

ВЕСТНИК

БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

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

2022 № 4

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. Использование инноваций в растениеводстве Республики Беларусь как направление повышения его устойчивости	5
Ал. В. Колмыков, О. А. Зуйкова. Основные факторы, обуславливающие оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм) сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь	11
Е. В. Карачевская, А. Н. Маёров. Анализ эффективности производства и сбыта продукции сельского хозяйства Могилевской области	19
Т. А. Тетеринец. Продуктивная занятость как инструмент повышения эффективности управления развитием человеческого капитала в аграрном секторе	23
Н. С. Мирзаев. Развитие инновационного аграрного предпринимательства на основе государственно-частного партнёрства в Азербайджане	29
Э. П. Кондерешко. Методические подходы к оценке эффективности финансирования восстановительных работ на мелиорированных сельскохозяйственных землях	36
С. В. Шутова. Теоретические основы коммерциализации инноваций в Республике Беларусь	41

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Б. Ж. Жанзаков, В. Г. Черненко, Т. Ф. Персикова. Влияние гидротермических условий и минеральных удобрений на химический состав растений, урожайность и качество чечевицы сорта «Крапинка»	47
О. В. Мурзова. Динамика накопления элементов питания овсом в зависимости от применения новых форм комплексных удобрений, микроудобрений и регулятора роста	53
Т. Ф. Персикова, А. Г. Подольяк. Возделывание многолетних бобово-злаковых травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах	59
В. А. Емелин, Д. А. Михеев. Посевные качества дражированных семян силфий пронзеннолистной	66
О. В. Мурзова. Экономическая оценка применения удобрений при возделывании пленчатого и голозерного овса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве	72
А. А. Снежинский. Экономическая эффективность защитно-стимулирующих составов для предпосевной подготовки семян с использованием препаратов различного происхождения	77
Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик. Анализ сортов винограда ампелографической коллекции центра биотехнологии Таджикского национального университета по срокам созревания	82
И. П. Козловская, Е. А. Головатая. Метод определения площади ассимиляционного аппарата для оценки динамики ростовых процессов зерновых культур	86

Н. Н. Цыбулько, И. А. Логачев, В. Б. Цырибко, А. М. Устинова. Влияние известкования и органических удобрений на содержание гумуса и кислотность дерново-подзолистых почв разной эродированности и продуктивность зернового севооборота	92
А. М. Пашкевич, А. И. Чайковский, Ж. А. Рупасова, В. С. Задаля, Л. В. Гончарова, П. Н. Белый, Т. В. Шпитальная, Ю. В. Трофимов. Влияние интенсивности светодиодного освещения на состояние комплекса фотосинтезирующих пигментов микрозелени капусты белокочанной и гороха овощного	97
В. Б. Воробьев, Н. А. Казакевич. О взаимосвязи между содержанием тяжелых металлов и гумуса в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве	103
С. Б. Дадашева, Р. А. Ганиева. Роль сапонинов в защите тилакоидной мембраны от холодового стресса.....	108
Ш. З. Джафарова. Экологически значимые показатели серо-коричневых почв субтропической зоны Азербайджана.....	112
Н. А. Невестенко. Корреляция признаков урожайности и качества плодов константных образцов перца сладкого в грунтовых теплицах.....	117
М. М. Зайцева. Продуктивность и качество травостоев в зависимости от состава травосмеси и условий увлажнений	123
М. М. Добродькин, Н. А. Невестенко, И. Г. Пугачева, А. М. Добродькин, А. В. Кильчевский. Экономическая эффективность возделывания в грунтовых теплицах перца сладкого белорусской селекции	129
Л. М. Алисиевич. Влияние гербицидов на засоренность посевов и урожайность зернобобовых культур	134
М. Ф. Степура, А. В. Михнюк, Л. Г. Коготько, И. Ю. Грищенко. Влияние зеленого удобрения сидеральных культур на урожайность, товарность плодов огурца и распространение нематод в защищенном грунте.....	139

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, А. И. Филиппов, К. Л. Пузевич. Анализ конструкций и технологических возможностей почвообрабатывающих катков.....	144
В. А. Шаршунов, В. А. Кожановский, М. В. Цайц. Анализ обеспеченности льносеющих хозяйств Республики Беларусь техническими средствами для уборки льна-долгунца	150
Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, А. И. Филиппов, К. Л. Пузевич. Исследование влияния различных факторов на показатели полноты рыхления чизельными рабочими органами.....	157
А. Н. Карташевич, Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников. Оптимизация эффективных показателей тракторного дизеля при работе на смешанном топливе.....	163
П. Ю. Малышкин. Оптимизация подачи газового топлива для тракторного дизеля.....	168

МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

Лейла Зияфаддин Кызы Джалилова, Фарид Мустафа Оглы Мустафаев, Хейранса Гусан Кызы Сулейманова. Глубина залегания и минерализация грунтовых вод Сальянской степи	173
--	-----

ИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА

А. Н. Карташевич, Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников. Сотрудничество БГСХА и ВЯТГУ в области транспортного машиностроения	177
--	-----

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР

В. Н. Босак. Охрана труда в сельском хозяйстве: изменения в законодательстве.....	180
В. В. Васильев, Ф. В. Зиновьев. Подготовка научных кадров высшей квалификации в контексте проблемы становления и развития научных школ	182

ОБЗОРЫ, ФРАГМЕНТЫ, РЕЦЕНЗИИ

В. В. Васильев. Рецензия на монографию Ф. В. Зиновьева, В. А. Дудко «Развитие кадрового потенциала научной школы».....	188
---	-----

BULLETIN

OF THE BELARUSSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY

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

2022 № 4

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 use of innovations in plant growing of the Republic of Belarus as a direction of increasing its stability.....	5
Al. V. Kolmykov, O. A. Zuikova. The main factors determining the optimal size of dairy complexes (farms) of agricultural organizations in the Republic of Belarus	11
E. V. Karachevskaya, A. N. Maerov. Analysis of the efficiency of production and sale of agricultural products in Mogilev region	19
T. A. Teterinets. Productive employment as an instrument of increasing the efficiency of management of human capital development in the agricultural sector.....	23
N. S. Mirzayev. Development of innovative agrarian entrepreneurship based on public-private partnership in Azerbaijan.....	29
E. P. Kondereshko. Methodical approaches to estimating the efficiency of financing restoration works at reclaimed agricultural lands.....	36
S. V. Shutova. Theoretical foundations of innovations' commercialization in the Republic of Belarus	41

FARMING AND PLANT-GROWING

B. Zh. Zhanzakov, V. G. Chernenok, T. F. Persikova. The influence of hydro-thermal conditions and mineral fertilizers on the chemical composition of plants, productivity and quality of lentil variety Krapinka	47
O. V. Murzova. The dynamics of accumulation of nutrition elements by oats depending on the application of new forms of complex fertilizers, micro-fertilizers and growth regulators	53
T. F. Persikova, A. G. Podoliak. Cultivation of perennial legume-cereal grain mixtures on peat soils contaminated by radionuclides	59
V. A. Emelin, D. A. Mikheev. Sowing qualities of pelleted seeds of silphium perfoliatum	66
O. V. Murzova. Economic assessment of fertilizer application in cultivating film and naked oats on sod-podzolic light loamy soil	72
A. A. Snezhinskii. Economic efficiency of protective-stimulating compounds for pre-sowing preparation of seeds using drugs of different origin.....	77
Kh. I. Bobodzhanova, N. V. Kukharchik. Analysis of grapes varieties of ampelographic collection of biotechnology centre of Tajik national university according to the terms of maturation.....	82

I. P. Kozlovskaya, E. A. Golovataia. Method of determining the area of assimilation apparatus for assessing the dynamics of growth processes of grain crops	86
N. N. Tsybulko, I. A. Logachev, V. B. Tsyribko, A. M. Ustinova. The influence of liming and organic fertilizers on the content of humus and acidity of sod-podzolic soils with different degrees of erosion and on the productivity of grain crop rotation	92
A. M. Pashkevich, A. I. Chaikovskii, Zh. A. Rupasova, V. S. Zadalina, L. V. Goncharova, P. N. Belyi, T. V. Shpitalnaia, Iu. V. Trofimov. The influence of intensity of LED lighting on the condition of the complex of photosynthesizing pigments of micro-greens of white cabbage and vegetable peas	97
V. B. Vorobev, N. A. Kazakevich. About the interrelation between the content of heavy metals and humus in sod-podzolic light loamy soil.....	103
S. B. Dadasheva, R. A. Ganieva. The role of saponins in the protection of thylakoid membrane from cold stress	108
Sh. Z. Dzhabarova. Ecologically significant indicators of gray-brown soils of subtropical zone of Azerbaijan .	112
N. A. Nevestenko. Correlation of indicators of productivity and quality of fruits of constant samples of sweet pepper in ground hothouses	117
M. M. Zaitseva. Productivity and quality of grasses depending on the composition of grass mixture and moisture conditions	123
M. M. Dobrodkin, N. A. Nevestenko, I. G. Pugacheva, A. M. Dobrodkin, A. V. Kilchevskii. Economic efficiency of cultivating sweet pepper of Belarusian selection in ground hothouses.....	129
L. M. Alisieva. The influence of herbicides on weediness of crops and productivity of grain-legume crops...	134
M. F. Stepuro, A. V. Mikhniuk, L. G. Kogotko, I. Iu. Grishchenko. The influence of green fertilizers of green manure crops on productivity and marketability of cucumber fruits and the spread of nematodes in protected ground	139

MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

N. D. Lepeshkin, V. V. Mizhurin, A. I. Filippov, K. L. Puzevich. Analysis of designs and technological capabilities of soil cultivation rollers	144
V. A. Sharshunov, V. A. Kozhanovskii, M. V. Tsaitis. Analysis of provision of flax-sowing farms of the Republic of Belarus with technical means for long-fiber flax harvesting.....	150
N. D. Lepeshkin, V. V. Mizhurin, A. I. Filippov, K. L. Puzevich. Research into the influence of different factors on indicators of completeness of loosening by chisel working organs	157
A. N. Kartashevich, Sh. V. Buzikov, S. A. Plotnikov. Optimization of efficient indicators of tractor diesel when working on mixed fuel	163
P. Y. Malyshekin. Optimization of gas fuel supply for tractor diesel.....	168

MELIORATION AND LAND USE PLANNING

Leila Ziiafaddin Kyzy Dzhaliilova, Farid Mustafa Ogly Mustafaev, Kheiransa Gusan Kyzy Suleimanova. The depth and mineralization of groundwater in the Salyan steppe	173
--	-----

FROM THE INTERNATIONAL EXPERIENCE

A. N. Kartashevich, Sh. V. Buzikov, S. A. Plotnikov. The cooperation of Belarusian State Agricultural Academy and Vyatka State University in the sphere of transport engineering.....	177
--	-----

PROFESSIONAL OUTLOOK

V. N. Bosak. Labour protection in agriculture: changes in legislation	180
V. V. Vasilev, F. V. Zinovev. The training of scientific staff of the highest qualification in the context of formation and development of scientific schools	182

SURVEYS. FRAGMENTS. REVIEWS

V. V. Vasilev. Review of the monograph of F.V. Zinovev, V.A. Dudko «Development of staff potential of scientific school»	188
---	-----

АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 338.330.3:631(476)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ КАК НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО УСТОЙЧИВОСТИ

Н. Н. МИНИНА

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

(Поступила в редакцию 12.09.2022)

Переход к инновационному типу экономики, при котором основная доля валового внутреннего продукта обеспечивается производством и реализацией наукоемкой продукции, обуславливает появление интереса к обеспечению устойчивого развития государства, регионов и организаций за счет внедрения инноваций. В статье приведен обзор некоторых важных разрабатываемых, внедряемых и уже широко используемых программных продуктов, информационных систем, других цифровых решений, необходимых для эффективного функционирования отрасли растениеводства Республики Беларусь. Рассмотрены отдельные знаковые разработки при внедрении элементов точного земледелия, систем автоматизации, информационно-аналитических систем в сельском хозяйстве. Изучен опыт передовых сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь, успешно использующих инновации в своей деятельности, что способствует росту их устойчивости. Обсуждаются получаемые аграрными организациями новые возможности и преимущества от использования различных цифровых решений в отрасли растениеводства. Цифровизация управления в сельском хозяйстве Беларуси позволит построить оптимальную систему производства, хранения, транспортировки, переработки и реализации продукции, регулировать производственные процессы в оптимальные сроки и наименьшими издержками, использовать машины, совместимые с информационными системами и программным обеспечением, исключая негативное влияние человеческого фактора на результаты производства. Внедрение в практику рассмотренных цифровых технологий, лежащих в основе современных систем управления и оптимизации технологических процессов в сельском хозяйстве, позволит получить нужную информацию для принятия решений, оптимизировать ресурсы, снизить себестоимость продукции, увеличить производительность труда и конкурентоспособность продукции, повысить уровень привлекательности аграрного сектора для инвесторов и потенциальных работников и устойчивость отрасли растениеводства Республики Беларусь.

Ключевые слова: *устойчивость производства, инновации, автоматизация, цифровизация, эффективность.*

The transition to an innovative type of economy, in which the bulk of the gross domestic product is provided by the production and sale of science-intensive products, causes the emergence of interest in ensuring the sustainable development of the state, regions and organizations through the introduction of innovations. The article provides an overview of some important developed, implemented and already widely used software products, information systems, and other digital solutions necessary for the effective functioning of the crop industry of the Republic of Belarus. Some significant developments in the implementation of elements of precision farming, automation systems, information and analytical systems in agriculture are considered. The experience of leading agricultural organizations of the Republic of Belarus, which successfully use innovations in their activities, which contributes to the growth of their sustainability, has been studied. The new opportunities and benefits obtained by agricultural organizations from the use of various digital solutions in the crop industry are discussed. Digitalization of management in agriculture in Belarus will allow building an optimal system for the production, storage, transportation, processing and sale of products, regulate production processes in the optimal time and at the lowest cost, use machines that are compatible with information systems and software that excludes the negative impact of the human factor on production results. The introduction into practice of the considered digital technologies, which underlie modern management systems and optimization of technological processes in agriculture, will provide the necessary information for decision-making, optimize resources, reduce product costs, increase labor productivity and competitiveness of products, increase the level of attractiveness of the agricultural sector for investors and potential employees and the sustainability of the crop industry of the Republic of Belarus.

Key words: *production sustainability, innovation, automation, digitalization, efficiency.*

Введение

В научной литературе проблеме устойчивости организаций уделяется значительное внимание. При этом основной акцент нередко сделан на экономической составляющей устойчивости [1]. Стратегическая цель развития аграрной экономики Беларуси до 2030 г. – обеспечение устойчивого развития и достижение безубыточности сельскохозяйственного производства на основе повышения его научно-технического потенциала, внедрения безотходных и экологически безопасных технологий с

использованием ресурсосберегающих технологий. Достижению указанной цели способствует инновационное развитие аграрного производства, предусматривающее технологическую модернизацию, внедрение ресурсосберегающей системы машин, технологий для точного земледелия и других инновационных технологий. Цель исследования – охарактеризовать инновации в растениеводстве Республики Беларусь как направление повышения его устойчивости.

Основная часть

Применялись общенаучные и частные методы исследования, работы отечественных и зарубежных ученых.

Глобальные процессы, происходящие сегодня в мировом АПК, экспертами сведены к единому термину – «Сельское хозяйство 4.0» (Farming 4.0 или Agriculture 4.0). Так, Европейская ассоциация сельскохозяйственного машиностроения (European agricultural machinery industry association) выделяет в ней два тренда: точное земледелие (Precision Farming) и цифровая трансформация АПК.

Под точным земледелием понимается целый спектр новых, непрерывно развивающихся технологий, которые служат общему конечному результату сельскохозяйственной деятельности – произвести как можно больше аграрной продукции высокого качества, при этом задействовать как можно меньше различных видов ресурсов при максимальном снижении всех возможных издержек производства [2]. Технологии точного земледелия подразделяют на: навигационные – глобальные системы спутникового геопозиционирования, аппаратное и программное обеспечение, координирующее движение сельскохозяйственной техники на поле; регистрирующие – использующие сенсоры, датчики, данные дистанционного зондирования и функциональные возможности геоинформационных систем, выполняющие дистанционный мониторинг и визуализацию его результатов; реагирующие – механизмы, аппаратное и программное обеспечение, позволяющие варьировать размещение и переработку сельскохозяйственных ресурсов. В последние годы все чаще поднимается вопрос использования технологий точного земледелия и ресурсосберегающих технологий. В Беларуси внедряются элементы системы точного земледелия (системы параллельного вождения, GPS-навигации, системы учета расхода топлива). В 2021 г. весенний сев яровых зерновых и зернобобовых культур с использованием элементов системы точного земледелия проведен на 16 % площади, сев озимых зерновых на зерно – на 10 % площади.

Министерством сельского хозяйства и продовольствия (Минсельхозпрод) Республики Беларусь в декабре 2021 года проведено совещание на тему «Точные технологии в сельском хозяйстве». Рассмотрено формирование комплексного проекта будущего «Точное земледелие». Минсельхозпрод Республики Беларусь осуществляет информатизацию сельского хозяйства в соответствии с государственной программой «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы. Совместно с Национальным центром электронных услуг и российской федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) тестируется информационное взаимодействие автоматизированной информационной системы «БЕЛФИТО», обеспечивающей единый с Россией механизм оформления и сбора информации по фитосанитарным сертификатам и актам карантинного фитосанитарного контроля (надзора). Создана национальная автоматизированная информационная система по формированию, ведению и использованию единого реестра сортов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию на территориях стран ЕАЭС. На сайте Минсельхозпрода Беларуси размещена информационная поисковая система «Техсервис», позволяющая аграриям облегчить поиск запасных частей к сельскохозяйственной технике, предлагаемых предприятиями-изготовителями и их дилерами [3; 4].

Все чаще применяются дроны для выполнения различных работ: инвентаризации сельскохозяйственных угодий; создания электронных карт полей; оценки объема работ и для контроля их выполнением; оперативного мониторинга состояния посевов; оценки всхожести сельскохозяйственных культур; охраны сельскохозяйственных угодий; внесения средств защиты растений. Среди беспилотных летательных агрегатов (БПЛА), представленных на стенде ООО «Белорусская Федерация беспилотной авиации», в 2020 г. был Phantom 4 RTK от DJI. Модель имеет модуль определения координат с сантиметровой точностью и систему синхронизации полученных поправок в режиме реального времени. Экосистема позволяет делать сверхточные карты полей, оценивать объемы работ, контролировать их выполнение, определять индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Это нормализованный относительный индекс растительности – простой показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Обычно его называют вегетационным индексом [5]. Точное земледелие с применением новых технологий и средств техники на пилотных объектах позволяет получить в 2,5 раза больше урожая зерна, затраты при этом сокращаются более чем на 20 %.

По словам начальника главного управления технического прогресса и энергетики, государственного надзора за техническим состоянием машин и оборудования Минсельхозпрода С. Карповича, даже частичное внедрение элементов системы точного земледелия дает эффект – экономию до 25 % ресурсов, при этом некоторые элементы точного земледелия в Беларуси уже внедрены. Например, картирование урожайности: отечественные современные комбайны оснащены системой, которая позволяет считывать с каждого квадратного метра урожайность, определять, сколько из почвы выносятся питательных веществ – калия, фосфора, азота. При составлении плана урожайности на следующий год агроном учитывает это картирование, а также карты химического анализа состава почвы. Благодаря этому он может точно спланировать, сколько нужно внести удобрений каждого вида, что позволяет экономить. В Беларуси внедрены технологии параллельного вождения, установлена треть необходимых датчиков расхода топлива, работа над этим продолжается. С каждым годом все больше отечественных предприятий подключаются к выпуску техники, оснащенной элементами системы точного земледелия (разбрасыватели минеральных удобрений (ОАО «Щучинский ремонтный завод»), трактор «Беларус-3522» с бортовым компьютером управления, трактор «Беларус-4522» с системой управления «Автопилот», опрыскиватели РОСА и ОВС-4224 с системой дифференцированного внесения КАС на основе карты поля, зерноуборочные комбайны КЗС-2124 с системой мониторинга урожайности). Сейчас Минсельхозпрод совместно с Министерством связи и информатизации работает над тем, чтобы все компоненты точного земледелия объединить в общую программу. Например, на тракторе устанавливается интегрированный прибор. Садится механизатор в кабину, а компьютер спрашивает, с каким агрегатом будет работать, какая глубина вспашки и показывает возможный экономический результат [6].

