит итерационный характер и имеет несколько этапов [9].

На первом этапе случайным или каким-либо другим образом генерируется n векторов A_1, A_2, \dots, A_m . Порядок следующих действий сводится к следующему.

1) Решается однокритериальная задача:

$$\min_{x \in OD} F(x, A_l) = F(x^*, A_l), \quad l = \overline{1, m}. \quad (6)$$

2) Выводятся найденные значения $x_l^*; l = \overline{1, m}; f_i(x_l^*); i = \overline{1, k}$.

3) Оцениваются полученные значения $f_i(x_l^*); i = \overline{1, k}; l = \overline{1, m}$ и вводятся значения функции предпочтения $z(A_l); l = \overline{1, m}$.

На втором этапе на основе значений A_1, A_2, \dots, A_m и оценок $z(A_l); l = \overline{1, m}$ выполняются следующие действия:

1) Строится функция $\tilde{\zeta}_1(A)$ аппроксимирующая $\zeta(A)$ в окрестности точек A_1, A_2, \dots, A_m ;

2) Решается однокритериальная задача

$$\max_{A \in D_A} \tilde{\zeta}_1(A) = \tilde{\zeta}(A_1^*); \quad (7)$$

3) Решается однокритериальная задача $\min_{x \in OD} F(x, A_1^*) = F(x^*, A_1^*)$;

4) Выводятся найденные значения $x^*; f_i(x^*); i = \overline{1, k}$;

5) Оцениваются полученные значения $f_i(x^*); i = \overline{1, k}$ и вводится значение функции предпочтения $\zeta(A_1^*)$.

На третьем этапе на основе имеющихся значений $A_1, A_2, \dots, A_m, A_1^*$ и соответствующих оценок функции предпочтения $\zeta(A_1), \zeta(A_2), \dots, \zeta(A_k), \zeta(A_1^*)$ выполняется аппроксимация функции $\zeta(A)$ в окрестности точек $A_1, A_2, \dots, A_m, A_1^*$, в результате которой строится функция $\tilde{\zeta}_2(A)$.

Далее процедура продолжается по схеме второго этапа до тех пор, пока лицом, принимающим решение, не будет принято решение о прекращении вычислений. На каждой итерации допускается «откат» с целью изменения введенных ранее оценок своей функции предпочтения.

При использовании адаптивной нейро-нечеткой сети ANFIS для аппроксимации ФВ ЛПП система вывода функционально эквивалентна нечеткой системе вывода Сугено, которая реализуется за два шага [10]. На первом шаге осуществляется формирование базы знаний, построение нечеткой системы вывода Сугено и грубая настройка модели. На втором шаге осуществляется тонкая настройка модели, состоящая в подборе таких значений параметров функции принадлежности, которые минимизируют разницу между физическими и модельными значениями выходной переменной.

Предположим, что было выполнено N экспериментов для определения значений логической переменной ζ , в результате чего в n_1 экспериментах переменная ζ приняла значение ζ_1 , в n_2 экспериментах – значение ζ_2 , и т.д. как прежде n_e и ζ_e .

Обозначим вектора входа A как

$$A_{i,j} = (\alpha_{i,j,1}, \alpha_{i,j,2}, \dots, \alpha_{i,j,k}) \in D_A, i = \overline{1, e}, j = \overline{1, n_i}.$$

Обозначим матрицу знаний. $\{\alpha_{i,j,l}, i = \overline{1, e}, j = \overline{1, n_i}, l = \overline{1, k}\}$ в виде

$$\bigcup_{j=1}^{n_i} \left(\bigcap_{l=1}^k (\alpha_j = \alpha_{i,j,l}) \right) \rightarrow \zeta_i = a_{0i} + a_{1i}\alpha_1 + a_{2i}\alpha_2; i = \overline{1, e}. \quad (8)$$

База знаний Сугено имеет отличие от базы знаний Мамдани в том, что заключения правил задаются не нечеткими терминами, а линейной функцией входов.

При использовании алгоритма Сугено первый этап его реализации применительно к задаче аппроксимации функции $\zeta(A)$ совпадает с алгоритмом вывода Мамдани и включает следующие операции: фаззификацию, агрегирование, активацию, аккумуляцию, дефаззификацию [10]. На втором этапе производится тонкая настройка модели $\zeta(A)$, которая заключается в настройке параметров функции принадлежности на основе обучающего множества, осуществляется при помощи нейронной сети, приведенной на рис. 1. Назначение слоев нейронной сети систематизированы в табл. 1.