В настоящее время система точного земледелия используется многими передовыми аграрными организациями Беларуси. Среди них – УП «Агрокомбинат «Ждановичи» Минского района, РУП «Учхоз БГСХА» Горьковского района, КСУП «Совхоз-комбинат «Заря» Мозырского района, ОАО Гастелловское» Минского района, РПУП «Устье» НАН Беларуси Оршанского района и др. [7; 8; 9]. Так, в УП «Агрокомбинат «Ждановичи» Минского района техника почти полностью оснащена программным обеспечением для точного земледелия. На всех этапах сельскохозяйственных работ применяется система параллельного вождения. По спутникам прокладывается маршрут прямолинейного движения трактора. Параллельное вождение автоматическое, при помощи автопилота. Агрегат способен самостоятельно разворачиваться, за счет чего производительность труда увеличивается до 30 %, экономится топливо. Сводится к минимуму влияние человеческого фактора на качество работ, задачи механизатора – контроль над процессом и обеспечение точности выполнения задач. Сокращается излишнее перекрытие проходов при обработке почвы (погрешность составляет 2 см) [7].

В РПУП «Устье» НАН Беларуси Оршанского района специалистами БГСХА разработана локальная база геопространственных данных о содержании в почвах пахотных земель основных макро- и микроэлементов, гумуса, pH почвенного раствора, созданы цифровые карты пространственного распределения агрохимических, физико-химических показателей для территории землепользования [8].

До вспашки и внесения удобрений на основе спутниковых снимков определяется содержание питательных веществ в почве, составляется карта плодородия и вычисляется, сколько необходимо удобрений для той или иной территории, чтобы получить заданный результат: максимальную урожайность с участков поля с разным плодородием либо выравненную урожайность. В электронной карте задания содержится план внесения удобрений. На основе карты прикрепленный к трактору рассеиватель распределяет по полю необходимое количество удобрений, что позволяет сэкономить около 20 % питательных веществ. При уходе за посевами тракторы с опрыскивателями оснащаются сканерами, которые по листьям определяют, является ли растение культурным или сорным. Средствами защиты растений обрабатываются только сорняки, что дает возможность сэкономить 40–50 % средств. В г. Горки одним из резидентов технопарка для вычисления некультурных растений было предложено использовать БПЛА. Заправленные ядохимикатами, дроны в поле сканируют растения и обрабатывают только нужные. В БГСХА с 2019 г. данные сверхвысокого разрешения, получаемые с БПЛА, используются для прогноза продуктивности кормовых культур. В настоящее время в научно-производственном центре многофункциональных беспилотных комплексов НАН для аграрной отрасли создается беспилотник, оснащенный камерами, который будет снимать посевы, соединяя отдельные фотографии в карту поля. Это анализ позволит агрономам определить состояние растений с привязкой к их координатам и принять решение о дифференцированном внесении удобрений и средств защиты. Разрабатывается искусственный интеллект, способный оценить качество посевов [7; 8].

Применение ресурсосберегающих технологий (нулевой обработки или поверхностной обработки почвы) и высокопроизводительной современной техники позволяет выполнить работы в оптимальные сроки, решить проблемы переуплотнения почв [4]. Например, в СПК «Гродненский» Гродненского района положительный эффект дает безотвальная обработка почвы и использование высокопроизводительного посевного агрегата. Технология содействует сохранению влаги в нижних слоях почвы. Результатом является получение высоких гарантированных урожаев [10].

В УП «Агрокомбинат «Ждановичи» Минского района овощи выращивают в оборудованных по последнему слову техники теплицах, где автоматизированы регуляция микроклимата, открытие и закрытие форточек, полив, подкормка. Лишь несколько операций выполняются вручную: обрезка растений, их подвязка и сбор урожая [7]. Отечественный программно-аппаратный комплекс для мониторинга микроклимата теплиц был разработан в центре светодиодных и оптоэлектронных технологий. Чтобы растения росли и давали хороший урожай, нужно их освещать, кормить питательным раствором. Особенно это важно для многоярусных теплиц, которые получают все большее распространение в мире. За рубежом есть примеры 18-этажных конструкций, которые в том числе обслуживают роботы. Данное направление начало развиваться 6–7 лет назад. Отечественная разработка – шаг к точному земледелию и цифровому сельскому хозяйству. Технология представляет интерес для аграрных предприятий, кафе и торговых сетей, что позволит их покупателям получать свежую, экологически чистую зелень [11].

Продолжается сотрудничество ученых Беларуси и России в сфере АПК. Подготовлена и проходит согласование концепция программы Союзного государства «Разработка интеллектуальных технологий и роботизированных технических средств для промышленного садоводства» («Садоводство СТ»), в соответствии с которой планируется внедрение в производство информационных систем, автоматизированных и роботизированных технических средств для управления сбором, анализом информации, принятия решений по управлению технологическими процессами, мониторинга состояния плодовых и ягодных насаждений и реализации трудоемких технологических процессов в промышленном садоводстве интенсивного типа. Для реализации интеллектуальных технологий возделывания ягодных кустарников в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ обоснована структура системы управления производственными процессами в интеллектуальных технологиях возделывания кустарниковых ягодных культур, включающая: блок контроля параметров производственного процесса (комплект датчиков для сбора информации о состоянии растений и окружающей среды); информационно-аналитический блок для обработки и анализа информации; блок реализации управляющих воздействий. Разработаны требования к АСУ производственными процессами, обеспечивающей контроль и учет внешних климатических факторов, показателей роста и состояния ягодных кустарников в критические фазы их развития. В процессе работы пользователю предоставляется возможность вводить и корректировать условия производства, тем самым адаптируя систему для формирования оптимизированных управленческих решений [12].

Для аграрных организаций особый интерес представляют системы контроля и анализа данных в режиме реального времени. Например, в российском проекте «Агросигнал» на мониторах показывается вся работа техники, поэтому любые отказы можно легко заметить и оперативно устранить. Особое внимание уделяется контролю развития посевов, которым охвачено свыше 150 хозяйств, обрабатывающих более 2 млн га земли. Система планирует производственные процессы, корректирует планы в ходе их выполнения, с помощью подключенных датчиков и приборов автоматически регистрирует сроки выполнения работ. Внедрение разработки прирост производительности достигает 100 %, урожайности – 10–15 %, экономия материальных ценностей составляет до 50 % [13].

Компания Алан-ИТ создала комплекс программных средств для растениеводства, включающий систему учета и встроенную бизнес-аналитику. Комплекс решает задачи учета, оптимизации планирования сельскохозяйственных работ, прогнозирования урожайности, контроля над ходом сельскохозяйственных работ в режиме реального времени, дает возможность оценивать отклонения от плана, определять влияющие на конечные результаты причины. Это делает прозрачным весь процесс производства продукции в растениеводстве, позволяет управляющему персоналу повысить прибыль от применяемых технологий. Для выработки управленческих решений в сфере сельскохозяйственного производства этой же компанией предложен облачный геоинформационно-аналитический сервис, представляющий специалистам информацию о состоянии каждого поля в определенный период времени и позволяющей спрогнозировать динамику развития растений.

Для управления реализацией зерна компанией Cognitive Technologies разработана информационная технология, позволяющая контролировать путь зерна с поля до элеватора и сократить потери зер-

на при транспортировке [14]. Для этих целей также предназначена технология радиочастотной идентификации (RFID), содержащая микрочип, который хранит уникальный идентификатор и антенну, способную передавать эту информацию на специальные радиосчитыватели. RFID-технология позволяет эффективно решать задачи точного учета, приема и отгрузки продукции, снизить затраты и трудоемкость инвентаризации. Применение RFID технологии в программно-аппаратном комплексе Cognitive Agro Control при уборке зерновых культур дает возможность организовать онлайн-обмен основными данными и их передачу на сервер центра управления уборкой, проводить статистический анализ.

Примером комплексных решений для умного сельского хозяйства служат разработки компания Pessl Instruments (Австрия), которые помогают фермерам принимать более обоснованные решения по оптимизации распределения ресурсов (семена, вода, удобрения и др.), сделать поля более устойчивыми к сельскохозяйственным рискам (засуха, избыток воды, мороз, тепловой стресс, повреждение урожая вредителями, грибковыми инфекциями и т. д.). Для функционирования цифрового управления сельским хозяйством данная компания предлагает 12 специализированных станций и регистраторов.

Заключение

В условиях постоянного удорожания энергоресурсов и сырья для производства минеральных удобрений, наличия дефицита органических удобрений, сокращения площадей, пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур, вследствие усиления эрозионных процессов и опустынивания, вызванных глобальным потеплением климата, актуальной становится проблема поиска наиболее эффективных способов управления рентабельностью и снижения себестоимости агропродукции. Один из путей ее успешного решения – внедрение инновационных технологий в сфере землепользования. Цифровизация превращает сельское хозяйство в высокотехнологичный сектор экономики, где обрабатываются массивы больших данных, поступающих от многочисленных сенсоров, установленных в поле, на ферме, сельскохозяйственной технике, от метеостанций, спутников и других систем. Аналитическая обработка этих массивов позволяет получать ранее недоступную информацию, находить закономерности, позволяющие повышать эффективность управления сельскохозяйственным производством, улучшать работу агробизнеса и связь с потребителями.

Внедрение инноваций требует существенных затрат. Необходимо покупать специальное программное обеспечение, создавать корпоративную стационарную и локальную сеть управления, приобретать беспилотные летательные аппараты и лицензионное ПО для интерпретации результатов съемки. Стоимость разбрасывателей минеральных удобрений Amazone ZA-M 1500 и MXL 8200 ISO-BUS, используемых для дифференцированного внесения минеральных удобрений, составляет свыше 20 тыс. руб., отечественного зерноуборочного комбайна с системой картирования урожайности, – свыше 320 тыс. руб., сенсорных датчиков азота Trimble GreenSeeker или Yara N-Sensor 1,2–3,55 тыс. руб., агродрона – 6–18 тыс. долл., программного обеспечения Pix4Dfields для обработки данных – свыше 5 тыс. долл. [8]. Подобные затраты под силу крупным финансово устойчивым аграрным организациям.

Применение инноваций в сельском хозяйстве обеспечивает рост производительности труда, снижение себестоимости и повышение качества и конкурентоспособности продукции, способствует решению проблемы продовольственной безопасности страны и повышению устойчивости белорусских аграрных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пакуш, Л. В. Разработка стратегии устойчивого развития сельских территорий Республики Беларусь / Л. В. Пакуш, А. Г. Ефименко // Никоновские чтения. – Москва: Всероссийский институт аграрных проблем и информатики имени А. А. Никонова, 2019. – С. 391–392.
2. Ковалев, И. Л. Опыт и проблемы внедрения цифровых решений, элементов точного земледелия и животноводства в сельском хозяйстве Республики Беларусь / И. Л. Ковалёв, А. П. Такун, С. П. Такун // Нормирование и оплата труда в сельском хозяйстве. – 2022. – № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://panog.ru> – Дата доступа: 25.05.2022.
3. Цифровизация и точное земледелие: Беларусь внедряет новые технологии в сельское хозяйство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belta.by> – Дата доступа: 25.05.2022.
4. Минина, Н. Н. Инновации как направление повышения устойчивости растениеводства Республики Беларусь / Н. Н. Минина // Вестник БГСХА. – 2019. – № 4. – С. 24–28.
5. Гаврилович, К. Использование дронов в сельском хозяйстве: технологии настоящего / К. Гаврилович [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agronews-com.turbopages.org> – Дата доступа: 24.05.2022.
6. Как идет процесс цифровизации в сельском хозяйстве: «Цифра» в АПК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sb-by.turbopages.org> – Дата доступа: 25.05.2022.
7. Ровда, А. Подрулька, умная ферма, дрон-ищейка: IT-технологии помогают аграриям экономить время и деньги / А. Ровда, У. Шлыквич // Сельская газета. – 30.07.2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by> – Дата

доступа: 30.07.2022.

8. Мыслыва, Т. Н. Внедрение точного земледелия в Республике Беларусь в контексте национальных отношений: проблемы и перспективы / Т. Н. Мыслыва, О. А. Куцаева // Вестник БГСХА. – 2020. – № 4. – С. 154–163.

9. Агейчик, Е. Первый шаг к точному земледелию / Е. Агейчик // Горацкі веснік. – № 70. – 10.09.2022.

10. Василевкина, Т. Весомый колос. Хозяйства Гродненского района лидируют по урожайности зерновых и зернобобовых культур / Т. Василевкина // Гродзенская праўда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://grodnonews.by> – Дата доступа: 05.05.2022.

11. Матвеева, Н. Точные технологии в сельском хозяйстве, роботы и 5G – какие разработки представлены на «ТИБО-2019» / Н. Матвеева // БЕЛТА. – 9 апреля 2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belta.by> – Дата доступа: 05.05.2022.

12. Смирнов, И. Г. Разработка технологических процессов и технических средств для интеллектуальных технологий возделывания кустарниковых ягодных культур: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.20.01. – М., 2019. – 47 с.

13. Варганова, М. Л. Перспективы цифровизации сельского хозяйства как приоритетного направления импортозамещения / М. Л. Варганова, Е. В. Дробот // Экономические отношения. – 2018 – Т. 8 – № 1 – С. 1–18.

14. ИТ в агропромышленном комплексе России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/TD9F4> – Дата доступа: 05.05.2022.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ ОПТИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ МОЛОЧНО-ТОВАРНЫХ КОМПЛЕКСОВ (ФЕРМ) СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Ал. В. КОЛМЫКОВ, О. А. ЗУЙКОВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: alex_2704@mail.ru; olia_._z@mail.ru

(Поступила в редакцию 19.09.2022)

В статье рассматриваются основные факторы, обуславливающие оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм) по количеству поголовья коров. Установлена зависимость экономической эффективности молочно-товарных комплексов (ферм) сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь от их оптимальных размеров по количеству поголовья коров. Раскрыта сущность, содержание и степень влияния биологических и зоотехнических, природно-территориальных, технических и технологических, экологических, социально-кадровых, факторов инфраструктурного обеспечения и организационно-экономических факторов на определение оптимальных размеров молочно-товарных комплексов (ферм) по количеству поголовья коров. Данные факторы распределены на 2 группы: способствующие росту молочно-товарных комплексов (ферм), сдерживающие рост молочно-товарных комплексов (ферм). Приведена концептуальная схема совокупности групп факторов, определяющих оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм) сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь. Выявлено, что оптимальный размер молочно-товарного комплекса (фермы) по поголовью коров непосредственно связан с экономически целесообразным уровнем продуктивности животных, который изменяется под действием ряда биологических и зоотехнических факторов.

Установлено, что природно-территориальные факторы обуславливают оптимальный размер молочно-товарного комплекса (фермы) по поголовью коров при размещении животноводческих подразделений на территории сельскохозяйственной организации и обеспечении собственными кормами планируемого поголовья коров на молочно-товарном комплексе (ферме). Определено, что обеспечение полной автоматизации и механизации молочно-товарного комплекса (фермы), наличие достаточного количества технических средств будут способствовать росту молочно-товарного комплекса (фермы) по количеству поголовья коров. В тоже время экологические факторы могут сокращать размеры молочно-товарных комплексов (ферм) по количеству поголовья коров, в связи с этим на животноводческих предприятиях по производству молока необходимо внедрять цифровые технологии, которые будут способствовать снижению воздействия на окружающую среду. Выявлено, что наличие достаточного количества квалифицированных кадров, способных быстро адаптироваться к цифровизации производственных процессов, определяет оптимальный размер молочно-товарного комплекса (фермы) по поголовью коров.

Установлено, что наибольшее количество факторов, обуславливающих оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм) по поголовью коров относятся к группе организационно-экономических факторов.

Ключевые слова: производство молока, молочное скотоводство, факторы, инновации, молочно-товарный комплекс (ферма).

The article discusses the main factors that determine the optimal size of dairy complexes (farms) in terms of the number of cows. The dependence of the economic efficiency of dairy complexes (farms) of agricultural organizations of the Republic of Belarus on their optimal size in terms of the number of cows has been established. The essence, content and degree of influence of biological and zootechnical, natural-territorial, technical and technological, environmental, social and personnel factors, factors of infrastructural support, and organizational and economic factors on determining the optimal size of dairy complexes (farms) by the number of cows are disclosed. These factors are divided into 2 groups: contributing to the growth of dairy complexes (farms), hindering the growth of dairy complexes (farms). A conceptual scheme of a combination of groups of factors that determine the optimal size of dairy complexes (farms) of agricultural organizations of the Republic of Belarus is given. It was revealed that the optimal size of the dairy complex (farm) in terms of the number of cows is directly related to the economically viable level of animal productivity, which changes under the influence of a number of biological and zootechnical factors.

It has been established that natural and territorial factors determine the optimal size of the dairy complex (farm) in terms of the number of cows when placing livestock units on the territory of an agricultural organization and providing the planned number of cows at the dairy complex (farm) with their own feed. It was determined that the provision of full automation and mechanization of the dairy complex (farm), the availability of a sufficient number of technical means will contribute to the growth of the dairy complex (farm) in terms of the number of cows. At the same time, environmental factors can reduce the size of dairy complexes (farms) in terms of the number of cows, in this regard, it is necessary to introduce digital technologies at livestock milk production enterprises that will help reduce environmental impact. It was revealed that the presence of a sufficient number of qualified personnel who can quickly adapt to the digitalization of production processes determines the optimal size of the dairy complex (farm) in terms of the number of cows.

It has been established that the largest number of factors that determine the optimal size of dairy complexes (farms) in terms of the number of cows belong to the group of organizational and economic factors.

Key words: milk production, dairy cattle breeding, factors, innovations, dairy complex (farm).

Введение

В настоящее время производство молочных продуктов питания является одним из стратегических направлений отечественной экономики. Обеспечение высокой экономической эффективности современного животноводства – приоритетная задача для всех товаропроизводителей. Одним из векторов, обеспечивающих рост экономических показателей и развития отрасли, является обеспечение оптимальной концентрации поголовья коров на молочно-товарном комплексе (ферме).

Исследованиями влияния различных факторов на оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм) занимались В. П. Аксенова, Д. К. Ларкин, О. Л. Андружина, А. Г. Марусич, В. К. Скоркин, В. И. Шляхтунов, Н. Г. Янович, Р. Г. Мумладзе, И. Ш. Горфинкель, И. В. Кураш, С. Н. Малахов и другие авторы. Однако в этих работах недостаточно полно рассмотрены современные факторы, оказывающие влияние на формирование оптимальных размеров молочно-товарных комплексов (ферм), а также пути повышения экономической эффективности их функционирования.

Поэтому целью данной работы является исследование факторов, обуславливающих оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм) в условиях цифровой экономики.

Основная часть

Изучение специальной литературы [2–6, 9], анализ работ названных выше авторов, а также результаты функционирования молочно-товарных комплексов (ферм) позволили разработать систему факторов, обуславливающих оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм) в зависимости от поголовья коров. Исходя из их специфики, вся совокупность факторов распределена по 7 группам (рис. 1). Следует отметить, что каждый из приведенных факторов влияет на размер молочно-товарного комплекса (фермы) не разрозненно, а в сочетании с другими. При этом степень влияния данных факторов неодинакова и не всегда имеется возможность учесть их в конкретных величинах, поэтому необходимо проанализировать каждый фактор по отдельности.

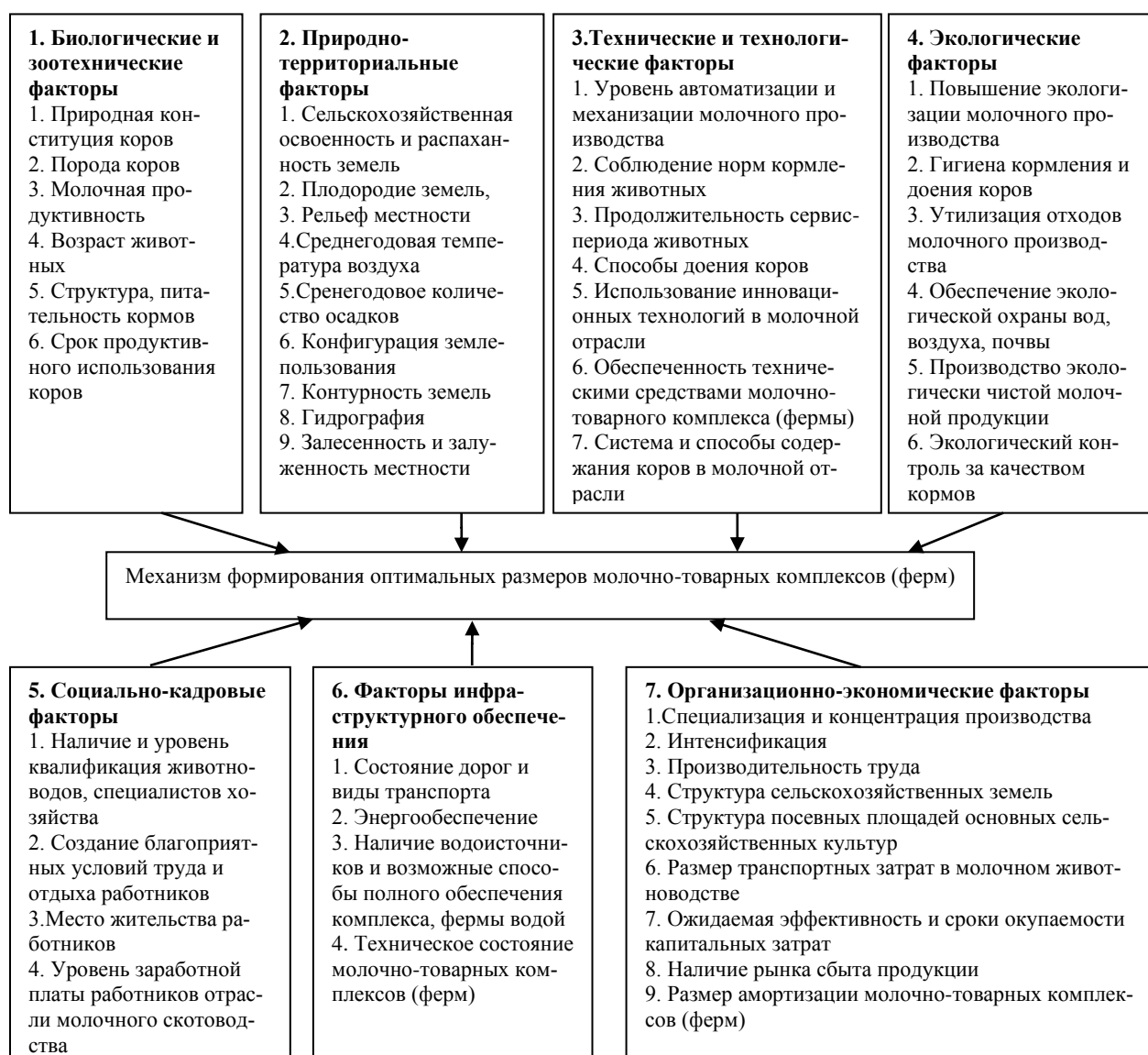


Рис. 1. Основные факторы, обуславливающие оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм)

В ходе исследований нами установлено, что для эффективного функционирования молочно-товарного комплекса (фермы) и обеспечения оптимального поголовья необходимо обеспечивать высокий удельный вес чистопородных коров в общем поголовье.

Исследования показывают, что оптимальный уровень продуктивности животных зависит от ряда биологических факторов: породного состава животных, их возраста, структуры рационов и др. По мере изменения данных факторов меняется и экономически целесообразный уровень продуктивности, который оказывает непосредственное влияние на уровень концентрации поголовья коров на молочно-товарном комплексе (ферме).

Нами установлено, что большую роль при создании высокопродуктивного молочного поголовья на молочно-товарном комплексе (ферме) играет целенаправленное выращивание молодняка с получением хорошо развитых, с крепким здоровьем животных, достигших необходимой для осеменения живой массы в достаточно раннем возрасте (13–15) месяцев. Это позволит получать коров, способных давать высокие удои, обладающих хорошими воспроизводительными способностями. Высокая молочная продуктивность коров связана с большим физиологическим напряжением всего организма, поэтому животные должны быть хорошо развитыми, иметь крепкую конституцию и здоровье, поскольку более крупные коровы при хорошем, полноценном кормлении дают наивысшие удои. Производство молочной продукции увеличивается за счет улучшения общего состояния здоровья и производительности животных. При этом одним из факторов, оказывающих влияние на рост производства молока, является редактирование генома, нацеленное на изменение продолжительности жизни с целью снижения соотношения непродуктивных и продуктивных лет коровы.

В ходе исследований установлено, что для обеспечения эффективного функционирования молочно-товарного комплекса (фермы) необходимо создавать собственную устойчивую кормовую базу, способную обеспечивать потребности имеющегося количества поголовья коров. При этом, в первую очередь, необходимо проанализировать возможные источники поступления кормов, а затем запланировать возможное поголовье коров на молочно-товарном комплексе (ферме). Создание собственной прочной кормовой базы, способствующей эффективному функционированию молочно-товарного комплекса (фермы), предусматривает совершенствование структуры использования площадей кормовых земель, повышение их урожайности и оптимизацию производимых кормов.

Выполненные исследования позволяют сделать вывод, что значительное влияние на эффективное функционирование молочно-товарного комплекса (фермы) оказывают технические и технологические факторы. Внедрение научно-технических разработок при производстве молока оказывает непосредственное влияние на размеры молочно-товарных комплексов (ферм).

Наилучшие условия для получения молока высокого качества при низких трудовых затратах обеспечиваются при доении коров в автоматизированных доильных залах. На модернизированных молочных комплексах Республики Беларусь при привязном содержании коров применяются стационарные доильные установки типа АДМ-8А-100, АДМ-8А-200, УДМ-100, УДМ-200 и др., а на молочно-товарных комплексах при беспривязном содержании коров – «Елочка» разных модификаций, «Параллель», УДА-8А, а также установки роторного типа «Карусель» различной вместимости при беспривязном содержании коров.

Согласно исследованиям В. К. Скоркина, Д. К. Ларкина при использовании доильных залов для производства молока происходит значительное снижение себестоимости производства молока (рис. 2) [8].

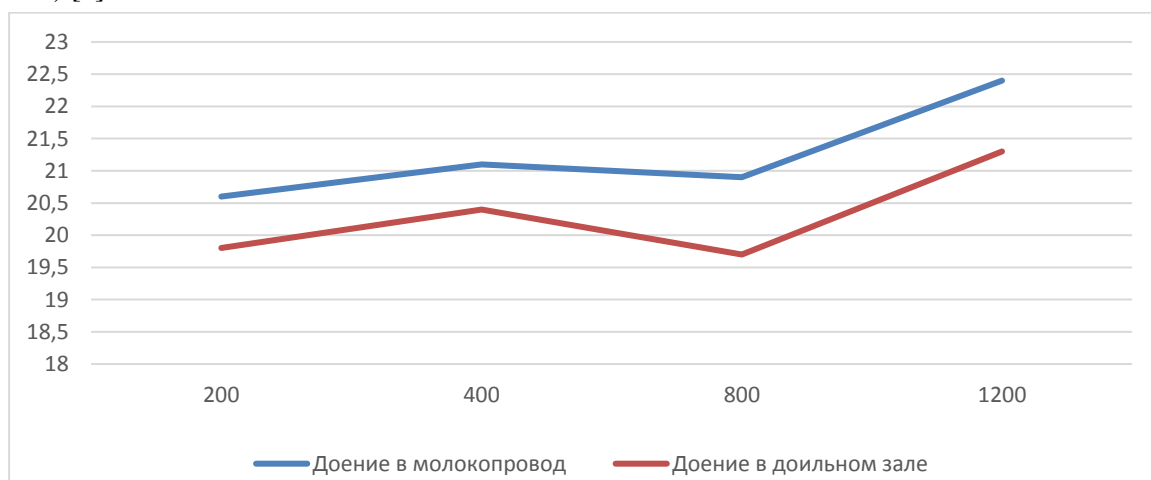


Рис. 2. Сравнение себестоимости молока на фермах КРС при доении в молокопровод и доильном зале

Применение точных датчиков на молочно-товарном комплексе (ферме) для сбора информации в режиме реального времени, визуализация изменяющихся условий и автоматического реагирования с помощью оперативных вмешательств снижают риск потерь и максимизируют прибыль.

Так, нарушение норм кормления может привести к снижению показателей воспроизводства, а именно уменьшению выхода приплода, снижению ввода нетелей, к высокому уровню выбраковки из основного стада, низким привесам молодняка и его сохранности и, в целом, к росту издержек, ухудшению экономических показателей функционирования молочно-товарного комплекса (фермы).

В связи с этим на молочно-товарных комплексах (фермах) необходимо внедрять роботизированные системы раздачи и пододвигания кормов на кормовом столе, что снизит затраты труда, а также обеспечит животных кормами в необходимое для кормления время. В настоящее время западные страны в вопросах кормления животных основываются на нутригеномике – науке, о влиянии питания на экспрессию генов: то, что и когда ест корова, может повлиять на то, как гены влияют на ее здоровье, иммунитет и скорость роста. Для удовлетворения потребностей животных молочно-товарного комплекса (фермы) в кормах необходимо обеспечивать научно-техническую разработку новых концентратоспособных кормов на основе селекционной стратегии развития кормовых культур, создания системы климатически и экологически дифференцированных сортов, адаптированных и устойчивых к различным условиям.

Исследования показывают, что, несмотря на широкое распространение привязного способа содержания коров, позволяющего организовать нормированное кормление, способствующего облегчению контроля за физиологическим и клиническим состоянием животных, наиболее перспективным и экономически выгодным способом содержания коров на молочно-товарных комплексах (фермах) является беспривязный. При данном способе содержания отмечается рост производства молока как в валовом объеме, так и в расчете на 1 корову, а также сокращается продолжительность сервис-периода и снижается показатель индекса осеменения.

Нами установлено, что строительство и эксплуатация крупных молочно-товарных комплексов (ферм) с высокой концентрацией поголовья коров часто приводит к ухудшению экологической обстановки сельской местности. Поэтому неотъемлемой частью деятельности животноводческих предприятий является организация природопользования и охраны окружающей среды.

В ходе исследований установлено, что высокая концентрация поголовья скота приводит к затруднению эксплуатации молочно-товарных комплексов (ферм) в связи с загрязнением окружающей среды большим количеством жидких навозных стоков, увеличением транспортных расходов при доставке кормов и удалению навоза, ростом затрат на ветеринарные мероприятия, а также усложнением зоотехнической работы со стадом. Наиболее значимым экологическим фактором, обуславливающим оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм), является повышение экологизации производства молока. Поэтому при производстве молочной продукции необходимо основываться на концепции «зеленого» молочно-товарного комплекса (фермы), то есть взаимозависимости экономического, социального и экологического развития животноводческого предприятия. Данная концепция позволит снизить нагрузку на окружающую среду за счет повышения экологизации производства молочной продукции, будет способствовать сохранению и восстановлению природных экосистем, а также росту природного капитала.

При росте поголовья коров на одном животноводческом подразделении происходит резкое увеличение объемов навоза в пределах одного животноводческого объекта. Это обусловлено, во-первых, сосредоточением всего поголовья на одном молочно-товарном комплексе (ферме), а, во-вторых, повышенным расходом воды для содержания и доения животных (беспривязное, бесподстильное содержание, доение в доильных залах). В результате смешивания стоков доильных залов с навозом значительно увеличивается влажность навозной массы, что приводит к росту его объема от 2 до 6 раз. Таким образом, молочное скотоводство является точечным, а не рассеянным источником загрязнения. В связи с этим при осуществлении сельскохозяйственной деятельности на молочно-товарных комплексах (фермах) необходимо руководствоваться «Организационно-технологическими требованиями при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа» в вопросах получения экологически чистой продукции, заготовки качественных кормов, а также обеспечения экологической охраны вод, воздуха и почвы [7]. Стоит отметить, что внедрение цифровых технологий в отрасль молочного скотоводства должно способствовать не только стабилизации и улучшению качества почвы, воды и воздуха, но также и смягчению последствий изменения климата. Одним из инструментов решения данных задач будет являться моделирование, включающее в себя высококачественные данные в масштабе молочно-товарного комплекса (фермы), позволяющие выбирать необ-

ходимый уровень концентрации поголовья скота и разнообразные методы управления, максимизирующие экологические и экономические выгоды и позволяющие руководителям сельскохозяйственной организации существенно менять систему ведения хозяйства на основе фактических или ожидаемых изменений климата.

Исследования показывают, что в последние годы в мире, в том числе в Республике Беларусь, становится популярным использование в рационах питания экологически чистых продуктов, в том числе и молока. Потребители готовы платить за качественный и натуральный продукт, поскольку высокая стоимость экологически чистого молока обусловлена технологическими особенностями производства. Одним из факторов, снижающих воздействие молочно-товарного комплекса (фермы) на окружающую среду, является выращивание кормовых культур с улучшенной эффективностью использования ресурсов, устойчивостью к болезням и стрессам, а также улучшенной питательностью и усвояемостью.

Нами установлено, что для повышения эффективности функционирования молочно-товарного комплекса (фермы) и снижения его негативного воздействия на окружающую среду необходимо обеспечивать его циклическое функционирование, то есть создание замкнутого цикла производства молочной продукции, и утилизацию отходов. При этом отходы, полученные в процессе функционирования молочно-товарного комплекса (фермы) послужат возобновляемым ресурсом для производства. Одним из таких вариантов является производство электроэнергии для нужд молочно-товарного комплекса (фермы) из навоза.

Нами установлено, что при выборе уровня концентрации поголовья на молочно-товарном комплексе (ферме) необходимо учитывать наличие специалистов и животноводов для данного молочно-товарного комплекса (фермы), уровень их квалификации, а также степень их подготовленности к организации крупного производства и освоению прогрессивных технологий. Вопросы кадрового обеспечения модернизации сельскохозяйственного производства в настоящее время выдвигаются на первый план. Главным принципом успеха молочно-товарного комплекса (фермы) является принцип «трудовые ресурсы-продукция-прибыль», в основе которого лежат трудовые ресурсы. В тоже время для руководителей сельскохозяйственных организаций приоритетным является принятие на работу кандидатов с требуемыми для обслуживания инновационных процессов квалификацией и опытом, умеющих и желающих обучаться, готовых быстро адаптироваться к новым условиям труда, а также способных осваивать передовые технологии. Для подготовки таких кадров руководители должны нести соответствующие расходы на переподготовку сотрудников и лиц рабочих профессий в рамках конкретных квалификаций. Однако, некоторые работодатели не могут своевременно выстраивать механизмы «быстрого реагирования» на трансформацию кадрового потенциала с учетом развития науки и технологий, масштабами и темпами их внедрения в производство, цифровизацией производственных процессов.

При этом для более эффективного функционирования молочно-товарного комплекса (фермы) место жительства работников и специалистов должно быть в близлежащей местности. Стоит отметить, что, чем ближе молочно-товарный комплекс (ферма) к месту жительства работников, тем более эффективным будет результат их работы, поскольку при высоких показателях деятельности молочно-товарного комплекса (фермы) будет расти прибыль сельскохозяйственной организации, что в свою очередь будет способствовать развитию инфраструктуры сельской местности. При этом затраты на доставку людей на рабочие места значительно сократятся.

В ходе исследований установлено, что на выбор места работы оказывает влияние не только уровень заработной платы, но также и наличие благоприятных условий труда и отдыха работников, создание благоприятного климата в коллективе. Важной составляющей процесса труда является режим отдыха, который включает в себя следующие регламенты: перерыв в течение рабочего времени, выходные дни, праздничные дни, отпуска. Недостаток отдыха приводит к снижению трудоспособности работников молочно-товарного комплекса (фермы). При этом для создания благоприятных условий труда работникам молочно-товарного комплекса (фермы) необходимо обеспечивать санитарно-гигиенические условия труда, поскольку работникам молочно-товарных комплексов (ферм) приходится работать в помещениях с высокой влажностью, с высокой или низкой температурой воздуха, под воздействием токсичных газов, при этом непосредственно взаимодействовать с животными.

Выполненные нами исследования показывают, что значительное влияние на оптимальный размер молочно-товарного комплекса (фермы) и, как следствие, повышение эффективности его функционирования, оказывают факторы инфраструктурного обеспечения. При определении оптимального размера молочно-товарного комплекса (фермы) необходимо учитывать, что они должны быть связаны

дорогами с населенными пунктами, а также земельными угодьями. При этом молочно-товарные комплексы (фермы) должны быть обеспечены достаточным количеством водоемких, а также электроэнергией. Стоит отметить, что животноводческие помещения предназначены для минимизации стресса животных, максимизации благополучия и продуктивности. Инструменты системного анализа, используемые на модернизированных молочно-товарных комплексах (фермах), учитывают питание, здоровье стада, погодные-климатические условия и другие факторы деятельности на молочно-товарном комплексе (ферме), с целью рекомендации надежных, устойчивых, усовершенствованных систем животноводства, которые оказывают положительное влияние на окружающую среду, поддерживают благополучие животных и оптимизируют доходность молочно-товарного комплекса (фермы) при одновременном снижении рисков.

В ходе исследований установлено, что наибольшее количество факторов, обуславливающих оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм), относятся в группу экономических факторов, которая включает в себя: специализацию и концентрацию производства, интенсификацию, структуру сельскохозяйственных земель и посевных площадей основных сельскохозяйственных культур, наличие достаточного количества земельных площадей для внесения навоза, наличие рынка сбыта продукции и др.

Нами установлено, что природно-территориальные факторы определяют уровень концентрации поголовья коров на молочно-товарном комплексе (ферме), обуславливают сельскохозяйственную освоенность предприятия. Так, рельеф местности оказывает значительное влияние на почвенный покров и плодородие сельскохозяйственных земель. Различия форм поверхности обуславливаются разнообразием природных и климатических условий, в связи с чем различия отдельных сельскохозяйственных предприятий по рельефу местности, плодородию земель, степени залесенности и залуженности, расчлененности территории гидрографической сетью, обуславливают различную сельскохозяйственную освоенность и распаханность, размеры контуров сельскохозяйственных земель. Так, высокая распаханность будет способствовать повышению плодородия почв и, как следствие, снижению площадей пастбищных и луговых земель, необходимых для выпаса животных, а также заготовки кормов.

Исходя из вышеизложенного факторы, обуславливающие оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм), можно сгруппировать в 2 группы (табл.1):

1. Факторы, сдерживающие рост размеров молочно-товарных комплексов (ферм).
2. Факторы, способствующие росту размеров молочно-товарных комплексов (ферм).

Таблица 1. **Факторы, обуславливающие оптимальные размеры молочно-товарных комплексов (ферм)**

Сдерживающие рост молочно-товарных комплексов (ферм)	Способствующие росту молочно-товарных комплексов (ферм)
Биологические и зоотехнические	
Молочно-мясные	Молочные породы; проведение селекционной работы
Низкая продуктивность коров	Высокая продуктивность коров
Выбраковка коров на первых лактациях, содержание коров старшего возраста	Содержание коров среднего возраста
Не полноценный рацион с недостаточной энергетической обеспеченностью	Сбалансированный рацион
Выбраковка коров на первых лактациях	Использование коров минимум до 5–6-й лактации
Недостаточно физически развитые животные	Крупные, крепкого телосложения и конституции коров; искусственный интеллект (машинное зрение) – с целью измерения размеров и содержания жира в каждом животном; «сканеры упитанности»
Технические и технологические	
Низкий уровень автоматизации и механизации производства	Обеспечение автоматизированного доения коров и механизированного кормления и удаления навоза; использование квадрокоптеров для управления кормовыми площадками, пастбищами с помощью аэросъемки.
Недокорм коров и несвоевременное кормление	Роботизированные системы раздачи и поддвижения кормов на кормовом столе; нутригеномика – наука о том, как питание влияет на экспрессию генов: то, что и когда ест корова, может повлиять на то, как гены влияют на ее здоровье, иммунитет и скорость роста.
Нарушение режима доения коров, доение в молокопровод	Модернизированное доение коров с применением доильных залов, роботов
Укороченный, удлиненный сервис-период	Оптимальный сервис-период; система мониторинга активности коров (позволяет выявить отклонения в обычном режиме активности коров и определить корову в половой охоте, а также время, в которое осеменение будет наиболее плодотворным).