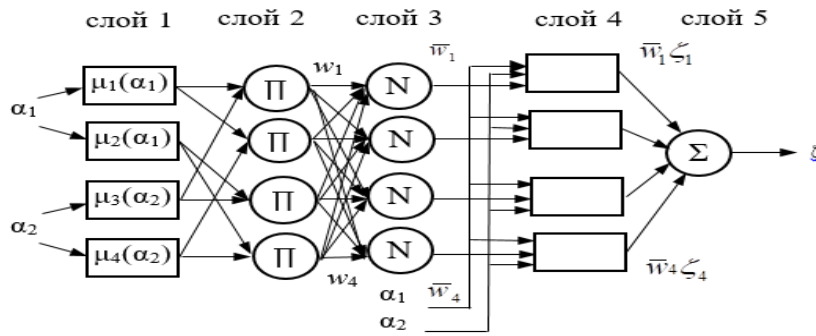


Рис. 1. Структура нейро-нечеткой сети ANFIS

Таблица 1. Назначение слоев нейронной сети ANFIS

Номер слоя	Назначение нейронов слоя	Выход слоя
1	Представление термов входных переменных	Значения функций принадлежности $\mu_1(\alpha_1), \mu_2(\alpha_1), \mu_3(\alpha_2), \mu_4(\alpha_2)$
2	Антецеденты нечетких правил	Степени истинности предпосылок W_1, W_2, W_3, W_4 правил базы знаний системы
3	Нормализация степеней выполнения правил	Отношения степени истинности предпосылок $\bar{w}_1, \bar{w}_2, \bar{w}_3, \bar{w}_4$ правил к сумме степеней предпосылок всех правил $\bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^4 w_i}$
4	Вычисление заключений правил	$\bar{w}_1\zeta_1, \bar{w}_2\zeta_2, \bar{w}_3\zeta_3, \bar{w}_4\zeta_4$; $\zeta_i = a_{0i} + a_{1i}\alpha_1 + a_{2i}\alpha_2$; $\{a_{0i}, a_{1i}, a_{2i}\}$ - параметры вывода
5	Агрегирование результата, полученного по различным правилам	Выходное значение сети ζ

Для обучения сети ANFIS на различные практике используются методы: метод обратного распространения ошибки, гибридный метод и эволюционные алгоритмы [12].

Для оценки погрешности нечеткой нейронной сети используется функция ошибки

$$\Omega(a, b, a_0, a_1, a_2) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\zeta(A_i) - \bar{\zeta}(A_i))^2 \rightarrow \min_{a, b, A} \quad (9)$$

где $\zeta(A_i)$, $\bar{\zeta}(A_i)$ – фактическое значение выходной переменной и результат нечеткого логического вывода в точке A_i ; a, b – параметры функций принадлежности первого слоя нечеткой нейронной сети; $A = \{a_0, a_1, a_2\}$ – множество параметров четвертого слоя нечеткой нейронной сети.

По мере решения задачи оптимизации система вывода ANFIS приобретает новые знания, что приводит к необходимости изменения топологии нечеткой нейронной сети. Модификация топологии нечеткой нейронной сети может быть осуществлена по методике, предложенной в работе [11].

Практическое применение. Описанная выше методика для решения многокритериальной оптимизационной задачи была реализована в отношении технической системы экологически чистой защиты плодовых растений от паразитов. В частности, рассмотрена техническая система электро-импульсной обработки томатов для борьбы с корневой нематодой [3].

Математическая модель процесса электро-импульсной обработки томатов в безразмерном масштабе имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} y_1 &= 1.587 - 0.537 * x_1 - 0.460 * x_2 - 1.365 * x_3 + 0.299 * x_1^2 + 0.671 * x_2^2 + 1.551 * x_3^2; \\ y_2 &= 1400 + 50 * A_1^2 * A_2, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\text{где } x_i = \frac{z_i - z_i^0}{\Delta z_i}; \quad i = \overline{1, 3}; \quad z_i^0 = \frac{(z_{i\max} + z_{i\min})}{2}; \quad \Delta z_i = \frac{(z_{i\max} - z_{i\min})}{2}; \quad A_1 = 2500 * x_1 + 3500;$$

$A_2 = (936 * x_3 + 1064) * 10^{-10}$; z_1 – электрическое напряжение на выходе трансформатора, В; z_2 – длитель-

ность электрического импульса, сек.; z_3 – емкость конденсатора, пФ; y_1 – коэффициент омертвления, %; y_2 – мощность, потребляемая технической системой, Вт.

Задача оптимизации процесса обработки растений электрическим разрядом имеет следующую постановку

$$\begin{aligned} y_1(z) &\rightarrow \min_{z \in \Omega_z}; \\ y_2(z) &\rightarrow \min_{z \in \Omega_z}, \end{aligned} \quad (11)$$

где $\Omega_z = \{z \in R^n \mid g_1(z) \leq 0; g_2(z) \leq 0; z_{j\min} \leq z_j \leq z_{j\max}; j = \overline{1,3}\}$ – множество допустимых решений; $z_{j\min} \leq z_j \leq z_{j\max}; j = \overline{1,3}$ – прямые ограничения на входные параметры технической системы; $g_1(z) \leq 0; g_2(z) \leq 0$ – функциональные ограничения на выходные параметры процесса $y_1 - t_1 \leq 0; y_2 - t_2 \leq 0; t_1, t_2$ – заданные значения.

При переходе к безразмерному масштабу множество допустимых решений определяется как:

$$\begin{aligned} W = Y \exists X = \{Y \text{ OR } R^k \mid y_1 \text{ J } t_1; y_2 \text{ J } t_2; t_1 = 1,5 \%; t_2 = 1500 \text{ W}; \\ X \text{ OR } R^n \mid 1.215 \text{ J } x_i \text{ J } 1.215; i = \overline{1,3}\}. \end{aligned} \quad (12)$$

Оценки рассеяния значений выходных параметров выбирались следующим образом: по параметру $y_1(z)$ $d_1 = 0.01$, по параметру $y_2(z)$ $d_2 = 10$. Множество достижимости приведено на рис. 2.