Недостаток технических средств	Достаточное количество технических средств
Отсутствие цифровых технологий	Использование инновационных технологий: блокчейн-технологии для отслеживания всей цепочки поставок от производителя до розничного продавца; «умная ферма»
Шум, вызываемый работой механизмов, машин и оборудования	Наиболее полно отвечающая физиологическим потребностям животных система содержания, датчики контроля состояния здоровья и степени комфортности животных
Экологические	
Низкие стимулы для производства молока с гарантированными потребительскими качествами	Создание единой цифровой экосистемы для повышения безопасности и качества молока
Отсутствие законодательных норм	Наличие технологических регламентов
Большое количество больных коров, приводящих к получению молока с антибиотиками	Автоматизированные и роботизированные доильные модули с мониторингом качества молока
Отсутствие информационных систем, обеспечивающих прослеживаемость всех этапов возделывания кормов	Наличие норм регулирования, стандартов качества кормов
Недостаточное количество сельскохозяйственных угодий для полного использования навоза, недостаточная вместимость навозохранилищ	Наличие законодательных актов в вопросах снижения уровня загрязнений окружающей среды азотом и фосфором; наличие защитных канав и обволовок для предотвращения попадания загрязненных ливневых стоков в водные источники; механизация внесения постилки и очистки стойл
Отсутствие технических средств для поддержания чистоты в стойлах, а также халатное выполнение работниками их должностных обязанностей в области хорошей обработки вымени и аппаратов доения	Стимулирование работников комплексов для качественного выполнения своих должностных обязанностей, а также достаточное количество технических средств для очистки стойл
Социально-кадровые	
Дефицит животноводов, специалистов	Кадровый потенциал
Низкий уровень квалификации работников молочно-товарного комплекса, неспособных работать с инновационными цифровыми технологиями	Высокий уровень квалификации работников молочно-товарного комплекса
Неблагоприятный микроклимат в коллективе, отсутствие комнаты отдыха	Благоприятный микроклимат в коллективе, наличие комнаты отдыха, комфортные условия работы
Большая отдаленность места работы от места жительства работников молочно-товарного комплекса	Нахождение место жительства работников в близлежащей местности с молочно-товарным комплексом
Отсталость отрасли, низкий уровень заработной платы	Инновационное развитие отрасли, высокий уровень заработной платы
Факторы инфраструктурного обеспечения	
Отсутствие дорожного покрытия между молочно-товарными комплексами и полями	Хорошее дорожное покрытие между основными точками грузоперевозок (доставка кормов, утилизация навоза)
Ветхие здания молочно-товарных ферм	Модернизированные здания молочно-товарных комплексов; дополненная реальность (сочетание реального мира с виртуальной информацией, например, для возможности увидеть вокруг себя модель новой кормовой площадки до начала строительства)
Отсутствие возможности обеспечения молочно-товарного комплекса водой	Наличие водоисточников для полного удовлетворения потребностей животных, не приводящих к истощению водных ресурсов
Природно-территориальные	
Низкая сельскохозяйственная освоенность и распаханность	Высокая сельскохозяйственная освоенность и распаханность
Низкое плодородие земель	Высокое плодородие земель
Неровный рельеф	Ровный рельеф
Мелкоконтурность и раздробленность земельных угодий, изломанность границ	Крупные земельные контуры
Черезполосица, вкрапливание	Конфигурация земель
Нерациональное расположение молочно-товарных комплексов относительно гидрографической сети сельскохозяйственного предприятия	Максимальное использование гидрографической сети сельскохозяйственного предприятия для нужд молочно-товарного комплекса
Высокая залесенность и залуженность местности	Высокий процент пашни, а также сенокосов и пастбищ в общей площади сельскохозяйственных земель
Высокие или низкие температуры воздуха	Благоприятная температура воздуха на всех этапах возделывания кормовых культур; отсутствие максимально низких и высоких температур в зимний и летний периоды
Засушливый или дождливый периоды выращивания кормовых культур и выпаса коров	Оптимальное количество осадков в разные периоды заготовки кормов и выпаса коров
Организационно-экономические	
Широкая специализация	Узкая специализация
Низкий уровень интенсификации	Высокий уровень интенсификации
Низкая производительность труда	Высокая производительность труда
Высокая залесенность и заводненность	Высокий удельный вес пашни, пастбищ и луговых земель
Преобладание пахотных земель	Высокая доля пастбищных и луговых земель

Большие расстояния между молочно-товарным комплексом и полями	Близлежащее расположение молочно-товарного комплекса к полям
Большие сроки окупаемости капитальных затрат на строительство молочно-товарного комплекса, навозохранилищ, цехов по производству и хранению кормов	Быстрые сроки окупаемости капитальных затрат на строительство молочно-товарного комплекса, навозохранилищ, цехов по производству и хранению кормов
Отсутствие спроса на производство большого количества молочной продукции	Имеющийся рынок сбыта с высоким спросом на большое количество молочной продукции
Высокий уровень амортизационных отчислений	Снижение годовых амортизационных отчислений в расчете на единицу произведенной продукции

Заключение

Таким образом, можно заключить, что организационно-экономический механизм формирования оптимальных размеров молочно-товарных комплексов (ферм) обуславливается совокупностью биологических и зоотехнических, природно-территориальных, технических и технологических, экологических, социально-кадровых, организационно-экономических факторов и факторов инфраструктурного обеспечения, как способствующих укрупнению размеров молочно-товарных комплексов (ферм), так и сдерживающих их рост. Учет вышеназванных групп факторов при формировании оптимальных размеров молочно-товарных комплексов (ферм) будет способствовать повышению эффективности их функционирования, снижению издержек производства и росту объемов реализации высококачественной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белая, А. Конец ручного управления. Какие цифровые технологии внедряются на животноводческих предприятиях [Электронный ресурс] / А. Белая // Агроинвестор. – 2020. – №3. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/animal/article/33325-konets-ruchnogo-upravleniya-kakie-tsifrovye-tehnologii-vnedryayutsya-na-zhivotnovodcheskikh-predpri/> – Дата доступа: 28.01.2022.
2. Бусел, И. П. Организация производства на сельскохозяйственных предприятиях: уч. пособие / И. П. Бусел, П. И. Малихтарович, И. Н. Фурс, Н. С. Яковчик. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 576 с.
3. Винничек, Л. Концептуальные направления повышения эффективности интенсификации молочного скотоводства / Л. Винничек, А. Фокин // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2013. – №1. – С. 46–49.
4. Горфинкель, И. Ш. Организация производства на сельскохозяйственных предприятиях: уч. / И. Ш. Горфинкель, Н. М. Тищенко, Э. А. Петрович и др. – Мн.: Ураджай, 1997. – 399 с.
5. Колмыков, А. В. Формирование оптимальных размеров сельскохозяйственных организаций Беларуси: дис. ... канд. эк. наук: 08.00.05 / А. В. Колмыков. – Горки, 2009. – 172 с.
6. Малахов, С. Н. Повышение эффективности интенсификации молочного скотоводства: автореф. дис. ... канд. эк. наук: 08.00.05 / С. Н. Малахов; ФГБНУ «ВИАПИ им. А. А. Никонова», Москва, 2004 – 30 с.
7. Организационно-технологические требования при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа: утв. М-вом с.-х. и продовольствия Респ. Беларусь 4 июня 2018 г. №16.
8. Скоркин, В. К. Сравнительная экономическая оценка доения коров в молокопровод и доильном зале / В. К. Скоркин, Д. К. Ларкин, В. П. Аксенова, О. Л. Андрияшина // Вестник ВНИИМЖ. – 2015. – №1, С. 40–46.
9. Шляхтунов, В. И. Скотоводство: уч / В. И. Шляхтунов, А. Г. Марусич. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 480 с.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И СБЫТА ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. В. КАРАЧЕВСКАЯ

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

А. Н. МАЁРОВ

Могилёвский государственный университет имени А. А. Кулешова,
г. Могилев, Республика Беларусь, 212001, e-mail: maerovy.family@mail.ru

(Поступила в редакцию 19.09.2022)

В статье представлен анализ производства и сбыта продукции сельского хозяйства Могилевской области, изучены основные показатели развития сельского хозяйства Могилевской области, динамика производства основных видов продукции. Отмечен рост объема производства продукции сельского хозяйства в текущих ценах в целом по Могилевской области на 38,1 %, сокращение списочной численности работников организаций на 14 %. Оценка эффективности производства и сбыта продукции сельского хозяйства Могилевской области показала увеличение прибыли как от реализации, так и чистой, наблюдается незначительный рост рентабельности, как производства, так и продаж. В целом проведенный анализ не позволяет выявить определенную положительную либо отрицательную тенденцию развития сельского хозяйства региона. Проведенный анализ эффективности производства и сбыта продукции Могилевской области позволил обосновать оптимальную траекторию развития данной сферы деятельности. Использование метода имитационного моделирования позволило спрогнозировать эффективность сбыта продукции сельского хозяйства Могилевской области на 2025 г. Прогноз был осуществлен по ряду показателей, включающих выручку от реализации продукции, работ и услуг, млн. руб., себестоимость реализованной продукции, товаров, работ, услуг, млн руб., валовую прибыль, млн руб., чистую прибыль, убыток, млн. руб., число сельскохозяйственных организаций, ед., количество убыточных организаций, ед., количество прибыльных организаций, ед., рентабельность производства, %, рентабельность продаж, %, списочную численность работников организаций, тыс. чел., номинальную начисленную среднемесячную заработную плату работников, тыс. руб., индексы производства продукции сельского хозяйства, дебиторскую задолженность, млн руб., кредиторскую задолженность, млн. руб. и т.д. Проведение предварительного прогноза производственно-сбытовой деятельности позволяет достичь основных целей, скорректировать управление.

Ключевые слова: производство, сбыт, эффективность сбыта, динамика, сельское хозяйство.

The article presents an analysis of the production and marketing of agricultural products in the Mogilev region, studied the main indicators of the development of agriculture in the Mogilev region, the dynamics of production of the main types of products. There was an increase in the volume of agricultural production at current prices in the Mogilev region as a whole by 38.1 %, a decrease in the payroll number of employees of organizations by 14 %. Evaluation of the efficiency of production and marketing of agricultural products in the Mogilev region showed an increase in profit, both from sales and net profit, there is a slight increase in profitability of both production and sales. In general, the analysis carried out does not allow us to identify a certain positive or negative trend in the development of agriculture in the region. The analysis of the efficiency of production and marketing of products of the Mogilev region made it possible to substantiate the optimal trajectory for the development of this field of activity. The use of the simulation modeling method made it possible to predict the effectiveness of the marketing of agricultural products in the Mogilev region for 2025. The forecast was made on a number of indicators, including revenue from the sale of products, works and services (million rubles), cost of goods sold, commodities, works, services (million rubles), gross profit (million rubles), net profit, loss (million rubles), the number of agricultural organizations (units), the number of unprofitable organizations (units), the number of profitable organizations (units), profitability of production (%), profitability of sales (%), payroll number of employees of organizations (thousand people), nominal accrued average monthly wages of employees (thousand rubles), indices of agricultural production, accounts receivable (million rubles), accounts payable (million rubles) etc. Conducting a preliminary forecast of production and marketing activities allows you to achieve the main goals, adjust management.

Key words: production, sales, marketing efficiency, dynamics, agriculture.

Введение

Обеспечение устойчивого производства сельскохозяйственного предприятия гарантирует ему стабильность деятельности, повышение спроса покупателей, конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках [3].

Рост объема выпуска продукции, как правило, ведет к увеличению прибыли предприятия за счёт поиска новых клиентов, эффективного управления затратами, которые напрямую связаны с объемом производства и продаж готовой продукции, влияет на количество получаемой прибыли [1].

Повышение эффективности процесса производства – это один из важнейших экономических рычагов, за счёт которого изменения произойдут не только в системе управления производством, но и в системе внутрисельскохозяйственного планирования и контроля [1]. Немаловажную роль в эффективности сбыта играет процесс товародвижения продукции. Ф. Котлер рассматривает товародвижение как деятельность по планированию, претворению в жизнь и контролю за физическим перемещением материалов и готовых изделий от мест их происхождения к местам использования с целью удовлетворения нужд потребителей и с выгодой для себя [2]. Оно включает в себя: обработку заказов, упаковку товара, складирование, транспортировку, распределение продукции и сбыт.

Для стабильного развития экономического состояния предприятия необходимо проводить поиск наиболее эффективных методов организации производства и сбыта сельскохозяйственной продукции. От грамотной ее организации будут зависеть такие важные финансовые показатели как: объем реализации, средний уровень цены на продукцию, выручка от продаж, прибыль и т.д.

Поэтому разработка мероприятий по повышению эффективности производства и сбыта является одной из главных задач деятельности организаций [6, 7].

Основная часть

Производство – это непрерывно возобновляемый процесс, иначе называемый как воспроизводство. Воспроизводство несёт собой циклический характер, заставляя вращаться производство в кругообороте следующих фаз: производство – распределение – обмен – потребление [1]. Каждая из этих фаз исполняет определенную экономическую функцию.

Рассматривая вопрос эффективности производства и сбыта, можно сказать, что она выступает как ориентир развития сельского хозяйства, цель управленческой деятельности отрасли. Пытаясь улучшить эффективность какого-либо вида деятельности, нужно выявить способы и меры, которые будут способствовать наискорейшему развитию, и отказаться от тех способов, что ведут к упадку [2].

Для того, чтобы уровень эффективности производства на предприятии соответствовал текущим рыночным отношениям, должны быть рассмотрены и изучены: ее уровень, факторы, влияющие на повышение эффективности производства, резервы и направления повышения.

Динамика основных показателей развития сельского хозяйства в Могилевской области приведены в табл. 1.

Таблица 1. Динамика основных показателей развития сельского хозяйства Могилевской области за 2016–2020 гг.

Показатели	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2020 г. к 2016 г., в % в п.п.
Объем производства продукции сельского хозяйства в текущих ценах, млн руб.	1 913	2 201	2 218	2 377	2 642	138,1
В т.ч. растениеводство	953	1 105	1 114	1 183	1 324	138,9
животноводство	960	1 096	1 104	1 194	1 318	137,3
Число сельскохозяйственных организаций, ед.	193,0	164,0	171,0	175,0	192,0	99,5
Количество убыточных организаций, ед.	40,0	30,0	37,0	28,0	24,0	60,0
Количество прибыльных организаций, ед.	153,0	134,0	134,0	147,0	168,0	109,8
Списочная численность работников организаций, тыс. чел.	35,7	34,0	33,2	31,7	30,7	86,0
Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников, тыс. руб.	448,4	518,7	585,4	671,2	770,8	171,9
Валовой сбор зерновых и зернобобовых культур, тысяч тонн	1 049,2	1 180,5	857,4	907,1	1 259,8	120,1
Валовой сбор рапса, тысяч тонн	23,0	63,9	47,9	52,2	76,4	332,2
Валовой сбор свеклы сахарной, тысяч тонн	168,1	235,3	307,6	382,5	392,7	233,6
Валовой сбор льноволокна, тысяч тонн	8,2	8,7	9,2	8,5	6,9	84,1
Валовой сбор картофеля, тысяч тонн	804,3	872,7	797,5	847,8	671,0	83,4
Валовой сбор овощей, тысяч тонн	221,8	221,1	193,4	206,3	196,5	88,6
Валовой сбор фруктов и ягод, тысяч тонн	88,0	44,9	104,9	46,8	78,7	89,4
Реализация скота и птицы на убой (в живом весе), тыс. т	204,6	199,1	211,6	208,5	211,1	103,2
Производство молока, тысяч тонн	755,8	775,1	729,0	669,4	707,5	93,6
Производство яиц, млн шт.	398,2	343,3	324,9	306,1	303,2	76,1
Производство шерсти (в физическом весе), тонн	14,2	16,3	17,0	17,1	14,6	102,8

Выполненная оценка состояния сельского хозяйства Могилевской области (табл. 1) показывает, что в 2020 г. в сельском хозяйстве занято 30,7 тыс. человек, или 8,2 % от числа работающих Могилевской области. На 1 января 2021 г. в сфере сельского хозяйства Могилевской области функционировало 192 организации, из них 24 получили убыток от производственно-сбытовой деятельности. В 2020 г. по сравнению с 2016 г. наблюдался рост объемов производства на 38,1 %, в том числе растениеводства – 38,9 и животноводства – 37,3 %. На производство продукции растениеводства приходится 50,1 % от общего объема производства продукции сельского хозяйства в текущих ценах. Наблюдается рост номинальной среднемесячной заработной платы работников на 71,9 %.

Из табл. 1 видно увеличение валового сбора зерновых и зернобобовых на 20,1 %, валового сбора рапса – на 231,2 %, валового сбора сахарной свеклы – на 133,6 %. Отмечается рост реализации скота и птицы на убой (в живом весе) на 3,2 %, а также увеличение объема производства шерсти – на 2,8 %. По всем остальным видам продукции наблюдается спад производства.

Анализ эффективности сбыта продукции сельского хозяйства Могилевской области показал (табл. 2), что в динамике 2016–2020 гг. наблюдается рост прибыли от реализации продукции на 56,7 %.

Таблица 2. Анализ эффективности сбыта продукции сельского хозяйства Могилевской области за 2016–2020 гг.

Показатели	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2020 г. к 2016 г., в % в п.п.
Выручка от реализации продукции, работ и услуг, млн руб.	1 117,5	1 231,7	1 269,2	1 340,9	1 547,7	138,5
Себестоимость реализованной продукции, товаров, работ, услуг, млн руб.	991,6	1 056,3	1 119,8	1 208,8	1 373,4	138,5
Прибыль, убыток (-) от реализации продукции, товаров, работ, услуг, млн руб.	21,0	55,0	32,8	9,7	32,9	156,7
Чистая прибыль, убыток, млн руб.	26,4	48,3	22,6	58,3	47,0	178,0
Рентабельность производства, %	2,1	5,2	2,9	0,8	2,4	+0,3
Рентабельность продаж, %	1,9	4,5	2,6	0,7	2,1	+0,2
Индексы производства продукции сельского хозяйства, %	105,6	109,2	100,9	101,0	106,7	+1,1
Дебиторская задолженность, млн руб.	111,3	120,5	142,1	188,8	229,7	206,4
Кредиторская задолженность, млн руб.	1 055,6	1 007,3	1 117,7	1 257,9	1 352,3	128,1
Количество дебиторской задолженности на руб. реализованной продукции	0,10	0,10	0,11	0,14	0,15	149,0
Просроченная дебиторская задолженность, млн руб.	31,8	36,0	44,5	52,0	84,6	266,0
Удельный вес просроченной дебиторской задолженности в общей сумме дебиторской задолженности, %	28,6	29,9	31,3	27,5	36,8	+8,3
Соотношение кредиторской и дебиторской задолженности, руб./руб.	9,5	8,4	7,9	6,7	5,9	62,1
Объем реализованной продукции на рубль номинальной зарплаты, руб./руб.	5,8	5,8	5,4	5,3	5,5	93,7
Полученная выручка от реализации на одного списочного работника, руб./чел.	31302,5	36226,5	38228,9	42299,7	50413,7	161,1

Чистая прибыль увеличилась на 78 % (табл. 2). Рост рентабельности производства составил – 0,3 п.п., продаж – 0,2 п. п. Кроме того, наблюдается отрицательная тенденция как рост дебиторской и кредиторской задолженности на 106,4 % и 28,1 % соответственно. В два раза увеличилась просроченная дебиторская задолженность. Сокращается объем реализации продукции на рубль номинальной заработной платы, что объясняется ростом заработной платы более быстрыми темпами по сравнению с ростом производительности труда.

С целью основания стратегии развития Могилевского региона был выполнен прогноз эффективности производства и сбыта продукции сельского хозяйства с использованием метода имитационного моделирования (табл. 3).

Таблица 3. Прогноз эффективности сбыта продукции сельского хозяйства Могилевской области на 2025 гг.

Показатели	Факт	Проект					2025 г. в % к 2020 г.
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	
Выручка от реализации продукции, работ и услуг, млн руб.	1547,7	1592,3	1689,2	1786,2	1883,2	1980,1	127,9
Себестоимость реализованной продукции, товаров, работ, услуг, млн руб.	1373,4	1424,8	1516,4	1608,0	1699,6	1755,1	127,8
Валовая прибыль, млн руб.	174,3	167,5	172,8	178,2	183,5	225,0	129,1
Чистая прибыль, убыток, млн руб.	47,0	55,9	61,0	66,1	71,2	76,4	162,5
Число сельскохозяйственных организаций, ед.	192,0	182,0	182,0	184,0	184,0	185,0	96,4
Количество убыточных организаций, ед.	24,0	22,0	18,0	15,0	11,0	8,0	33,3
Количество прибыльных организаций, ед.	168,0	160,0	164,0	169,0	173,0	177,0	105,4
Рентабельность производства, %	3,4	3,9	4,0	4,1	4,2	4,4	0,9
Рентабельность продаж, %	11,3	10,5	10,2	10,0	9,7	11,4	0,1
Списочная численность работников организаций, тыс. чел.	30,7	29,4	28,1	26,9	25,7	24,5	79,6
Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников, тыс. руб.	770,8	838,1	917,8	997,6	1077,3	1157,0	150,1
Индексы производства продукции сельского хозяйства	106,7	102,9	102,3	101,7	101,1	100,5	94,2
Дебиторская задолженность, млн руб.	229,7	250,0	280,5	311,0	341,5	372,1	162,0
Кредиторская задолженность, млн руб.	1352,3	1411,4	1495,8	1580,2	1664,6	1749,0	129,3
Количество дебиторской задолженности на руб. реализованной продукции	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	126,6
Просроченная дебиторская задолженность, млн руб.	31,8	36,0	44,5	52,0	84,6	85,6	269,2
Удельный вес просроченной дебиторской задолженности в общей сумме дебиторской задолженности, %	13,8	14,4	15,9	16,7	24,8	23,0	9,2
Соотношение кредиторской и дебиторской задолженности, руб./руб.	5,9	5,6	5,3	5,1	4,9	4,7	79,8
Объем реализованной продукции на рубль среднемесячной зарплаты, руб./руб.	5,5	5,4	5,5	5,5	5,7	5,8	107,0
Полученная выручка от реализации на одного списочного работника, руб./чел.	50413,7	54214,5	60029,9	66376,8	73331,8	80986,5	160,6

Полученные расчётные значения показали (табл. 3), что в перспективе наблюдается дальнейшее увеличение объема производства продукции, что в свою очередь приведет к росту выручки от реализации на 27,9 % к 2025 г. Себестоимость реализованной продукции увеличится на 27,8 %. Рост валовой прибыли составит 29,1 %. Что положительно скажется на рентабельности производства и рентабельности продаж. Отмечается дальнейший рост номинальной заработной платы, а также рост объема реализованной продукции на рубль среднемесячной заработной платы.