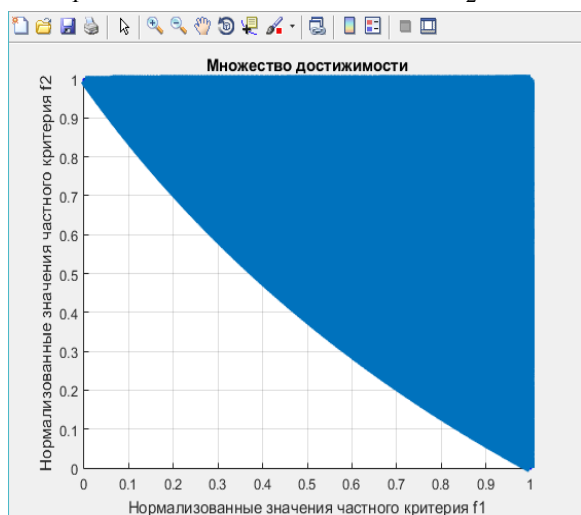


Рис. 2. Множество достижимости

Задача оптимизации в постановке (3) решалась методом покоординатного спуска, задача (5) определения максимума значений функции $\zeta(A)$ решалась методом золотого сечения.

Программная реализация задачи многокритериальной оптимизации процесса электро-импульсной обработки томатов осуществлялась в программной среде MATLAB 9.7.0 на персональном компьютере с процессором DualCore Intel Pentium G4560, 3500 ГГц и оперативной памятью 8 Гбайт. Построение и обучение нейро-нечеткой сети ANFIS осуществлялось в следующей последовательности.

Шаг 1. Было выбрано количество «разгонных» решений n , равное шести: A_1, A_2, \dots, A_6 . Причем, крайние значения A_1, A_6 выбирались на границах области изменения весового коэффициента α_1 ; $\alpha_2 = 1 - \alpha_1$, а средние значения A_2, A_3, \dots, A_5 генерировались случайным образом.

Шаг 2. Осуществлялось решение задачи многокритериальной оптимизации в постановке (3) в сгенерированных точках. Результат решения задачи многокритериальной оптимизации отражен в таблице 2. По данным табл. 2 был сформирован файл NTrain, в которых были помещены данные для обучения нейро-нечеткой сети ANFIS.

Шаг 3. Загружался редактор нейро-нечеткой сети ANFIS командой anfisedit и выборка обучающих данных загружалась из файла NTrain.dat. Открывающееся окно редактора показано на рис. 3.

Таблица 2. Результат решения задачи (3) для сгенерированных точек

Номер итерации	α_1	y_1	y_2	ζ
1	0	5.1047568443647364	1400.8827636960002	2
2	0.32	1.0750077064829138	1530.0137542173500	3
3	0.12	1.3958051053281146	1445.3261712921521	5
4	0.59	0.98763860425667394	1588.7361794377134	3
5	0.26	1.1235524778705630	1511.6352390201871	3
6	1	0.96672483777880258	1643.5552385593733	2

Шаг 4. Осуществлялась генерация структуры системы нечеткого вывода FIS типа Сугено, которая выполнялась после нажатия кнопки Generate FIS. После этого открывалось диалоговое окно с указанием числа и типа функций принадлежности для отдельных термов входных переменных и выходной переменной, приведенных на рис. 4.

Шаг 5. Осуществлялся выбор типа функций принадлежности, в нашем случае gaussmf – функция распределения Гаусса. При нажатии кнопки Structure осуществлялась визуализация структуры, полученной в результате системы нечеткого вывода FIS, которая приведена на рис. 5.

Шаг 6. Был выбран метод обучения гибридной сети, в нашем случае hybrid- комбинация методов наименьших квадратов и убывания обратного градиента. При этом уровень ошибки обучения – Error Tolerance по умолчанию задавался равным нулю. Количество циклов обучения – Epochs задавалось равным 40. После нажатия кнопки Train Now осуществлялась визуализация хода процесса обучения в окне, показанном на рис. 6.

Также становится возможным получить доступ к графическому редактору FIS, графическому интерфейсу для просмотра правил и графическому интерфейсу для просмотра поверхности сгенерированной системы нечеткого вывода.