Заключение

Таким образом, мы видим, что анализ эффективности сбыта сельскохозяйственной продукции помогает найти ответы на вопросы, какую продукцию выгоднее производить, в каких объёмах, куда и каким образом реализовать. Анализ эффективности сбыта – это не просто обработка информации об объёмах продаж, себестоимости продукции, прибыли от реализации, это показатель финансовой успешности организаций, который даёт возможность выяснить эффективность того или иного канала сбыта, рентабельность торговых точек, если таковые имеются, рентабельность той или иной продукции, работу службы сбыта и скорректировать маркетинговую стратегию предприятия в целом.

Динамика основных показателей развития сельского хозяйства Могилевской области за 2016–2020 гг. показала рост объема производства продукции сельского хозяйства в текущих ценах, сокращение количества убыточных хозяйств. Отмечается рост валового сбора зерновых и зернобобовых, рапса, сахарной свеклы, реализации скота и птицы на убой (в живом весе) и объема производства шерсти. Прогноз эффективности сбыта продукции сельского хозяйства Могилевской области на 2025 гг., выполненный с помощью использования методов имитационного моделирования показал возможный рост увеличения эффективности производственно-сбытовой деятельности организаций Могилевской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов, В. М. Система формирования и реализации экономических интересов сельскохозяйственных товаропроизводителей / В. М. Белоусов // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. – 2013. – № 6. – С. 167–170.
2. Котлер, Ф. Основы маркетинга / Ф. Котлер; пер. с англ. – Новосибирск: Наука, 1992. – 736 с
3. Михалева, Е. П. Маркетинг: конспект лекций / Е. П. Михалева. — Москва: Издательство Юрайт, 2010. – 222 с.
4. Методические рекомендации по формированию эффективной системы сбыта сельскохозяйственной продукции / З. М. Ильина [и др.]. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2013. – 43 с.
5. Формирование эффективной системы сбыта сельскохозяйственной продукции / З. М. Ильина [и др.]. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2013. – 185 с. – ISBN 978-985-6972-21-1.
6. Применение математических методов в управлении АПК Беларуси и России: монография / Н. М. Светлов, В. И. Буць, Е. В. Карачевская, Р. К. Ленькова, Д. В. Редько, Г. Н. Светлова, И. В. Шафранская, И. Н. Шафранский – М.: ЦЭМИ РАН, 2020. – 177 с.
7. Совершенствование системы сбыта в агропродовольственной сфере. Теория, методология, практика / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2010. – 250 с.

ПРОДУКТИВНАЯ ЗАНЯТОСТЬ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ

Т. А. ТЕТЕРИНЕЦ

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г Минск, Республика Беларусь, 220023, e-mail: talad79@mail.ru

(Поступила в редакцию 22.09.2022)

В статье рассмотрены теоретические и методологические подходы формирования и развития продуктивной занятости сельского населения как одного из основных инструментов повышения эффективности управления развитием человеческого капитала в аграрном секторе. Раскрывается содержательный смысл категорий «диверсификация занятости», «продуктивная занятость». Отмечается тесная взаимосвязь и взаимообусловленность этих понятий. Изучено влияние продуктивной занятости на трансформацию рынка труда. Выявлены и раскрыты основные направления указанных преобразований, ориентированные на повышение экономической вовлеченности местного населения в трудовой процесс. Разработана концептуальная схема взаимосвязи человеческого капитала, продуктивной занятости сельского населения и социальной инфраструктуры сельских территорий. Отмечается высокая степень воздействия продуктивности сельскохозяйственного труда, сбалансированности трудовых ресурсов сельского населения и диалектических факторов развития аграрной экономики на интенсивность приращения человеческого капитала. Проведен комплексный и всесторонний анализ уровня занятости сельского населения с учетом влияния отраслевых и территориальных индикаторов. Установлено, что тенденции занятости сельского населения и работников сельскохозяйственных организаций имеют разновекторную направленность. Это свидетельствует о переливе человеческого капитала в аграрном секторе из сельскохозяйственной в несельскохозяйственную сферу. Проведен анализ состава и структуры безработных в сельской местности, зарегистрированных в органах по труду, занятости и социальной защите. Отмечается наличие существенной дифференциации незанятого сельского населения в разрезе регионов Республики Беларусь. Проведенное исследование показало практически полное отсутствие влияния образовательного фактора на изменение структуры безработных. Данное обстоятельство актуализует задачу повышения качества и увеличения разносторонности получаемых образовательных компетенций.

Ключевые слова: продуктивная занятость, сельское население, человеческий капитал, рынок труда, безработные.

The article considers theoretical and methodological approaches to the formation and development of productive employment of the rural population as one of the main tools for increasing the efficiency of managing the development of human capital in the agricultural sector. The substantive meaning of the categories "diversification of employment", "productive employment" is revealed. There is a close relationship and interdependence of these concepts. The influence of productive employment on the transformation of the labor market is studied. The main directions of these transformations, focused on increasing the economic involvement of the local population in the labor process, are identified and disclosed. A conceptual scheme of the relationship between human capital, productive employment of the rural population and the social infrastructure of rural areas has been developed. There is a high degree of impact of the productivity of agricultural labor, the balance of the labor resources of the rural population and the dialectical factors of the development of the agrarian economy on the intensity of the increment of human capital. A complex and comprehensive analysis of the level of employment of the rural population was carried out, taking into account the influence of sectoral and territorial indicators. It has been established that the trends in employment of the rural population and workers of agricultural organizations have a multi-vector orientation. This indicates the overflow of human capital in the agricultural sector from the agricultural to the non-agricultural sector. An analysis of the composition and structure of the unemployed in rural areas, registered with the authorities for labor, employment and social protection, was carried out. There is a significant differentiation of the unemployed rural population in the context of the regions of the Republic of Belarus. The conducted research showed the almost complete absence of the influence of the educational factor on the change in the structure of the unemployed. This circumstance actualizes the task of improving the quality and increasing the versatility of the acquired educational competencies.

Key words: productive employment, rural population, human capital, labor market, unemployed.

Введение

Развитие человеческого капитала в аграрном секторе, как и увеличение его стоимости, определяется множественной совокупностью факторов, приоритетным из которых выступает занятость сельского населения. Ее уровень и тенденции изменения во многом обусловлены состоянием сельских поселений и многоукладностью сельскохозяйственной сферы. В свете вышеизложенного можно сделать логический вывод, что интенсивность капитализации человеческого потенциала является следствием диверсификации занятости сельского населения.

Данное направление не является новым для аграрной науки и достаточно широко раскрывается в отечественной и зарубежной литературе [1–4]. Используемые подходы к содержательности этого понятия несколько дифференцируются исходя из объекта и предмета исследований. Принимая за основу необходимость повышения эффективности управления развитием человеческого капитала в аграрном секторе, под диверсификацией занятости сельского населения следует понимать формирование

многоукладного и многофункционального механизма экономически продуктивной деятельности населения, проживающего в сельских населенных пунктах. В соответствии с действующим законодательством к категории последних относятся агрогородки, поселки, деревни и хутора [5].

Продуктивная занятость играет роль стимулирующего фактора не только аграрной экономики, но и социальной сферы, т. к. препятствует росту безработицы за допустимый предел и снижению результативности сельскохозяйственного производства. Находясь в тесной взаимосвязи с уровнем производительности труда, продуктивная занятость выступает не только количественным и качественным индикатором эффективности использования трудовых ресурсов, но основополагающим фактором формирования и развития человеческого капитала в отрасли [6].

Основная часть

Содержательные особенности продуктивной занятости работников аграрного сектора позволяют трансформировать социально-экономическую модель аграрного рынка труда с целью:

- формирования рациональной структуры занятости аграрного социума, нацеленной на повышение продуктивности человеческого капитала и оптимизации видовой структуры сельскохозяйственного сектора;

- повышения гибкости и расширение многообразия форм сельскохозяйственной и несельскохозяйственной занятости, учитывающих ориентированность и уровень развития сельскохозяйственного производства, а также потребности и заинтересованности сельских жителей;

- установления рыночной сбалансированности спроса и предложения рабочей силы в аграрной сфере посредством определения равновесной цены, соответствующей реальной стоимости работ;

- стабилизации равновесия трудового потенциала и рабочих мест на основе рационального территориального-отраслевого и профессионально-квалификационного распределения трудовых ресурсов, а также стабилизации миграционных и демографических процессов на селе;

- повышения действенности системы оплаты труда, включая социально-экономическую систему мотивации, комплексно реализующей воспроизводственную, регулирующую и стимулирующую функции;

- усиления конкурентоспособности трудовых ресурсов, отвечающей современному уровню развития техники, организации и управления сельскохозяйственным производством;

- увеличения доли инновационной компоненты в составе человеческого капитала, формируемой за счет многопрофильной и вариативной профессиональной подготовки и переподготовки работников аграрного сектора, что в совокупности способствует развитию навыков внутриотраслевой трудовой миграции в соответствии со структурными изменениями экономики аграрного сектора и конъюнктуры территориального рынка труда;

- наращивания числа высокопроизводительных рабочих мест, конкурентоспособных по уровню продуктивности, условиям и оплате труда с аналогичными в других секторах экономики [7–8].

Концепция продвижения продуктивной занятости основывается на взаимодействии регулирующих функций государственных и рыночных механизмов, и отличается социальной направленностью. Её следует рассматривать как целостную систему, структурные и качественные характеристики которой соответствуют особенностям рыночной экономики, отличающейся активностью структурных сдвигов в аграрном секторе, способствуют приращению и воспроизводству человеческого капитала и создают платформу трансформации социальной инфраструктуры сельских территорий.

Особенности сельскохозяйственного производства в совокупности с ролью данной отрасли в обеспечении продовольственной безопасности определяют необходимость применения специфических подходов к управлению развитием продуктивной занятостью сельского населения. Преломляясь сквозь призму аграрного труда, она должна отвечать следующим важнейшим критериям: приносить работникам трудовой доход, обеспечивающий достойные условия жизни и возможности дальнейшего саморазвития, способствовать наиболее эффективному использованию трудовых ресурсов, что в совокупности содействует приращению запаса знаний и капитализации человеческого потенциала (рисунки).

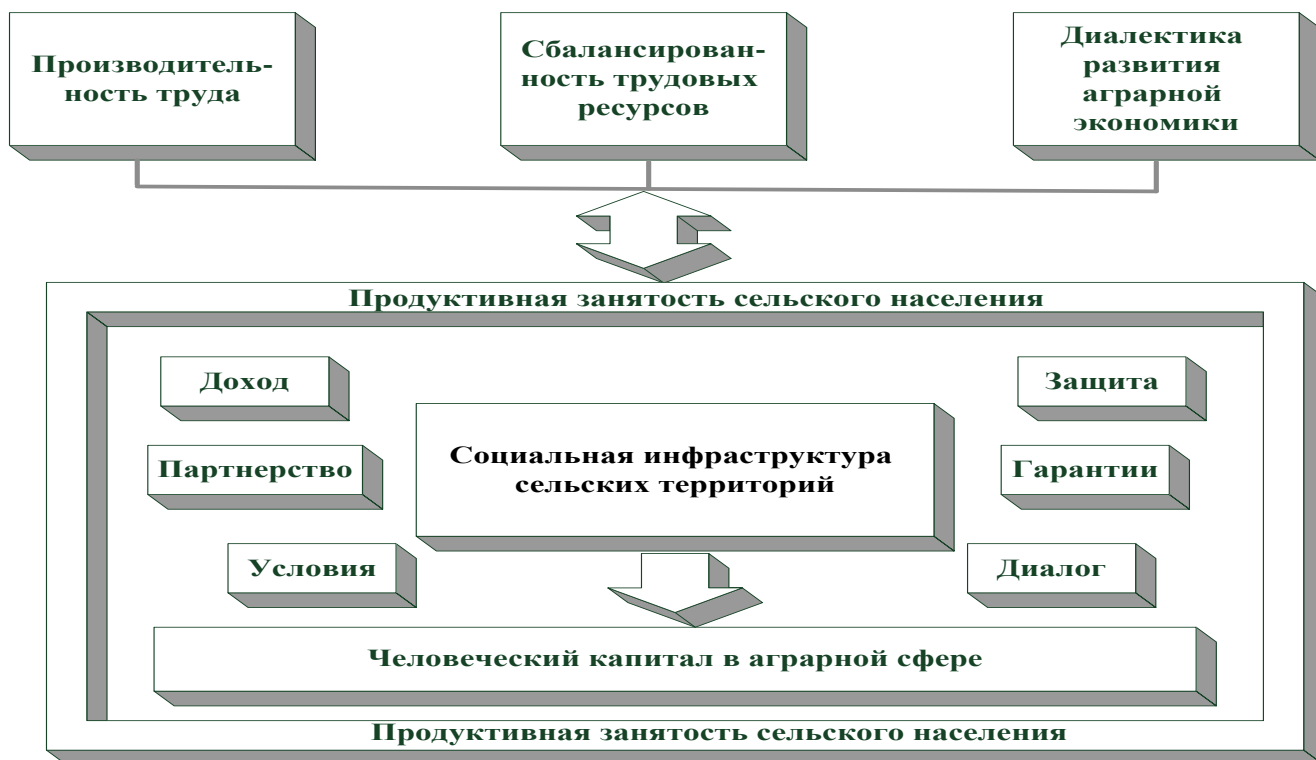


Рис. Концептуальная схема взаимосвязи человеческого капитала, продуктивной занятости сельского населения и социальной инфраструктуры сельских территорий

Примечание: Составлено на основе [6–10].

Концептуальная схема взаимосвязи развития человеческого капитала, продуктивной занятости сельского населения и социальной инфраструктуры сельских территорий включают в себя такие элементы, как:

- производительность труда, обусловленная качеством человеческого капитала, количеством квалифицированной рабочей силы. Достижение высоких параметров вышеназванных индикаторов во многом обусловлено состоянием производственной, социальной, транспортной, коммуникационной инфраструктуры. Повышение продуктивности аграрного сектора в равной степени обусловлено, как уровнем технологической оснащённости отрасли, так и наличием соответствующих кадров. Последнее обстоятельство затрагивает не только трудящихся рабочих специальностей, но и управленческий состав, компетенции и профессионализм которых во много предопределяет результативность всего производственного процесса.

- сбалансированность трудовых ресурсов как агрегированный показатель их качественного и количественного состава человеческого капитала, сохранности кадрового потенциала, планомерности его замещения и своевременности обновления. Сложившиеся демографические дисбалансы сельского населения, высокий уровень межотраслевой миграции актуализируют задачу взаимоувязки кадрового состава с потребностями аграрного рынка труда. Невысокий уровень цифрового и информационного насыщения социальной сферы села выступают сдерживающим фактором притока молодого, инициативного и профессионального человеческого капитала в аграрный сектор.

- диалектика развития аграрной экономики как объективное условие сохранения и приращения человеческого капитала. Социальная инфраструктура выступает неотъемлемым элементом территориальной целостности, объективным условием сохранности и приращения человеческого капитала. Соответственно, ее диалектическое развитие будет вряд ли возможным в случае отсутствия аналогичных трансформаций всей экономической системы – аграрной экономики. Находясь в непосредственной взаимосвязи, взаимодополнении, социальная инфраструктура и аграрный сектор предопределяют их корреляционное развитие, мерилom эффективности которого будет вступать увеличение капитализированной части человеческого потенциала.

Каждый из представленных элементов выступает как следствием, так и объективным условием повышения уровня продуктивной занятости сельского населения и ее диверсификации. С одной стороны, последняя предполагает наличие возможностей роста производительности и получаемых дохо-

дов, с другой – увеличение размера вознаграждения за труд способствует приумножению человеческого потенциала посредством повышения эффективности использования человеческого капитала.

Выявленные взаимозависимости обуславливают необходимость дальнейших исследований причинно-следственных связей, определяющих тенденции и факторы развития занятости сельского населения. Не отрицая положительного влияния видовой разновекторности на эффективность функционирования аграрного сектора, следует понимать, что действенность этого процесса определяется количественными пределами численного состава рабочей силы в сельской местности и ограничениями продуктивного разделения труда. В свете чего возникает необходимость изучения показателей, отражающих тенденции изменения занятости населения (табл. 1).

Таблица 1. Показатели, характеризующие тенденции изменения занятости сельского населения, %

Показатели	Годы						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Уровень участия в рабочей силе	69,0	68,2	69,8	69,9	69,9	70,0	68,9
Уровень занятости	65,1	64,0	66,0	67,2	67,1	67,4	66,5
Уровень безработицы	5,6	6,2	5,5	4,0	3,6	3,7	3,6
Удельный вес занятого сельского населения в процентах к республиканскому уровню	18,9	19,1	20,5	19,2	18,8	18,9	19,0
Удельный вес занятых в сельском, рыбном и лесном хозяйстве в процентах к уровню занятых в сельской местности	44,5	43,7	42,4	38,9	40,5	39,9	39,0
Темп изменения численности занятого сельского населения в процентах к предыдущему году	99,7	98,9	105,8	93,5	97,9	100,1	99,6
Темп изменения численности сельского населения в процентах к предыдущему году	98,9	99,2	99,2	98,9	98,7	98,4	98,0

Примечание: Рассчитано на основе [11–14].

Уровневые показатели, характеризующие динамику вовлеченности населения в трудовую деятельность, находятся в непосредственной взаимосвязи. Изменение степени участия в рабочей силы предопределяются тенденциями занятости и безработицы сельского населения. Последние, в свою очередь, обусловлены множественной совокупностью количественных и качественных факторов. Четко выраженный тренд снижения численности сельского населения оказывает негативное воздействие на формирование и увеличение запаса рабочей силы в сельской местности и ограничивают потенциал приращения человеческого капитала. Сложившаяся ситуация в некоторой степени нивелирует воздействие детерминанты конкурентоспособности вследствие сокращения численности занятого населения как в отраслевом, так и территориальном разрезе.

Ярко выраженная тенденция снижения удельного веса занятых в сельском, рыбном и лесном хозяйстве к его уровню в сельской местности вызвана не столько отрицательной демографической динамикой столько производственно-технологическим фактором. Прирост производительности труда в сельском хозяйстве на одного работника в сопоставимых ценах за период 2015–2020 гг. составил 36,9 %. Модернизация рабочих мест в этой сфере способствует их высвобождению и объективному сокращению численности трудовых ресурсов в сельскохозяйственном производстве. В 2021 г. коэффициент восполнения в сельском, лесном и рыбном хозяйстве составил 88,5 %. Это говорит о том, что в этом периоде численность уволенных с работы на 11,5 % превышало количество зачисленных в штат. В относительном выражении это составило 4,0 % от списочной численности работников в среднем за период.

Сложившаяся динамика сокращения численности работников, задействованных в производстве сельскохозяйственной продукции, не оказывает прямого влияния на занятость сельского населения. Изменение этого показателя в процентах к республиканскому уровню не имеет линейной траектории в отличие от рассмотренных выше индикаторов. Сложившиеся пропорции свидетельствует о диверсификации занятости сельского населения и миграции трудовых ресурсов из сельскохозяйственной в несельскохозяйственную сферу. Выявленные тенденции обусловлены не только техническим перевооружением аграрного производства и на этой основе высвобождением численности работоспособного населения. Весомым фактором, определяющим динамику занятости сельского населения, является уровень оплаты труда. Несмотря на то, что реальная заработная плата работников сельскохозяйственной отрасли за период 2015–2020 гг. увеличилась на 24,2 %, ее процентное отношение к республиканскому уровню снизилось с 72,2 до 70,2 %.