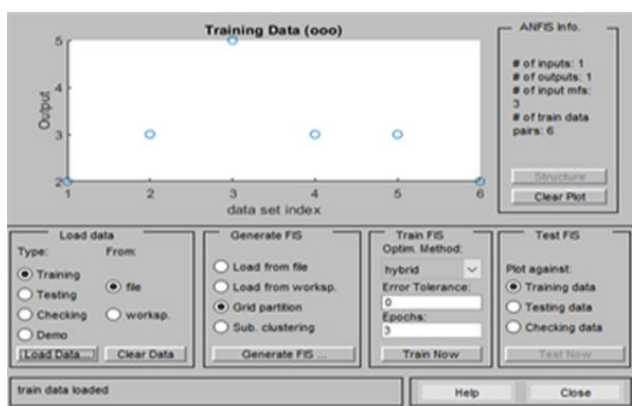


Рис. 3. Окно редактора нейро-нечеткой сети ANFIS

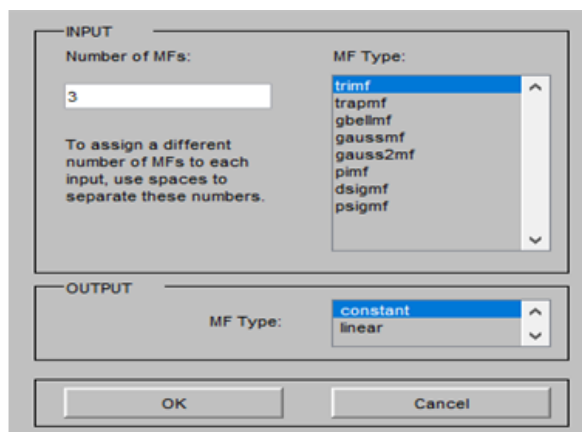


Рис. 4. Окно редактора нейро-нечеткой сети ANFIS

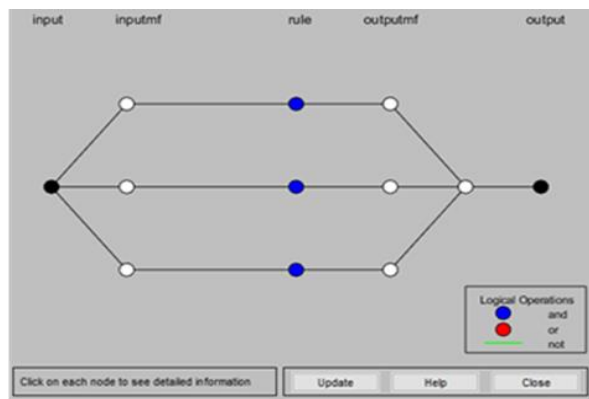


Рис. 5. Структура нейро-нечеткой сети

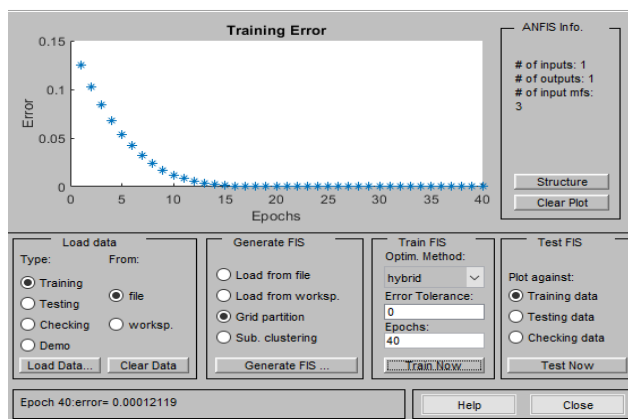


Рис. 6. График процесса обучения

После трех дополнительных итераций был получен окончательный результат, который приведен в табл. 3.

Таблица 3. Результат решения задачи (5)

Номер итерации	α_1	y_1	y_2	ζ
1	0	5.1047568443647364	1400.8827636960002	2
2	0.32	1.0750077064829138	1530.0137542173500	3
3	0.12	1.3958051053281146	1445.3261712921521	5
4	0.59	0.98763860425667394	1588.7361794377134	3
5	0.26	1.1235524778705630	1511.6352390201871	3
6	1	0.96672483777880258	1643.5552385593733	2
7	0.110	1.4344381614368813	1449.2470500028558	5
8	0.115	1.4145439760325877	1451.8033668132491	5
9	0.102	1.4684684525152787	1445.1430662691575	5

Графический интерфейс для просмотра правил, сгенерированных на девятом шаге итераций системы нечеткого вывода, показан на рис. 7. Функция предпочтения лица, принимающего решения, на девятом шаге итераций после сглаживания кубическим сплайном показана на рис. 8.

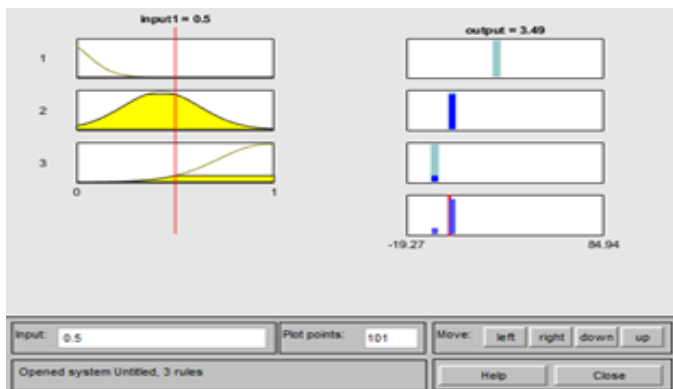


Рис. 7. Интерфейс сгенерированных

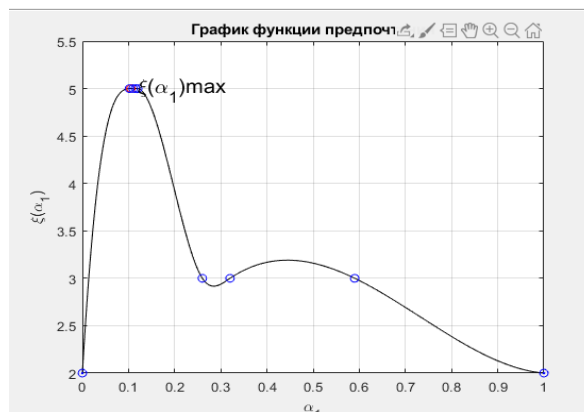


Рис. 8. Вид функции принадлежности на девятом шаге итераций Р и с. 1. Структура нейро-нечеткой сети ANFIS

Окончательный результат решения многокритериальной задачи оптимизации электроимпульсной обработки томатов заключается в следующем: $\alpha_1 = 0.102$; $\alpha_2 = 0.898$; $x_1 = -0.4797$; $x_2 = 0.4285$; $x_3 = 0.4449$; $z_1 = 2540$ В; $z_2 = 0.167$ сек.; $z_3 = 1397$ Пф; $y_1 = 1.46$ % и $y_2 = 1445$ Вт.

Заключение

1. Предложенная методика оптимального параметрического синтеза технических систем позволяет обойти вычислительные трудности, связанные с многокритериальностью и некорректностью задачи.

2. Описанный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений дает возможность решения задачи многокритериальной оптимизации параметров технических систем в условиях неопределенности приоритетов по частным критериям оптимальности.

3. Программная реализация разработанного интеллектуального алгоритма многокритериальной оптимизации на примере системы электроимпульсной обработки сельскохозяйственных растений показала его высокую эффективность и работоспособность. Таким образом, можно сделать вывод о перспективности широкого применения предложенных методики и интеллектуального алгоритма в решении задач многокритериальной оптимизации различных технических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов, А. Н., Гончарский А. В., Степанов В. В., Ягола А. Г. Регуляторные алгоритмы и априорная информация, М., Наука, 1990. – 230 с.
2. Кабильджанов, А. С. Нечеткая аппроксимация в задачах оптимального параметрического синтеза технических объектов. – журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, № 5. – 2016. – С. 23–32.
3. A. S. Kabilidjanov, E. O. Bozgorov, Ch.Z. Okhunboboeva. Optimization and Simitation of the Process Electro Impulse Treatment of Plants/ Exploring Innovation | ISSN: 2249-8958 (Online) | Reg. No.: C/819981 | Published By BEIESP | B Impact Factor: 5.97 | Scopus Journal Inter-national Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Volume-9 Issue-1, October 2019 P. 4850–4853.
4. Кабильджанов, А. С. Принятие решений при статической оптимизации биотехнологических процессов в условиях частичной неопределенности. Журнал «Проблемы вычислительной и прикладной математики», Ташкент, № 1, 2015. – С. 94–101.
5. Черноуцкий, И. Г. Оптимальный параметрический синтез. Электротехнические устройства и системы. – Л.: Энергоиздат, 1987. – 110 с.
6. Ларичев, О. И., Горвиц Г. Г. Методы поиска локальных экстремумов овражных функций. М.: Наука, 2003. – С. 5–12.
7. Моисеев, Н. Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
8. Леоненков, А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. Леоненков. - СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
9. Мухлисуллина, Д. Т., Моор Д. А., Карпенко А. П. Многокритериальная оптимизация на основе нечеткой аппроксимации функции предпочтений лица, принимающего решения // Электронное научно-техническое издание: наука и образование. – 2010. – № 1. (<http://technomag.edu.ru/doc/135375.html>).
10. Карпенко, А. П., Мур Д. А., Мухлисуллина Д. Т. Нейронные сети, нечеткие и нейро-нечеткие приближения в задаче многокритериальной оптимизации // Электронное научно-техническое издание: наука и образование. – 2010. – № 6. – С. 60–66.
11. Круглов, В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов В. В. Борисов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.
12. Дьяконов, В. П., Круглов В. В. MATLAB 6.5 SP1 / 7/7 SP1 / 7 SP2 + Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатика. Серия «Профессиональная библиотека». М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010. – 456 с.

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

КОНСТАНТИНОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
(к 70-летию со дня рождения)

В. В. ВЕЛИКАНОВ, А. В. КОЛМЫКОВ, И. В. ШАФРАНСКАЯ, Л. В. ПАКУШ

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и
Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

(Поступила в редакцию 15.07.2023)

15 августа текущего года ученый в области аграрной экономики, доктор экономических наук, профессор Сергей Александрович Константинов отметил свое 70-летие. К своему юбилею Сергей Александрович пришел с определенными достижениями.