Появление новых высоколиквидных видов экономической деятельности оказывает разностороннее влияние на занятость сельского населения. С одной стороны, происходит перелив человеческого капитала в наиболее зарплатоемкие сферы. С другой – сложившаяся ситуация способствует диверси-

фикации аграрной экономики и развитию новых форм вовлечения местного населения в трудовой процесс. Вместе тем сложившаяся достаточно благоприятная картина вовлечения сельского населения в сферу трудовых отношений, в действительности не исключает наличия значительного запаса рабочей силы, выражаемой численностью безработных, зарегистрированных в органах по труду, занятости и социальной защите (табл. 2).

Таблица 2. Удельный вес количества безработных в сельской местности, зарегистрированных в органах по труду, занятости и социальной защите на конец периода в разрезе регионов, %

Территория	Годы							Изменение, п.п.
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Республика Беларусь	22,1	21,4	20,1	17,0	17,4	18,5	19,6	-2,6
Брестская область	35,9	33,5	22,8	20,6	30,9	21,3	22,1	-13,7
Витебская область	21,2	15,3	18,8	18,8	22,2	19,4	22,2	1,0
Гомельская область	21,9	23,0	17,6	13,2	13,4	21,0	25,4	3,6
Гродненская область	22,1	16,1	20,3	20,7	17,4	21,3	22,2	0,1
Минская область	47,8	44,8	45,7	37,7	28,6	33,6	35,8	-12,0
Могилевская область	19,0	19,3	18,8	14,6	14,4	18,1	21,2	2,3

Примечание: Рассчитано на основе [15].

Несмотря на то, что в целом по республике удельный вес безработных в сельской местности по отношению к их общему количеству сократился, в большинстве областей отмечаются обратные тенденции. И хотя их общий отрицательный прирост существенно ниже снижения численности местных жителей, не имеющих постоянного места работы, это свидетельствует о наличии резерва трудовых ресурсов.

Рассматривая состав безработных с позиции их возрастной градации, следует отметить наличие весьма противоречивых тенденциях в региональной проекции. Идентичность динамики увеличения удельного веса незанятого населения как в целом по республике, так и в разрезе областей прослеживается только в возрастном диапазоне от 60 до 74 лет. Их доля в общем объеме безработных варьируется от 6,7 % в Минской области до 11,8 и 15,7 % в Могилевском и Витебском регионе соответственно [15]. Возрастание числа потенциальных работников на рынке труда преимущественного пенсионного возраста, с одной стороны, отражает качественные характеристики предложения рабочей силы, с другой – актуализирует задачу диверсификации занятости населения, учитывающую ее возрастной диапазон.

Практически во всех регионах, за исключением Витебской и Гродненской областей, отмечается снижение удельного веса безработных во возрасте 50–59 лет. Сложившиеся тенденции объясняются необходимостью желанием людей сохранить работы в предпенсионный период и наработать трудовой стаж. Градация незанятого населения в возрастном диапазоне до 50 лет существенно дифференцируется в разрезе регионов Беларуси и не имеет четко выраженной закономерности.

Отдельного внимания заслуживает образовательная структура безработных, зарегистрированных в органах по труду, занятости и социальной защите. В данной проекции ситуация практически идентична возрастному составу, т. е. отмечается существенный разброс тенденций по регионам в зависимости от уровня образования: базовое, среднее, профессионально-техническое, среднее специальное, высшее и послевузовское. Вместе с тем, достаточно отчетливо прослеживается негативный тренд увеличения количества незанятого населения, имеющего высшее образование. В целом по республике этот показатель увеличился с 14,3 % в 2015 г. до 15,8 % в 2021 г. Сложившаяся динамика характерна практически для всех регионов республики за исключением Брестской области. Данная ситуация косвенным образом свидетельствует о несоответствии полученных образовательных компетенций их требуемому уровню, заявляемому работодателями. Дополнительным аргументом, подтверждающим данную гипотезу, является практически полное отсутствие в числе безработных лиц, имеющих послевузовское образование. Согласно официальной статистической информации, на конец 2021 г в целом по республике их насчитывалось 8 человек [15].

Таким образом, проведенное исследование эмпирически подтверждает объективную необходимость и наличие существенных резервов диверсификации занятости сельского населения посредством расширения спектра его видов деятельности и этой основе повышения эффективного аграрного сектора. Последнее обстоятельство выступает основным индикатором экономически обоснованного уровня диверсификации аграрной экономики и степени вовлеченности в трудовой процесс сельского населения. Одним из критериев определения их величины выступает уровень продуктивной занятости сельского населения, которая в широком смысле этого понятия отражает количество людей, эф-

фактивно задействованных в аграрном секторе экономики и предполагает максимальное соответствие имеющейся рабочей силы потребностям рынка труда [16].

Заключение

Предлагаемая концепция продуктивной занятости в аграрном секторе, выступает связующим звеном комплексного развития человеческого капитала, социальной инфраструктуры сельских территорий и диверсификации аграрной экономики и отражает максимальное соответствие имеющейся рабочей силы потребностям рынка труда с учетом сложившихся социально-экономических условий его функционирования. Ее количественным измерителем выступает численность задействованных в аграрном секторе, непосредственно занятых производством сельскохозяйственной продукции. Проецируя содержательный контекст этого понятия на аграрную сферу, следует отметить, что она выступает одним из важнейших условий его эффективного функционирования и позволяет исследовать уровень занятых в сельскохозяйственном производстве, обеспечивающих реальное производство товаров и услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абряндина, В. В. Роль диверсификации занятости в условиях трансформации экономической деятельности сельского населения / В. В. Абряндина // Никоновские чтения. – 2020. – № 25. – С. 113–117.
2. Агибалов, А. В. Методические подходы к оценке уровня диверсификации экономики сельских территорий / А. В. Агибалов, И. И. Новикова, С. Л. Закупнев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (56). – С. 188–196.
3. Развитие сельских территорий на основе диверсификации сельской экономики: состояние, тенденции, теории и механизмы: монография / Тарасов А. Н., Антонова Н. И., Тарасов А. С., Бахматова Г. А., Маркина Е. Д. – Ростов н/Д: ВНИИ-ЭиН-филиал ФГБНУ ФРАНЦ; Изд-во ООО «АзовПринт». – 2018. – 128 с.
4. Marinoudi V. Robotics and labour in agriculture. A context consideration / V Marinoudi, C. G. Sorensen, S. Pearson, D. Vochtis // Biosystems Engineering. – 2019. – Vol. 184. – P. 111–121.
5. Закон Республики Беларусь «Об административно-территориальном устройстве Республики Беларусь». [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://world_of_law.pravo.by/text.asp?RN=H19800154 – Дата доступа: 27.07.2022.
6. Гануш, Г. И. Повышение уровня продуктивной занятости сельского населения в контексте развития человеческого капитала / Г. И. Гануш, Т. А. Тетеринец // Новая экономика. – № 2 (76). – 2020. – С. 5–14.
7. Исакова, Г. К. Концептуальные основы формирования продуктивной занятости в контексте развития человеческого потенциала / Г. К. Исакова // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2019. – № 3–8 (47). – С. 64–70.
8. Кодирзода, Д. Б. Приоритетные направления обеспечения продуктивной занятости в экономике республики Таджикистан / Д. Б. Кодирзода, Н. Н. Умаров // Таджикистан и современный мир. – 2019. – №2 (65). – С. 12–25.
9. Романюк, И. А. Государственная социальная политика в обеспечения продуктивной занятости сельского населения / И. А. Романюк // Экономика АПК. – 2014. – №10 (240). – С. 105–109.
10. Бискеков, А. Т. Формирование продуктивной занятости сельского населения / А. Т. Бискеков // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 12–1 (91). – С. 50–51.
11. Численность занятого населения в среднем за период. [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=155115#> – Дата доступа: 22.07.2022.
12. Списочная численность работников в среднем за период. [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=153154> – Дата доступа: 22.07.2022.
13. Уровень участия в рабочей силе. [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=186976> – Дата доступа: 22.07.2022.
14. Уровень занятости населения. [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=186988> – Дата доступа: 22.07.2022.
15. Численность безработных, зарегистрированных в органах по труду, занятости и социальной защите на конец периода. [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=154487> – Дата доступа: 02.08.2022.
16. Shtals E. Assessment of functional effectiveness of the long-term social care institutions in Latvian municipalities by the data envelopment analysis method / E. Shtals, Z. Tsaurkubule, R. Konstante // Sociālo zinātņu vēstnesis. – 2019. – № 2(29). – lpp. 65–85.

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE AGRARIAN ENTREPRENEURSHIP BASED ON PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN AZERBAIJAN

N. S. MIRZAYEV

*Lankaran State University,
Lankaran city, Azerbaijan, mirzoev.n@mail.ru*

(Поступила в редакцию 30.09.2022)

The current conditions of Azerbaijan are inevitable for public-private sector cooperation. This cooperation envisages the application of mechanisms for involving the private sector by the state in social projects. In a modern sense, public and private sector cooperation is understood as an institutional and organizational alliance between the state and entrepreneurship to implement international, national, and local projects. Analysis of the experience of countries at different stages of socio-economic development shows that this type of cooperation is more successfully applied in their sectors. The development of entrepreneurship in the agricultural sector creates favorable conditions for the implementation of the production of competitive agricultural and food products. Regarding the development of entrepreneurship in this field, the specific characteristics of agricultural production and the agrarian economy as a whole should be taken into account. As a result of the existence of an excellent legislative framework related to the development of entrepreneurship in the agricultural sector in our republic, large-scale steps have been taken in the direction of the development of entrepreneurship and the formation of a multi-system economy, and this process, more precisely, the organization of cooperation between the state and the private sector in the agricultural sector, and state support for the development of innovative entrepreneurship is still ongoing.

The article mentions the role of innovations in the direction of entrepreneurship in the agricultural sector. In this direction, the regulatory activity of the state in the field of public-private partnership is shown. At the same time, public-private sector cooperation in the modern sense is investigated as an institutional and organizational alliance created between the state and entrepreneurs to implement international, national, and local projects with public content. In addition, the mechanisms for ensuring the development of micro, small and medium-sized enterprises in the country, the mechanisms that coordinate and regulate the activities of state bodies providing services to enterprises, and the activities of several institutions that provide state support for their financing are analyzed.

As a result, we can note that the public-private sector partnership should play a special role in the creation of economic conditions for increased investment attractiveness and the accelerated innovative development of rural entrepreneurship in the needs of the deterioration of the economic situation and the deficit of budget funds. Practical experience in implementing public-private partnership projects at the international and national level shows that with a properly formed structure and optimal form selection, its application can solve important infrastructure problems and satisfy all the interests of the involved parties.

Key words: *agrarian sphere, entrepreneurship, public-private partnership, development, innovation, investment, financing*

Нынешние условия Азербайджана способствуют сотрудничеству государственного и частного секторов. Это сотрудничество предусматривает применение государством механизмов вовлечения частного сектора в социальные проекты. В современном понимании под сотрудничеством государственным и частного секторов понимается институциональный и организационный союз государства и предпринимательства для реализации международных, национальных и местных проектов. Анализ опыта стран, находящихся на разных этапах социально-экономического развития, показывает, что этот вид сотрудничества более успешно применяется в этих отраслях. Развитие предпринимательства в агропромышленном комплексе создает благоприятные условия для осуществления производства конкурентоспособной сельскохозяйственной и пищевой продукции. Что касается развития предпринимательства в этой сфере, то следует учитывать специфику сельскохозяйственного производства и аграрной экономики в целом. В результате наличия в нашей республике прекрасной законодательной базы, связанной с развитием предпринимательства в агропромышленном комплексе, были предприняты масштабные шаги в направлении развития предпринимательства и формирования многосистемной экономики, и этот процесс, точнее, организация сотрудничества государства и частного сектора в аграрной сфере, государственная поддержка развития инновационного предпринимательства продолжается до сих пор.

В статье упоминается роль инноваций в направлении предпринимательства в аграрной сфере. В этом направлении показана регулирующая деятельность государства в сфере государственно-частного партнерства. При этом государственно-частное сотрудничество в современном понимании исследуется как институционально-организационный альянс, создаваемый между государством и предпринимателями для реализации международных, национальных и местных проектов общественного содержания. Кроме того, разработаны механизмы обеспечения развития микро-, малого и среднего предпринимательства в стране, анализируются механизмы, координирующие и регулирующие деятельность государственных органов, оказывающих услуги предприятиям, а также деятельность ряда учреждений, оказывающих государственную поддержку для их финансирования.

В итоге можно отметить, что особую роль государственно-частное партнерство должно играть в создании экономических условий для повышения инвестиционной привлекательности и ускоренного инновационного развития сельского предпринимательства в условиях ухудшения экономической ситуации и дефицита бюджетных средств. Практический опыт реализации проектов государственно-частного партнерства на международном и национальном уровне показывает, что при правильно сформированной структуре и выборе оптимальной формы его применение позволяет решить важные инфраструктурные задачи и удовлетворить все интересы вовлеченных сторон.

Ключевые слова: *аграрная сфера, предпринимательство, государственно-частное партнерство, развитие, инновации, инвестиции, финансирование.*

Introduction. As a result of the successful, purposeful policy conducted in Azerbaijan, which has chosen the path of active integration into the world economic system, the formation of the economy has created favorable conditions for the further increase of business activity in the country, as well as for the rapid development of the non-oil sector as well as the oil sector.

The agricultural sector, which forms the basis of the economy, plays a decisive role in the development of other sections of the economy. Entrepreneurship and economic development, the locomotive of economic development, are interrelated processes. Thus, the unity of entrepreneurship and socio-economic development gives the necessary benefit. Development in agriculture depends directly on the attitude toward entrepreneurship, and coverage of entrepreneurial activity helps to reduce the balanced development of the regions, unemployment, and poverty. Of course, the role of the state in this process is great.

Taking into account the interests of both the enterprise and the state in the innovative development of the enterprise and increasing the gross domestic product, the establishment of an effective organizational mechanism for the regulation of innovation activity should be based on the balancing of the interests of the participants of the innovation process:

- the enterprise that implements innovation projects;
- the enterprise generating innovation projects;
- investors;
- economic subjects and the state.

In modern economic conditions, the interaction of the private and public sectors of the economy is the most important condition for the efficient distribution of resources without excluding the sphere of innovation. In terms of entrepreneurship, state authorities are called to create the most favorable conditions for the development of the business sector. From the position of the state, during its activity, the latter ensures the implementation of goals, tasks, and interests related to improving the welfare of the population, employment, economic, environmental security, etc.

As a rule, public-private partnership considers that it is not the state that participates in business projects, but on the contrary, the state invites entrepreneurs to participate in the implementation of socially important projects. In practice, the concept of public-private partnership is considered as an institutional and organizational union of the state and the entrepreneurial sector, created for a certain period for the implementation of specific joint projects, and ceases to operate after their implementation is completed. In other words, it is a kind of mechanism capable of increasing the level of trust between partners and acting as an indicator of the efficiency of relations between the state and the business sector.

In modern world experience, forms of cooperation between the state and business within the framework of public-private partnership are divided into three parts:

- traditional – joint use of financial and other resources based on partnership;
- investment – a joint investment of the state and private enterprises in infrastructure development projects;
- scientific and educational - cooperation within the framework of international innovation projects in the context of internationalization of capital.

A complex of methodological approaches to the analysis of the formation and activity of public-private partnership relations in the direction of the development of entrepreneurship in the agricultural field has been formed in the scientific literature. However, there is still no unified concept of the conditions for its development. The characteristics of the modern development of public-private partnership in Azerbaijan and the theoretical justification of its importance for the formation of innovative entrepreneurship in the agricultural field are relevant.

The **purpose** of the study is to prepare scientifically based proposals and recommendations regarding the place and role of public-private partnerships and mutual relations in the direction of increasing the efficient management of innovative entrepreneurship in the agricultural field.

Source analysis's. Current economic problems of the agricultural sector in Azerbaijan, its role in ensuring food security and the formation of entrepreneurship, system transformations and modernization in the agricultural economy, state regulation of material and technical support of products in the field, and creation of modern forms (network) of innovation infrastructure, public-private partnership in this field and such problems from Azerbaijani scientists Z. A. Samadzade, E. R. Ibrahimov, E. A. Guliyev, B. Kh. Atashov, I. H. Aliyev, I. H. Ibrahimov, T. N. Aliyev, R. A. Balayev, A. E. Guliyeva, A. C. Verdiyev, S. V. Salahov, M. C. Huseynov, A. F. Abbasov, A. H. Valiyev, H. A. Khalilov, F. H. Gasimov, Z. M. Najafov, and foreign researchers O. M. Kunitsaya, V. L. Tsbovski, V. G. Varnavski, M. A. Deryabina, A. V. Klimenko,

S. D. Danasorova, L. M. Igolkina, and M. B. Losutova were studied in the works of other scientists and important recommendations were given.

Main part. In the evaluation of the effectiveness of the use of new technical means and the application of advanced agrotechnologies in the agricultural field, the technical and technological innovation should be characterized, by the new techniques and technologies, the environment of their application, in other words, the conditions of innovation should be characterized, the technical tools that have been used for a long time and are accepted as a basis for comparison the main indicators should be determined, the perspectives of changes in technical and economic parameters should be compared in the example of new and basic technical tools [3, p.32]. As you know, the effectiveness of the innovation process is determined by the cooperation and coordination of actions among its participants. To increase the efficiency of innovation processes, partnership relations simultaneously, but in different degrees, involve all its stakeholders – the state, investors, innovators, universities, research organizations, etc. occurs between As a result, the concentration of all types of resources, as well as their sources, is observed within the framework of a certain form of interaction between the public and private sectors in priority areas for the implementation of joint innovation projects [7, p. 607–614]. Resources and their sources are selected based on maximizing the possible synergy effect achieved at all stages of the implementation of such projects.

In terms of comprehensively assessing the social and even economic expediency of technological development, the rapid pace, which creates time constraints, faces serious limitations caused by the uniqueness factor of the agrarian field, especially the factor of conservatism. In other words, there is a significant difference between the speed of development of the digital environment and the pace of agricultural production. [2, p. 94]

In terms of the motivation, in other words, the internal driving force of digitalization in agriculture, we can first mention the following: access to the Internet, the price of mobile phones, computer literacy, the number of people in rural areas with the ability to think innovatively and make bold experiments, the existence of interest groups that motivate them, etc. At the same time, the role of the system approach factor as a driving force of digitization in modern agriculture continues to grow. In this regard, we consider the following position appropriate. “Full-scale realization of the digitalization potential of agriculture is impossible without the cooperation of all participants of the production-sale chain of the agri-food sector. There is a need to prepare an overview of the state of use of the opportunities of digital agriculture by players in the digital products industry and agri-food sector, representing the private sector and the state”. [6, pp. 15–17]

State support for the development of agrarian entrepreneurship is one of the main tasks of ensuring the development of the agricultural sector in Azerbaijan and ensuring the necessary institutional changes and modernization of production by the modern model of national agriculture to expand entrepreneurial activity in this field. This coincides with the modern model of national agriculture, which is mainly related to the assessment of the role of agribusiness as a specific form of coordination of the development of the agro-industrial complex. Within the framework of that model, the measures implemented in the direction of the development of the agricultural sector in Azerbaijan should pave the way for strengthening the position of the agro-industrial complex in the world markets. The efficiency of entrepreneurship in the agricultural field is evaluated in terms of reaching the main goal of activity in this field (increasing profit). On the other hand, this efficiency depends on the nature and level of activity in the field and the relevant segment of the market [4, p. 11]. The availability of resources alone is not enough for the production of any product. Thus, it is of particular importance to pay attention to the entrepreneur who organizes the unity of resources (labor, capital, land), manages it, and ensures efficient activity. Thus, the entrepreneur organizes the interaction of resource factors with each other, strengthens their influence, activates them, and, as a result, realizes the production of goods that can satisfy the needs of the population. That is why, unlike other areas of the economy, the regulation of entrepreneurial activity in the agrarian sphere requires consideration of the characteristic features of agriculture. To develop entrepreneurship in Azerbaijan, the Laws “On Entrepreneurship” on December 15, 1992, and “On State Aid to Small Entrepreneurship” on June 4, 1999, were adopted.

The creation of innovative infrastructure (clusters, incubators, technology parks, technology transfer offices, etc.) as one of the forms of public-private partnership in agriculture, as in other areas of the economy, provides important support for the development of entrepreneurship in this area. As a result of the steps taken in the direction of the development of entrepreneurship, the improvement of the business environment, reforms, and state support measures in Azerbaijan, the private sector has become the leading force in the economy. It is believed that in the coming decade, 7 out of 10 jobs in the world will be created by small and medium entrepreneurs. [5]

It should be noted that the fact that 99 percent of entrepreneurs in the agricultural sector in our republic are small and medium-sized businesses (SMEs) shows that small and medium-sized enterprises have great potential in this field. The role of the Small and Medium Business Development Agency (SMBDA) is important in ensuring the development of micro, small and medium business entities in Azerbaijan. KOBIA (SMBDA) was established by the Decree of the President of the Republic of Azerbaijan dated December 28, 2017, and is a public legal entity that supports the development of small and medium entrepreneurship in Azerbaijan and coordinates and regulates the activities of state bodies providing services to SMEs.