Сергей Александрович Константинов родился в семье военнослужащего. Отец Константинов Александр Никандрович служил в те годы в д. Болбасово Оршанского района Витебской области в дальней авиации техником по обслуживанию самолетов, что, конечно, оказало влияние на формирование характера мальчика – он хотел быть и летчиком, и космонавтом, и капитаном корабля дальнего плавания. ... Для всей семьи Сергея Александровича его родители были примером трудолюбия, честности, отзывчивости. Он с теплотой всегда вспоминает о родителях. Отец – Александр Никандрович работал главным экономистом совхоза «Кимрский» Кимрского района Тверской области, во время войны был партизаном отряда «Комсомол» бригады «За Советскую Белоруссию», участвовал во взятии Берлина, награжден Орденом Отечественной Войны II степени, 15 медалями. Мать – Константинова Мария Ивановна, награждена 7 медалями, в т. ч. медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной Войне 1941–1945 гг.». До пенсии Мария Ивановна работала экономистом совхоза «Кимрский». Мечты и реальность жизни – мальчик растет и начинает осмысливать, что «хлеб всему голова» – его надо выращивать, сохранять и дарить людям счастье и в этом движении мыслей и желаний помогает его отец – студент Белорусской сельскохозяйственной академии. И вот в 1970 году Сергей Александрович поступает на 1 курс экономического факультета Белорусской сельскохозяйственной академии и в 1975 году с отличием заканчивает академию. Студенческие годы чудесные, позволившие юбиляру прекрасно учиться, заниматься наукой. В период обучения в академии Сергей Александрович занимался студенческой научной работой, обучался на факультете общественных профессий, занимался спортом: награжден дипломом первой степени Министерства высшего и среднего образования БССР за работу по экономике и второй степени за работу «Эстетика Н. Г. Чернышевского», почетной грамотой и дипломом СНО БСХА; стал чемпионом академии по спортивной гимнастике (I разряд), получил золотой значок ГТО IV ступени и, что интересно, получил общественную специальность – руководитель кружка бального танца. Курс, где учился Сергей Александрович, прославился и такими именами, как А. В. Серяков, Р. П. Егорченкова, Р. Шарич, В. В. Борисенко. Дружба студенческих лет продолжается и сегодня. Трудовую деятельность С.А. Константинов начал в 1975 году главным экономистом колхоза «Чырвоны дазор» Лельчицкого района Гомельской области. Но в борьбе – быть ученым, преподавателем либо посвятить себя практическому служению Родине – победила, конечно, наука. Уже почти 50 лет, с 1975 года и поныне судьба Сергея Александровича связана со старейшим учебным заведением Республики Беларусь – Белорусской государственной орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академией. Учителями педагогического мастерства С. А. Константинова, которые поселили в душе Сергея Александровича зерно огромной любви к науке, постоянному поиску ответов на многие происходящие события в стране и мире, являются И. Ш. Горфинкель, Л. А. Дыленок, Б. А. Воронков, П. К. Белобородов. Вполне закономерно, что молодой, энергичный С. А. Константинов вскоре был замечен и выдвинут на руководящую комсомольскую работу. В 1977 году он избран секретарем комитета комсомола академии, за успешную работу награжден тремя грамотами обкома ЛКСМБ, грамотой ЦК ВЛКСМ и почетным знаком ЦК ВЛКСМ. Все это не просто записи в трудовой книжке, это ступени возмужания, ступени доверия, его творческого роста. Надо отдать должное Сергею Александровичу: где бы он ни работал, какую бы должность не занимал, он всегда находил время для самообразования. С 1977 года по 1981 год С. А. Константинов обучался в аспирантуре без отрыва от производства, активно и много штудировал научные труды по экономике, что позволило ему успешно защитить кандидатскую диссертацию в 1983 году на тему: «Совершенствование методики выявления внутрихозяйственных резервов повышения эффективности использования производственных

ресурсов на примере колхозов Могилевской области». С 1996 по 1999 годы учился в очной докторантуре при Белорусском НИИ экономики и информации АПК.

В 2002 году защитил докторскую диссертацию на тему «Факторы и резервы повышения эффективности сельского хозяйства Беларуси (теория, методология и практические аспекты)». С. А. Константинов развил теоретические положения об эффективности сельского хозяйства, в частности, конкретизировал её критерии и показатели, выявил закономерности изменения основных показателей эффективности сельского хозяйства в зависимости от объёмов производства, выделил и систематизировал существенные факторы эффективности сельского хозяйства, выявил взаимосвязи между различными видами потерь и резервами роста эффективности, разработал методологию и методику определения потерь и внутренних резервов эффективности использования производственных ресурсов, обосновал методику определения оптимального размера крупного товарного сельскохозяйственного предприятия страны, разработал теоретические и практические рекомендации рационального соотношения основного и оборотного капитала в отрасли сельского хозяйства и оптимизации численности управленческого аппарата, обосновал методологические подходы совершенствования экономических отношений в АПК.

В 2003 году ВАК Республики Беларусь присвоил ему звание доктора экономических наук, в 2015 году присвоено звание профессор по специальности «Экономика». Коллектив кафедры, принявший Сергея Александровича в свои ряды, особый: неповторимая морально-психологическая атмосфера, дружелюбие и в то же время критическое отношение к себе и товарищам, принципиальность и аргументированность в обсуждении проблем. Для молодых преподавателей настоящими учителями были – В. В. Быстров, О. К. Равовая, В. Т. Лукьянов, Л. А. Дыленок. Все это позволило Сергею Александровичу сформировать личностную потребность в служении Отечеству, моральную ответственность перед обществом и людьми. У Сергея Александровича педагогическая и научная работа постоянно дополняли друг друга. У профессора С. А. Константинова есть научно-педагогическая школа, в настоящее время он руководит магистрантами и аспирантами кафедры. Основные результаты исследований, выполненных Сергеем Александровичем, опубликованы в более чем 200 научных и методических работах в отечественных и зарубежных изданиях.

С. А. Константинов является автором и соавтором 5 монографий: Вопросы теории эффективности сельского хозяйства (1997 г.), Потери и резервы эффективности производства в аграрном комплексе (теория и практические аспекты) (1998 г.), Факторы и резервы повышения эффективности сельского хозяйства Беларуси (теория, методология и практические аспекты) (2003 г.), Эффективные технологии казачьих станиц, хуторских и фермерских хозяйств, сельскохозяйственных кластеров: технологии, методы, практика (2014 г.), Материальное стимулирование экономической эффективности производства в молочном скотоводстве (2015 г.).

Сергеем Александровичем единолично и в соавторстве были подготовлены и изданы для студентов высших учебных заведений 10 учебных пособий: Основы экономической теории (1995 г.), Государственное регулирование сельского хозяйства (1998 г.), Микроэкономика (2006 г.), Микроэкономика (2007 г.), Макроэкономика (2007 г.), Макроэкономика (2009 г.), Теория эффективности сельского хозяйства (2013 г.), Макроэкономика (2016 г.), Обязательный модуль «Экономика» (2017 г.), Экономика. Интегрированный модуль (2022 г.).

С 2004 года и поныне С. А. Константинов заведует кафедрой экономической теории. Сергей Александрович ведет активную общественную жизнь. На протяжении всего творческого пути активно и плодотворно занимается научно-организационной деятельностью, является членом ученого Совета академии, членом методической комиссии экономического факультета, членом научного проблемного Совета, членом специализированного совета по защите кандидатских диссертаций, 6 лет был ученым секретарем специализированного совета по защите диссертаций, членом координационного совета академии по гуманитаризации, редакционной коллегии сборника научных трудов «Проблемы экономики», включенного Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим наукам (вопросы аграрной экономики).

За личный выдающийся вклад в развитие науки и подготовку специалистов высшей квалификации С. А. Константинов избран академиком Международной академии аграрного образования (МАО).

За большую плодотворную научную, учебно-педагогическую, воспитательную и общественно-идеологическую работу многократно награждался грамотами, дипломами Министерства образования, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, облисполкомов, академии. С. А. Константинов награждён нагрудным знаком Министерства образования «Выдатнік адукацыі», медалью Францыска Скарыны.

Сергей Александрович – глубокий исследователь, талантливый и целеустремленный, доброжелательный и отзывчивый человек. В год своего юбилея Сергей Александрович полон сил и творческих замыслов. Хотелось бы отметить, что Сергей Александрович будет продолжать фундаментальные и прикладные исследования по проблеме эффективности аграрного сектора экономики. В заключение хочется пожелать юбиляру крепкого здоровья, талантливых учеников, неиссякаемого оптимизма и новых побед!

Научно-методический журнал «Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии» публикует результаты научных исследований сотрудников УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», других научных учреждений и организаций в области аграрной экономики, земледелия, селекции, растениеводства, мелиорации и землеустройства, механизации и сельскохозяйственно-го машиностроения, инновационных образовательных технологий.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научная статья, написанная на белорусском, русском или английском языках, должна являться оригинальным произведением, неопубликованным ранее в других изданиях.

Статья присылается в редакцию в распечатанном виде на бумаге формата А4 и в электронном варианте отдельным файлом на флеш-карте, либо высылается на электронный адрес редакции: vestnik-bгаа@yandex.ru.

К статье должны быть приложены: рецензия-рекомендация специалиста в соответствующей области, кандидата или доктора наук; **сопроводительное письмо** дирекции или ректората соответствующего учреждения (организации); **контактная информация:** фамилия, имя, отчество автора, занимаемая должность, ученая степень и звание, полное наименование учреждения (организации) с указанием города или страны, номер телефона и адреса (почтовый и электронный). Если статья написана коллективом авторов, сведения должны подаваться по каждому из них отдельно.

Требования, предъявляемые к оформлению статей: объем 14000–16000 печатных знаков (считая пробелы, знаки препинания, цифры и т.п., или 4–5 страниц воспроизведенного авторского иллюстрационного материала); набор в текстовом редакторе **Microsoft Word**, шрифт **Times New Roman**, размер шрифта 11, через 1 интервал, абзацный отступ 0,5 см; список литературы, аннотация, таблицы, а также индексы в формулах набираются 9 шрифтом; поля: верхнее, левое и правое – 20 мм, нижнее – 25 мм, страницы не должны быть пронумерованы: номера страниц проставляются карандашом на оборотной стороне листа; ориентация страниц только книжная; использование автоматических концевых и обычных сносок в статье не допускается; **таблицы** набираются непосредственно в программе Microsoft Word и нумеруются последовательно, ширина таблиц – 100 %; **формулы** составляются в редакторе формул MathType (собственным редактором формул Microsoft Office 2007 и выше пользоваться нельзя, т. к. в редакционно-издательском процессе он не поддерживается); греческие буквы необходимо набирать прямо, латинские – курсивом; **рисунки** вставляются в текст в формате JPEG или TIFF (разрешение 300–600 dpi, формат не более 100x150 мм); **список литературы** должен быть оформлен в соответствии с действующими требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь; ссылки на цитируемую в статье литературу нумеруются в порядке цитирования, порядковые номера ссылок пишутся внутри квадратных скобок с указанием страницы (например, [1, с. 125], [2]). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Структура статьи:

индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК);

название должно отражать основную идею выполненных исследований, быть по возможности кратким;

инициалы и фамилия автора (авторов);

аннотация (200–250 слов) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи;

ключевые слова (рекомендуемое количество – 5–7);

введение должно указывать на нерешенные части научной проблемы, которой посвящена статья, сформулировать ее цель (содержание введения должно быть понятным также и неспециалистам в исследуемой области);

анализ источников, используемых при подготовке научной статьи, должен свидетельствовать о достаточно глубоком знании автором (авторами) научных достижений в избранной области, автору (авторам) необходимо выделить новизну и свой вклад в решение научной проблемы, следует при этом ссылаться на оригинальные публикации последних лет, включая и зарубежные; **а также учитывать опыт ученых БГСХА, что должно быть отражено при оформлении пристатейного списка литературы;** здесь же указывается цель исследования;

основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами), полученные

результаты должны быть проанализированы с точки зрения их достоверности и научной новизны и сопоставлены с соответствующими **известными** данными;

заключение должно в сжатом виде показать основные полученные результаты с указанием их научной новизны и ценности, а также возможного применения с указанием при необходимости границ этого применения.