In real conditions, KOBIA (SMBDA) provides services to entrepreneurs through 4 types of action mechanisms:

- territory (“KOB Dostu” network and KOB (SMEs) Development centers);
- sectoral (sectoral associations and focus groups, “SME cluster” companies);
- one location principle (“SME houses”);
- electronic means (“e-KOB evi” portal) are platforms.

Today, the “KOB Dostu” network is one of the Agency's effective support mechanisms for entrepreneurs, and KOBIA’s (SMBDA) activities in the regions are implemented through this mechanism. They provide on-the-spot support and services to business entities related to entrepreneurial activity. From this point of view, the “KOB Dostu” network is considered to be the representative of the Agency for administrative-territorial units.

Another important activity of the “KOB Dostu” network is the protection of the rights of SMEs, surveys, and monitoring. SME friends, who are in close contact with entrepreneurs, learn about their development needs through surveys.

In 2021 alone, 15 surveys with the participation of more than 2,000 SMEs (agriculture and horticulture, connection to the electricity grid, risks faced by SMEs in their activities and their management) covering Baku city and the regions of the country to study the needs, challenges and proposals of SMEs. The use of digital technologies by SMEs, foreign trade operations, the study of training and qualified personnel needs, examination of clustering opportunities, evaluation of corporate management, directions of measuring the level of satisfaction of entrepreneurs in the business environment, etc.) were held.

In 2021, 7 “KOB Dostu” started operating in Shirvan, Goychay, Sabirabad, Salyan, Ismayilli, Tartar, and Astara regions. Currently, in the cities of Baku, Sumgait, Ganja, Mingachevir, Yevlakh, Sheki, Lankaran, Absheron, Gabala, Shamakhi, Guba, Gusar, Khachmaz, Siyazan, Masalli, Fuzuli, Imishli, Shamkir, Jalilabad, Kurdamir, Shirvan, Goychay, Sabirabad, Salyan, There are 7 coordinators and 34 “KOB Dostu” in Ismayilli and Tartar regions.

For this purpose, in the structure of the Small and Medium Business Development Agency (SMBDA), SME development centers deal with the issues of building and developing business, increasing the knowledge and skills of micro, small and medium entrepreneurs, expanding access to innovations, organizing training by modern challenges and providing practical consulting services (SME) operates. The centers also support innovative entrepreneurship, start-ups, and family businesses, promote entrepreneurship among women, people with disabilities, and young people, and carry out other activities aimed at informing SMEs. It should be noted that the number of SMEs has reached 21 across the country (17 SMEs started operating in 2021).

The nature of the dependence of the efficiency of resource use in agriculture on the application of advanced technologies on the flexibility of the attitude to the requirements of the competitive environment is conditioned by the market situation. In this regard, factors such as the division of powers and the dynamics of the field structure also play no small role.

When developing the strategic principles of agricultural development, the requirements of the objective reality, and which approach will be preferred, are determined based on the results of the analysis of the modern situation. The question of which of the market or resource-oriented approaches is preferred is based on the analysis of cluster characteristics, taking into account the comparative pros and cons.

The strategic analysis of the current situation of agrarian entrepreneurship farms, first of all, involves the examination of the cluster structure in which it operates. The internal structure of the entrepreneurial organization whose situation is analyzed is examined in different aspects, depending on whether the units that make it up: operate as technologically unified structural units or relatively independent organizational units. [3, p. 65]

The creation of SME clusters will also have a positive impact on the development of entrepreneurship. Small and medium business clusters are formed by the location of related and complementary activities in the same or similar sector, in a certain geographical region, by sharing common infrastructure, technology, a

single market, workforce, and services. Establishment of mutual economic relations, cooperation model of SME cluster company and its participants with joint activity opportunities. The Tax Code of the Republic of Azerbaijan defines several tax benefits for “SME cluster company” and “Participant of SME cluster”. Thus, the SME cluster company is exempt from profit, land and property tax, and VAT for the import of machinery, technological equipment, and facilities for 7 years. The participant of the SME cluster is exempted from income tax on the part of the profit obtained for capital expenditures for 7 years.

A “Startup” certificate is also presented to entrepreneurs for the production of a product (service) produced by KOBIA (SMBDA) to obtain income or profit, based on an innovative initiative, competitive, as well as different from other startup products (services). According to the Tax Code of the Republic of Azerbaijan, micro and small business entities that have received the “Startup” certificate are exempted from profit and income tax on their income from innovation activities for 3 years from the date of receipt of the certificate.

Starting in December 2020, KOBIA (SMBDA) started accepting applications from local and foreign business entities interested in establishing a business in the liberated territories, and the process is still ongoing. So far, KOBIA has received nearly 1,000 applications from entrepreneurs who want to set up businesses in the territories freed from occupation. Of these, 446 applications are related to investment projects, and 499 are related to the implementation of other works and services (mainly contract-based). 27 % of applications are in construction, 27 % in trade and services, 21 % in industry, 18 % in agriculture, and another 7 % in tourism, health, education, culture, transport, and logistics. [5]

On October 26, 2021, the foundation of the “Dost Agropark” project was laid in Zangilan. The “Dost Agropark” project, which will be implemented by Turkish and Azerbaijani investors, will be implemented in three stages. In the first phase of the project, administrative buildings, closed and semi-open breeding complexes, social facilities, a cafe, a cinema, a recreation area, and buildings for the service staff will be built. Breeding of 4,000 head of cattle, production of agricultural products, and other activities will be carried out in the pasture areas of the complex. All of this will contribute to the food security of Azerbaijan and Turkey and will make it possible to export agricultural and livestock products of the region to international markets.

Another important step towards the development of the agrarian sphere in our Republic is the creation and implementation of the agrarian insurance system. In connection with the implementation of the Law of the Republic of Azerbaijan "On Agrarian Insurance" and the Decree "On the Application of the Law of the Republic of Azerbaijan No. 1617-VQ dated June 27, 2019 "On Agrarian Insurance" and the Establishment of the Agrarian Insurance Fund, agricultural insurance models applied in different countries of the world were investigated and the experience of the United States, Canada, Spain, Israel, and Turkiye, which have an advanced agricultural insurance system, was studied in this field. The strengths and weaknesses of the insurance system of these countries have been examined and a model based on public-private sector partnership is being prepared for our country. Based on this model, the Agrarian Insurance Fund was established and the implementation of the agrarian insurance mechanism was ensured. [8]

Based on this insurance mechanism, a joint insurance system was formed for the first time in Azerbaijan. The joint insurance system envisages that the insurers insure farms with their joint funds. The state allocates subsidies to the insured in the amount of a specified percentage of insurance funds. As a result of the reinsurance policy and correct assessment of insurance risks, stable and effective activity is ensured in this area.

As in international practice, several institutions are operating in Azerbaijan that provides state support for the development, including financing, of entrepreneurial entities:

- Entrepreneurship Development Fund;
- Agrarian Credit and Development Agency;
- Innovations Agency;
- Youth Fund;
- Azerbaijan Investment Company. [1]

Credit resources provided by these institutions are provided at the expense of funds allocated from the state budget. And it's affordable. The activities of the groups mentioned above have specific characteristics:

- The funds of the Entrepreneurship Development Fund (EDF) are directed to the financing of investment projects in the development of the non-oil sector, the application of innovative technologies, and export operations. Although the fund was established in 1992, it started its active activity in 2002 as the National Fund for Entrepreneurship Support. To improve the support mechanism for the development of entrepreneurship and expand the access to financial resources of economic entities operating in the private sector, the National Fund for Entrepreneurship Support was abolished in July 2018, and the Entrepreneurship Development Fund was established as a public legal entity under the Ministry of Economy.

The annual interest rate of the Fund's loans is 1 %, and the annual interest rate applied by authorized credit organizations is 5 %, provided that the annual interest rate does not exceed 4 %. The concession period for the use of loans is determined depending on the nature of the business entity's activity and may cover the first 1/2 period of the loan's use period. During the grace period, entrepreneurs pay only interest debts. The maximum limit of the concessional loan (including for one investment project) received by each business entity at the expense of the Fund cannot exceed 10,000,000 manats.

- The funds of the Agrarian Credit and Development Agency (ACIA) are directed to the financing of development projects of the agrarian unit and concessions given to agricultural production facilities. In 2004, the State Agency for Agricultural Credits was established under the Ministry of Agriculture. However, in December 2018, the Agrarian Credit and Development Agency was formed under the structure of the State Service for the Management of Agricultural Projects and Credits under the Ministry of Agriculture.

The agency transfers the funds it has attracted to authorized credit institutions in an established manner by applying 2 % per annum. The maximum annual interest rate applied by authorized credit institutions to the Agency's loan funds cannot exceed 7 %. ACIA funds are used in the following directions:

- financing of projects related to the improvement of the processes of production, processing, storage, and sale of agricultural products;
- financing of innovative projects related to agrarian development of regions;
- financing of projects related to the improvement of the supply of agricultural means of production, as well as their preferential sale and leasing;
- financing of projects in the field of development of animal husbandry by applying public-private partnership;
- financing pilot projects of the Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan.

- According to the Decree of the President of the Republic of Azerbaijan dated November 6, 2018, and Innovations Agency was established under the ministry based on the State Fund for the Development of Information Technologies under the Ministry of Transport, Communications, and High Technologies, and the "High Technologies Park" Limited Liability Company. The Innovations Agency is an agency that assists local entrepreneurs in acquiring modern technology and technological equipment, organizes their transfer, supports innovation-based scientific research, stimulates innovative projects, including startups, and finances them through grants, concessional loans, and ventures. The main goal of the agency is the sustainable development of the ICT sector and increasing its competitiveness, the expansion of innovation and high-tech areas based on modern scientific and technological achievements, conducting scientific research, and creating modern complexes for the development of new technologies.

- By the Decree of the President of the Republic of Azerbaijan on December 19, 2011, the Youth Fund was established under the Ministry of Youth and Sports. The main purpose of the fund is to finance projects and programs in the form of grants aimed at science, education, culture, and other social fields related to youth policy, and to provide financial assistance to young people. is to support the projects that envisage The initial charter fund of the fund is 115 million manats.

- "Azerbaijan Investment Company" OJSC was established by the decree of the President of the country dated March 30, 2006 "On Additional Measures for the Promotion of Investment Activity", and currently the charter capital is 224 million manats. The main goal of AISH is to develop the non-oil sector of the economy in Azerbaijan by attracting local and foreign investors to existing and new commercial enterprises and through long-term investments at the expense of its funds. AISH revives the activities of these enterprises by directing state investments to purchase shares in the authorized capital of enterprises.

As in other areas of the economy, the role of the mentioned institutions in ensuring the innovative development of entrepreneurship, especially financing, is great in the agrarian area, and it is important to further improve these relations.

Conclusions. At the current stage of the comprehensive economic, social, and institutional reforms implemented in the Republic of Azerbaijan, the functional features of public-private partnership in the direction of the development of innovative entrepreneurship in the agrarian sphere are relevant. Our country's unequivocally prioritizing innovative sustainable development criteria and implementing continuous and systematic measures to create a favorable economic-institutional environment for the support of advanced technologies gives a full reason for optimism that real benefits will be obtained from public-private partnership and cooperation.

Thus, the formation of interaction between agrarian entrepreneurship and the state, and the implementation of public-private partnership is related to the importance of current socio-economic problems, which can be solved by combining public and private resources. To intensify cooperation between agrarian entrepre-

neurship structures of administrative bodies, it is necessary to develop the institutional system of interaction between agrarian entrepreneurship and the state, to provide favorable conditions for the efficient operation of agrarian entrepreneurship structures, to improve the directions and mechanisms of interaction between agrarian entrepreneurship structures. Agrarian entrepreneurship and the state promote the development of social partnerships and increase the social responsibility of entrepreneurs.

REFERENCES

1. Azərbaycanca dövlətin maliyyə dəstəyi mexanizmləri. [State financial support mechanisms in Azerbaijan]. Kriptoinvest.az 03.12.2019 (Internet resources) [in Azerbaijani].
2. Balayev, R. Ə. Aqrar sahədə rəqəmsal mühitin formalaşmasının əsas amilləri və təcrübi aspektləri. [Balayev R. A. The main factors and practical aspects of the formation of the digital environment in the agricultural field]. Kənd təsərrüfatının iqtisadiyyatı jurnalı. Bakı, 2020, № 1 (31) [in Azerbaijani].
3. Mirzəyev, N. S. Azərbaycanca taxılçılıq sahəsində sahibkarlıq subyektlərinin fəaliyyət istiqamətləri. [Mirzəyev N. S. Activity directions of entrepreneurial subjects in the field of grain growing in Azerbaijan]. Monoqrafiya, Bakı, 2017 [in Azerbaijani].
4. Mirzəyev N.S. Kənd təsərrüfatında sahibkarlığın iqtisadi səmərəliliyinin meyarları və göstəriciləri. [Mirzəyev N. S. Criteria and indicators of economic efficiency of entrepreneurship in agriculture]. Kənd təsərrüfatının iqtisadiyyatı jurnalı. Bakı – 2021, № 2 (36) [in Azerbaijani].
5. Səmədzadə Z. Kiçik və orta sahibkarlığın inkişafı üçün əlverişli şərait yaradılır. [Samadzade Z. Favorable conditions are created for the development of small and medium enterprises]. İqtisadiyyat qəzeti, 24.02.2022 (Internet resurları) [in Azerbaijani].
6. Афонина, В. Е. Влияние цифровизации на развитие аграрного сектора экономики [Afonina V. E. The influence of digitalization on the development of the agricultural sector of the economy] // Международный сельскохозяйственный журнал. – № 3 (363). – 2018, С. 15–17 [in Russian].
7. Левушкина, С. В. Государственно-частное партнерство как основа развития долгосрочной устойчивой системы инновационного предпринимательства в России [Levushkina S. V. State-private partnership as the basis of development of a long-term sustainable system of innovative enterprise in Russia] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 9–3. – С. 607–614 [in Russian].
8. <https://avciya.az/noyabrin-1-i-k%C9%99nd-t%C9%99s%C9%99rufati-iscil%C9%99rinin-pes%C9%99-bayrami-gunudur/> [in Azerbaijani].
9. <https://stat.gov.az/>

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

Э. П. КОНДЕРЕШКО

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

(Поступила в редакцию 15.10.2022)

Основная задача государственной политики в области мелиорированных земель заключается в эффективном их использовании на основе сохранения их плодородия и его восстановление до первоначального уровня путем проведения работ по реконструкции имеющихся мелиоративных систем и объектов, а также обеспечения рационального использования земельных ресурсов. Данные работы финансируются государством, без учета их окупаемости и наличия ресурсов для повышения эффективности деятельности субъектов хозяйствования.

В статье проведен расчет возможного увеличения объемов товарной продукции аграрного комплекса административных районов, в зависимости от уровня роста продуктивности мелиорированных сельскохозяйственных предприятий. Соответственно предложена очередность проведения восстановительных работ и реконструкции мелиорированных сельскохозяйственных земель. Разработаны методические подходы по оценке эффективности финансирования проведения указанных работ на мелиорированных сельскохозяйственных землях, в зависимости от имеющихся резервов повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий, уровня социально-экономической эффективности их использования и возможного роста объемов производства товарной продукции аграрного сектора административного района, применение которой позволит более эффективно проводить восстановительные работы и реконструкцию на мелиорированных сельскохозяйственных землях, в условиях недостаточности бюджетного финансирования указанных работ.

Ключевые слова: мелиорированные сельскохозяйственные земли, эффективность производства, показатели эффективности, бюджетное финансирование.

The main objective of the state policy in the field of reclaimed lands is their effective use based on the preservation of their fertility and its restoration to its original level by carrying out work on the reconstruction of existing reclamation systems and facilities, as well as ensuring the rational use of land resources. These works are financed by the state, without taking into account their payback and the availability of resources to improve the efficiency of business entities.

The article calculates the possible increase in the volume of marketable products of the agricultural complex of administrative regions, depending on the level of growth in the productivity of reclaimed agricultural enterprises. Accordingly, the order of restoration work and reconstruction of reclaimed agricultural lands is proposed. Methodological approaches have been developed to assess the effectiveness of financing the implementation of these works on reclaimed agricultural lands, depending on the available reserves for increasing the productivity of agricultural land, the level of socio-economic efficiency of their use and the possible growth in the production of marketable products of the agricultural sector of the administrative district, the use of which will allow more efficient restoration work and reconstruction on reclaimed agricultural lands, in the conditions of insufficient budgetary financing of these works.

Key words: reclaimed agricultural land, production efficiency, performance indicators, budget financing.

Введение

Современное состояние использования мелиорированных земель в сельскохозяйственной деятельности характеризуется снижением эффективности по отношению к первоначальному уровню после проведения масштабной мелиорации на территории страны. Наблюдается снижение объемов производства сельскохозяйственной продукции и эффективности деятельности субъектов хозяйствования, имеющих значительную долю осушенных земель. Одна из причин этого – высокая доля мелиорированных земель, нуждающихся в восстановительных работах и реконструкции мелиорированных систем. Эти работы, в связи с недостаточными объемами финансирования и отсутствием четких критериев определения возможного срока их окупаемости, проводятся неэффективно. В данной связи была поставлена задача, определить коэффициент эффективности финансирования указанных работ по административным районам и внести предложения по очередности финансирования восстановительных работ и реконструкции мелиорированных земель, исходя из максимальной отдачи и более коротких сроков их окупаемости, при оптимальном использовании ресурсов.

Основная часть

Основным документом, определяющим стратегию проведения восстановительных работ и реконструкции мелиорированных сельскохозяйственных земель, является государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы, в состав которой входит подпрограмма 7 «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения». Такие же пятилетние программы реализовывались и ранее, в 2016–2020 годах в республике выполнена реконструкция мелиоративных систем на площади 174,5 тыс. гектаров, введено в сельскохозяйственный оборот 6,5 тыс. гектаров новых высокоплодо-

родных мелиорированных земель. Ежегодно на мелиоративных системах с 2016 по 2019 год выполнялся комплекс неотложных ремонтно-эксплуатационных работ, в рамках которого осуществлялось окашивание более 90 тыс. километров каналов, на 10,5 тыс. километров каналов осуществлялась очистка от сверхнормативного заиления, выполнялись ремонт более 2,3 тыс. водорегулирующих и переездных сооружений, а также работы по управлению водным режимом на мелиорированных землях. Выполнение данных работ позволило обеспечить использование более 2,6 млн гектаров мелиорированных земель для производства продукции растениеводства.

Данной программой установлены критерии для определения инвестиционных объектов мелиорации и других мелиоративных мероприятий: наличие в структуре сельскохозяйственных земель 50 % и более мелиорированных земель; наличие животноводческих комплексов; производственная специализация по растениеводству; производственная и экономическая эффективность ранее реализованных проектов по мелиорации [1].

Выбранные критерии определения приоритетов финансирования не позволяют четко определить эффективность и сроки окупаемости проведения восстановительных работ и реконструкции мелиорированных земель. Они не учитывают фактически достигнутый уровень использования имеющихся ресурсов агропромышленного комплекса региона и сельскохозяйственных предприятий. Административные регионы имеют различные условия хозяйствования, обеспеченность ресурсами, а соответственно и возможностью обеспечения прироста объемов товарной продукции аграрного сектора [2, 3; 4, 5; 6].

Проведение расчетов по оценке эффективности использования мелиорированных сельскохозяйственных земель, выработке предложений по методике оценки очередности финансирования восстановительных работ и реконструкции, сроков окупаемости данных вложений будет осуществляться на примере административных районов Брестской области, имеющих в структуре сельскохозяйственных земель более 50 % мелиорированных.

Обобщающим показателем ($K_{общ}$) оценки эффективности финансирования проектов восстановления и реконструкции мелиорированных сельскохозяйственных земель, может служить коэффициент потенциала продуктивности сельскохозяйственных земель (K_1), коэффициент социально-экономической эффективности (K_2) и коэффициент прироста стоимости товарной продукции за счет роста продуктивности мелиорированных земель (K_3), который рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{общ} = (K_1 + K_2 + K_3) / 3$$

Коэффициент соотношения расчетного и фактического уровней продуктивности сельскохозяйственных угодий (K_1) характеризует экономическую эффективность использования мелиорированных земель, административных районов Брестской области [7].