В конце статьи автору (авторам) необходимо поставить дату и подпись.

Редколлегия оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие профилю и требованиям журнала, содержащие устаревшие (5–7-летней давности) результаты исследований, однолетние данные и оформленные не по правилам.

Статьи аспирантов, докторантов и соискателей последнего года обучения публикуются вне очереди при условии их полного соответствия данным требованиям. Единоличные статьи аспирантов, докторантов и соискателей предоставляются с подписью научного руководителя.

Редакционная коллегия журнала осуществляет дополнительное рецензирование поступающих рукописей статей (двойное слепое рецензирование: автор не знает рецензента, рецензент не знает автора). Возвращение статьи автору на доработку не означает, что она принята к печати, переработанный вариант снова рассматривается редколлекцией.

Датой поступления считается день получения редакцией окончательного варианта статьи. Редакция может принять решение о публикации статьи без рецензирования, если качество представленного исследования дает достаточно оснований для такой оценки. Публикация статей в журнале бесплатная. Ответственность за точность представленных материалов несут авторы и рецензенты, за направление в редакцию уже ранее опубликованных статей или статей, принятых к печати другими изданиями, – авторы.

Подавая статью в редакцию журнала, автор подтверждает, что редакции передается бессрочное право на оформление, издание, передачу журнала с опубликованным материалом автора для целей реферирования статей из него в любых Базах данных, распространение журнала/авторских материалов в печатных и электронных изданиях, включая размещение на выбранных, либо созданных редакцией сайтах в сети интернет, в целях доступа к публикации любого заинтересованного лица из любого места и в любое время, перевод статьи на любые языки, издание оригинала и переводов в любом виде и распространение по территории всего мира, в том числе по подписке.

Статьи, не отвечающие вышеперечисленным требованиям, редакцией не рассматриваются (без дополнительного информирования автора).

Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить редакционную правку.

Редакционный совет

Великанов В. В., кандидат ветеринарных наук, доцент, ректор учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (Беларусь).

Папаскири Т. В., доктор экономических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, врио ректора Государственного университета по землеустройству, заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации, почётный землеустроитель России, эксперт РАН, член-корреспондент РАЕН, действительный член МАНПО (Россия).

Казарян Э. С., доктор экономических наук, профессор, президент Центра аграрной науки, образования и инноваций (Армения).

Титова В. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агрохимии и агроэкологии биоэкологического факультета Нижегородского государственного агротехнологического университета, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации (Россия).

Адилов М. М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры плодовоовощеводства и виноградарства Ташкентского государственного аграрного университета (Узбекистан).

Завалин А. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии наук, научный руководитель ФГБНУ «ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова», заместитель академика-секретаря Отделения сельскохозяйственных наук РАН, руководитель Секции земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства РАН (Россия).

Редакционная коллегия

Главный редактор Великанов В. В., кандидат ветеринарных наук, доцент, ректор учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

Зам. главного редактора Колмыков А. В., доктор экономических наук, доцент, первый проректор.

Члены редколлегии

Буць В. И., доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры математического моделирования экономических систем агропромышленного комплекса.

Бушуева В. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры селекции и генетики.

Вильдфлуш И. Р., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрохимии, лауреат Государственной премии Республики Беларусь.

Демичев Д. М., доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой теории и истории права учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет».

Дубежинский Е. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий межвузовской научно-исследовательской лабораторией мониторинга и управления качеством высшего аграрного образования.

Желязко В. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой мелиорации и водного хозяйства.

Карташевич А. Н., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов, автомобилей и машин для природообустройства.

Ленькова Р. К., доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры математического моделирования экономических систем агропромышленного комплекса.

Лихачевич А. П., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, главный научный сотрудник РУНИП «Институт мелиорации НАН Беларуси».

Персикова Т. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения.

Петровец В. Р., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механизации растениеводства и практического обучения.

Тибец Ю. Л., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по научной работе.

Цыганов А. Р., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, первый проректор учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», академик НАН Беларуси, академик РАСХН, лауреат Государственной премии Республики Беларусь и премии Национальной академии наук Беларуси.

Фрейдин М. З., кандидат экономических наук, профессор, профессор кафедры маркетинга, заслуженный экономист БССР.

Шейко И. П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НАН Беларуси, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, первый заместитель генерального директора РУП «НПЦ по животноводству НАН Республики Беларусь».

Шелюто Б. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры кормопроизводства и хранения продукции растениеводства.

Ведущий редактор Савчиц Е. П.

Редактор технический Серякова Т. В.

Английский перевод Щербов А. В.

Подписные индексы: 75037 – индивидуальный, 750372 – ведомственный.

Подписку можно оформить в любом отделении связи

Адрес редакции:

*213407, Республика Беларусь, Могилевская область, г. Горки,
ул. Мичурина, 5, корпус № 9, аудитория 528. Тел. (8-02233) 7-96-99
e-mail: vestnik-bгаа@yandex.ru*

© *Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2023*

Подписано в печать 12.09.2023 Формат 60/84^{1/8}

Усл. печ. л. 26,04 Уч.-изд. л. 23,42 Заказ Тираж 50 экз.

*Отпечатано с оригинал-макета в отделении ризографии и художественно-оформительских работ
центра научно-методического обеспечения учебного процесса УО БГСХА*

213407, Могилевская область, г. Горки, ул. Мичурина, 5