Коэффициентом социально-экономической эффективности использования мелиорированных земель (K_2) служит отношение показателя социально-экономической эффективности административного района к соответствующему показателю, рассчитанному по сельскохозяйственной отрасли Брестской области [8].

Анализ окупаемости имеющегося ресурсного потенциала позволяет выявить устойчивые закономерности и зависимости. Увеличение доли осушенных земель не способствует росту объема денежной выручки и прибыли, получаемой от реализации продукции. Недостаточными (лимитирующими) факторами в формировании исследуемых результативных показателей функционирования являются урожайность зерновых и зернобобовых культур, объемы внесения минеральных удобрений и обеспеченность основными средствами производства. Увеличение численности работников обеспечит рост объемов денежной выручки, но в то же время окажет отрицательное влияние на размер получаемой прибыли [9].

Для определения влияния полученного роста продуктивности земельных ресурсов на формирование объема денежной выручки проведен расчёт многофакторной корреляционной модели, по фактически сложившимся показателям деятельности сельскохозяйственных предприятий Брестской области (табл. 1) [10, 11, 12]. Степень влияния выбранных факторов на конечный показатель эффективности (y) – объем денежной выручки, определяем, используя многофакторную корреляционную модель. Факторы, включенные в модель: x_1 – удельный вес осушенных сельхозугодий, %; x_2 – выход кормов с 1 га с.-х. угодий, ц к. ед.; x_3 – урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/га; x_4 – производительность труда, тыс. руб./чел.; x_5 – численность работников на 100 га сельскохозяйственных угодий, чел.; x_6 – стоимость основных производственных средств на 100 га сельскохозяйственных угодий, тыс. руб.; x_7 – энергетические мощности 100 га сельскохозяйственных угодий, тыс. л. с.; x_8 – производство молока на 100 га сельскохозяйственных угодий, т.; x_9 – производство мяса на 100 га сельско-

хозяйственных угодий, т; x_{10} – внесение минеральных удобрений на 100 га сельскохозяйственных угодий, ц д. в.; x_{11} – внесение органических удобрений на 100 га сельскохозяйственных угодий, т.

Таблица 1. Производственно-экономические показатели функционирования сельскохозяйственных организаций Брестской области

Показатель	2019 г.	2020 г.
Доля осушенных с.-х. угодий, %	51,5	51,5
Выход кормов с 1 га сельхозугодий, ц к.ед.	63,2	76,2
Урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/га	33,8	37,2
Производительность труда, тыс. руб./чел.	53,49	63,59
В расчете на 100 га с.-х. угодий		
Выручка от реализации товаров, работ, услуг, тыс. руб.	196,9	229,6
Численность работников, чел.	3,7	3,6
Стоимость основных производственных средств, тыс. руб.	405,6	449,3
Энергетические мощности, л.с.	240,7	241
Производство молока, т.	125,9	134,2
Производство мяса, т.	20,4	21,5
Внесение удобрений: минеральных, ц д.в.	140,9	164,9
органических, т	926,9	982,5

Уравнение множественной регрессии, полученное в результате корреляционного анализа, имеет следующий вид:

$$y = -181,6 + 0,814x_1 + 1,99x_2 - 1,914x_3 + 3,709x_4 + 66,12x_5 - 0,042x_6 - 0,09x_7 + 0,795x_8 + 1,372x_9 - 0,519x_{10} - 0,128x_{11},$$

Анализируя полученную модель, можно отметить, что коэффициент множественной корреляции равен 0,9, статистический критерий (критерий Фишера) равен 46,14, что свидетельствует о высокой зависимости формирования объема денежной выручки от реализации товаров, работ и услуг от выбранных факторов.

Поддержание в удовлетворительном состоянии за счет проведения ремонтно-эксплуатационных работ мелиоративных систем и надлежащего технического состояния осушенных земель позволяет получить дополнительно 4 ц к. ед./га. В свою очередь реконструкция и восстановление мелиоративных систем обеспечивает увеличение продуктивности земледелия не менее чем на 15 ц к. ед./га, а агро-мелиоративные мероприятия обеспечивают увеличение продуктивности осушенных земель на 5–6 ц к. ед./га [13].

Прогнозируемые значения объема денежной выручки от реализации товаров, работ и услуг, при обеспечении увеличения продуктивности сельскохозяйственных угодий на 20 %, за счет проведения восстановительных работ и реконструкции мелиорированных земель представлены в табл. 2.

Таблица 2. Расчетное значение коэффициента прироста объема денежной выручки от реализации товаров работ и услуг при увеличении продуктивности сельскохозяйственных угодий на 20 %

Наименование района	Фактическая выручка от реализации на 100 га с.-х. угодий, тыс. руб.	Расчетная выручка от реализации на 100 га с.-х. угодий, тыс. руб.	Коэффициент соотношения расчетного значения и фактического
Березовский	172,1	185,2	1,08
Ганцевичский	62,6	49,0	0,78
Дрогичинский	112,4	114,6	1,02
Жабинковский	188,5	186,2	0,99
Ивановский	174,7	193,8	1,11
Ивацевичский	126,6	140,3	1,11
Кобринский	139,4	137,9	0,99
Лунинецкий	103,2	124,3	1,2
Малоритский	146,2	167,0	1,14
Пинский	143,3	152,7	1,07
Столинский	189	189,6	1

Полученный расчетным путем коэффициент соотношения прогнозируемой расчетного и фактического объема денежной выручки от реализации товаров работ и услуг показывает, что не во всех административных районах Брестской области с долей осушенных земель более 50 %, повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий обеспечит рост объемов денежной выручки, без изменения других факторов.

Значения указанных коэффициентов, а также расчётное значение обобщающего показателя эффективности использования мелиорированных земель административных районов, имеющих в пользовании более 50 % осушенных земель представлены в табл. 3.

Таблица 3. **Обобщающие показатели использования мелиорированных с.-х. земель по административным районам Брестской области, имеющих долю осушенных земель более 50 %**

Наименование района	Коэффициенты эффективности использования мелиорированных земель			Обобщающий показатель эффективности, $K_{общ}$
	экономической эффективности, K_1	социально-экономической эффективности, K_2	прироста стоимости товарной продукции, K_3	
Березовский	1,03	0,78	1,08	0,963
Ганцевичский	0,94	0,51	0,78	0,743
Дрогичинский	1,10	0,68	1,02	0,933
Жабинковский	0,91	0,89	0,99	0,930
Ивановский	1,03	0,91	1,11	1,017
Ивацевичский	0,96	0,69	1,11	0,920
Кобринский	0,96	0,77	0,99	0,907
Лунинецкий	0,94	0,68	1,20	0,940
Малоритский	0,94	0,79	1,14	0,957
Пинский	1,06	0,85	1,07	0,993
Столинский	1,08	0,82	1,00	0,967

По результатам проведенных расчетов, можно сделать вывод о наивысшей степени окупаемости вложения денежных средств в проведение восстановительных работ и реконструкции мелиорированных сельскохозяйственных земель в Ивановском районе. Высокая окупаемость проведения указанных работ будет также в Пинском, Столинском, Березовском, Малоритском и Лунинецком районах. Для оценки уровня эффективности использования мелиорированных земель, можно сравнить фактическую продуктивность сельхозугодий и расчетную определяемую с помощью полученной корреляционной модели. При различных вариантах увеличения выхода кормов, за счет проведения восстановительных работ и реконструкции мелиорированных земель, с условием неизменности всех остальных учтенных в модели факторов, влияющих на формирование объема денежной выручки (табл. 4).

Таблица 4. **Расчетный темп роста объема выручки от реализации товаров, работ и услуг**

Уровень использования мелиорированных земель	Расчетный темп роста выручки от реализации, %			
	Увеличение выхода кормов на 10%	Увеличение выхода кормов на 20%	Увеличение выхода кормов на 30%	Увеличение выхода кормов на 40%
Высокий (показатель более 0,96)	105,3	107,9	110,5	113,1
Средний (показатель от 0,93 до 0,95)	104,4	107,1	109,7	112,4
Низкий (показатель ниже 0,93)	92,9	96,0	99,1	102,1

Проведенные расчёты темпа роста выручки от реализации товаров работ и услуг, показывают, что окупаемость вложенных финансовых средств в проведение работ по восстановлению и реконструкции мелиорированных сельскохозяйственных земель выше в регионах с высоким уровнем их использования. В тоже время экономически целесообразна реализация указанных проектов, на территориях имеющих низкий уровень социально-экономического использования мелиорированных земель, обеспечивающих рост продуктивности мелиорированных земель более 40 %.

Заключение

Таким образом, несмотря на заметные положительные результаты реализации государственной программы по восстановлению мелиорированных земель. Вложения финансовых средств в проведение восстановительных работ и реконструкции на мелиорированных сельскохозяйственных землях заключается в учете потенциально возможного повышения уровня эффективности использования мелиорированных земель, достигнутого уровня производственной и социальной эффективности, а также возможного роста объема денежной выручки за счет проведения указанных работ. При этом интегральный коэффициент, характеризующий благоприятность административных районов Брестской области, базируется на учете социально-экономических показателей развития регионов в зависимости от доли использования мелиорированных земель в сельскохозяйственном производстве. Методика позволяет осуществлять научное обоснование очередности финансирования мероприятий восстановления и реконструкции мелиорированных земель и оценки эффективности их использования по административным районам, дифференциации их в целях установления очередности выделения государственной поддержки по финансированию мелиоративных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. О государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 1 февраля 2021 г., №59 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, Рег. Номер Нац. реестра 5/48758.
2. Гридюшко, А. Н. Земельные отношения: проблемы и решения: монография / А. Н. Гридюшко. – Горки: Белорус. гос. с.-х. акад., 2013. – 238 с.
3. Гридюшко, А. Н. Методические подходы к оценке ресурсного потенциала сельскохозяйственного производства / А. Н. Гридюшко // Проблемы экономики: сб. науч. тр. – Горки, 2020. – № 2 (31). – С. 53–62.
4. Гридюшко, А. Н. Ресурсный потенциал сельскохозяйственного производства: формирование и оценка: монография / А. Н. Гридюшко. – Горки: Белорус. гос. с.-х. акад., 2018. – 260 с.
5. Гридюшко, А. Н. Принципы и методы формирования эффективных земельных отношений / А. Н. Гридюшко // Проблемы экономики: сб. науч. тр. – Минск, 2013. – № 2 (17). – С. 21–29.
6. Гридюшко, А. Н. Совершенствование механизма земельных отношений / А. Н. Гридюшко, Е. Н. Гридюшко // Проблемы экономики: сб. науч. тр. – Горки, 2019. – № 2 (29). – С. 50–58.
7. Кондерешко, Э. П. Оценка эффективности использования мелиорированных земель в сельскохозяйственном производстве Брестской области Вестник БГСХА. – 2022. – № 1. – С. 21–25.
8. Кондерешко, Э. П. Социально-экономическая эффективность использования мелиорированных земель / Э. П. Кондерешко // Сборник научных трудов «Проблемы экономики». – 2021. – №1 (34). – С. 49–56.
9. Кондерешко, Э. П. Направления повышения эффективности использования ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций на мелиорированных землях / Э. П. Кондерешко // Научный и производственно-практический журнал «Экономика. Управление. Инновации». – 2022. – №1 (11). – С. 36–40.
10. Гос. комитет по имуществу Республики Беларусь. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по сост. на 1 янв. 2021 г.). – Минск, 2021. – С. 28–30.
11. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Нац. стат. комитет Республики Беларусь. – Минск, 2021. – 179 с.
12. Статистический бюллетень «Посевные площади, валовой сбор и урожайность сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях в Республике Беларусь» – Минск, Нац. стат. комитет Республики Беларусь, 2016 – 2019.
13. Орешникова, О. В. К вопросу об эффективном использовании мелиорированных земель / О. В. Орешникова, Г. А. Смальцар // Матер. 8 межд. науч.-практ. конф. «Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы.» / редкол. К. К. Шебеко. – Пинск: ПолесГУ, 2014. – С. 87–89.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

С. В. ШУТОВА

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

(Поступила в редакцию 15.10.2022)

В статье акцентирована роль освоения эффективных нововведений и инновации, которые в свою очередь позволят достичь устойчивого развития республики, обеспечат занятость и высокий уровень жизни населения. Проанализированы данные Национального статистического комитета о количестве инновационных проектов на рынке инноваций и запатентованных изобретений в Республике Беларусь. Установлены критерии идентификации инновации для более детального изучения инновационной деятельности подчеркивая значимость практического внедрения новшеств. Проведен сравнительный анализ понятия коммерциализация, приведенный в литературных источниках и с позиций различных точек зрения. Уточнено понятие «коммерциализации», что позволяет принимать взвешенные решения, разрабатывать мероприятия по инновационному развитию отдельных его элементов. В рамках исследования установлены направления государственного регулирования коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, проанализированы программные документы, направленные на совершенствование инновационной деятельности в целом. В ходе исследований проанализированы особенности и проведена систематизация процесса коммерциализации инноваций и его участников. Определены основные участники рынка инноваций для эффективной коммерциализации, такие как субъекты инновационной инфраструктуры рынка, в частности научно-технологические парки, бизнес-инкубаторы, инновационные центры, центры коммерциализации, консалтинговые компании, и другие. Эти участники процесса коммерциализации, не являясь инвесторами, оказывают существенное содействие в коммерциализации инноваций и привлечении финансовых средств.

Ключевые слова: *коммерциализация инноваций, инновация, субъект инновационной инфраструктуры, научно-технологический парк, результат, инновационная деятельность, экономический и социальный эффекты, рынок инноваций.*

The article emphasizes the role of mastering effective innovations, which, in turn, will achieve sustainable development of the republic, provide employment and a high standard of living for the population. The data of the National Statistical Committee on the number of innovative projects in the market of innovations and patented inventions in the Republic of Belarus are analyzed. The criteria for identifying innovations for a more detailed study of innovation activities have been established, emphasizing the importance of the practical introduction of innovations. A comparative analysis of the concept of commercialization is carried out, given in the literature and from the standpoint of various points of view. The concept of "commercialization" has been clarified, which allows making informed decisions, developing measures for the innovative development of its individual elements. As part of the study, the directions of state regulation of the commercialization of the results of scientific and technical activities were established, policy documents aimed at improving innovation activities in general were analyzed. In the course of the research, the features were analyzed and the process of commercialization of innovations and its participants was systematized. The main participants of the innovation market for effective commercialization are identified, such as the subjects of the innovation infrastructure of the market, in particular science and technology parks, business incubators, innovation centers, commercialization centers, consulting companies, and others. These participants in the commercialization process, not being investors, provide significant assistance in the commercialization of innovations and attraction of financial resources.

Key words: *commercialization of innovations, innovation, subject of innovation infrastructure, science and technology park, result, innovation activity, economic and social effects, innovation market.*

Введение

Успешное решение стратегических задач ускорения экономического и социального развития Республики Беларусь, перевода экономики на инновационный путь напрямую зависит от эффективности процессов трансформации научных знаний в инновации и их коммерциализации, от степени инновационной восприимчивости основных отраслей хозяйственного комплекса страны. С переходом к цифровой экономике становится очевидно, что инновации в наше время зачастую возникают в результате взаимодействия и технологического сотрудничества нескольких участников инновационного процесса.

На протяжении последних десятилетий в Республике Беларусь все больше внимания уделяется инновационной составляющей сельского хозяйства, которая является одним из ключевых факторов стабилизации и развития сельскохозяйственного производства. Освоение достижений науки и техники позволяет использовать резервы повышения качества продукции, экономии материальных и трудовых ресурсов, совершенствования организации производства и в конечном итоге – рост его эффективности. Имеет место использование такого понятия как «интеллектуальная экономика» или «экономика знаний».

Развитие интеллектуальной экономики стимулируется спросом на инновационные продукты и услуги, а также новые знания как основу их производства. Данная тенденция усиливает взаимосвязь между развитием науки и экономическим ростом, наука активно ориентируется на потребности эко-

номики, т. е. возрастает инновационная ориентация науки на прикладные исследования. Прикладные исследования направлены на интеллектуальное обеспечение инновационного процесса как основы социально-экономического развития современной экономики. Знания, получаемые в прикладных исследованиях, ориентированы на непосредственное использование в экономике, технологии и социальном управлении.

Инновации в современном мире – главный фактор роста эффективности экономики. Перспективы развития экономики любой страны во многом зависят от освоения эффективных нововведений и инновации, в свою очередь они позволяют достичь устойчивого развития республики, обеспечат занятость и высокий уровень жизни населения. Инновационное развитие белорусской экономики в настоящее время является несомненным приоритетом.

Понятие «инновация» не перестает быть актуальным и до настоящего времени ему уделяется большое значение. В первую очередь, такой интерес вызван небольшим отставанием белорусских предприятий от международного рынка технологических решений, но, как показывают статистические данные разработок и исследований, на предприятиях достаточно ученых и исследователей, готовых разрабатывать новые продукты и предлагать новые идеи тоже достаточно [25].

При изучении научной литературы и анализе данных Национального статистического комитета был сделан вывод о том, что количество инновационных проектов на рынке инноваций составляет около 10 %. В то же время количество запатентованных изобретений в Республике Беларусь имеет тенденцию к росту. По этим причинам считается целесообразным раскрыть понятие коммерциализации инноваций, его сущности и возможности применения в условиях устойчивого развития экономики страны.

Таким образом, инновация может быть идентифицирована если одновременно соблюдены следующие критерии: содержит степень новизны, новшество применяемых процессов или разработок, технологий и т. д.; целесообразность, то есть инновация должна приносить пользу; обоснованность, экономическая и финансовая рациональность инновации; внедрена и фактически используется в деятельности предприятий, обязательная реализация инновации; получен коммерческий эффект (прибыль) от ее внедрения, в противном случае речь идет об изобретении и разработке; участвует во всем механизме реализации, то есть происходит взаимодействие как минимум двоих участников инновационного процесса – автора (изобретателя) и потребителя.

Основываясь на вышеуказанном, в целях настоящего исследования для определения инновации будет использована трактовка, в соответствии с международными стандартами: «конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта, внедренного на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности либо в новом подходе к социальным услугам».

Инновационная деятельность определяется как «деятельность по преобразованию новшества в инновацию, тем самым подчеркивая значимость для экономики ее слабого места – практического внедрения [25].

Во всем инновационном процессе одно из главных мест занимает коммерциализация инноваций. Инновация должна выйти на рынок, должна приносить прибыль. Именно этот момент и является проблемным. Коммерциализацию инноваций тесно связывают с инновационной деятельностью, и понимают ее как процесс, в ходе которого научный результат или технологическая разработка реализуются с получением коммерческого эффекта. Анализ литературных источников показал, что вопросы коммерциализации инноваций привлекают внимание многих исследователей: Е. В. Барисову, Л. Н. Васильеву, И. Г. Дежину, П. Н. Завлина, Н. И. Иванову, Ю. П. Морозова, А. А. Трифилову, Н. В. Казакову и др. [4, 5, 6, 8, 15, 13, 11].

Понятие коммерциализация в узком смысле представляет процесс превращения научного результата в продукцию или товар. В широком смысле под коммерциализацией понимается процесс зарождения идеи, ее совершенствования благодаря системе знаний, разработки, производства продукта и его реализации на рынке. Основной целью коммерциализации новых технологий является удовлетворение потребности рынка, включая установку приемлемой цены, скорости поставки товара, качества и новизны продукта. Коммерциализация предполагает использование целого ряда ресурсов, включая системы, оборудование, высококвалифицированную рабочую силу, обладающую необходимыми навыками и знаниями и т.д. [7].

Целью проводимого исследования является изучение теоретических основ коммерциализации инноваций, а также уточнение понятия «коммерциализация инноваций» и систематизация данного процесса.

Основная часть

Сравнительный анализ понятия коммерциализация, приведенный в литературных источниках представлен в таблице.

Понятие «коммерциализация» в научной литературе

Определение понятия коммерциализация	Источник
широкое использование коммерческих начал в экономике, расширение количества коммерческих организаций; подчинение деятельности целям влечения прибыли	Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. Современный экономический словарь [18]
первый этап приватизации государственного предприятия, на котором управляющие государственным предприятием несут ответственность за финансовые результаты деятельности предприятия, а государство прекращает предоставление дотаций на покрытие убытков от хозяйственной деятельности	Белорусская юридическая энциклопедия [2]
ситуация, когда вся деятельность физического или юридического лица направлена на получение прибыли	Словарь бизнес-терминов 2001 [22]
превращение чего-либо в источник дохода, в предмет наживы	Энциклопедический словарь 2009[26]
подчинение деятельности целям извлечения прибыли	Справочник технического переводчика 2013 [21]
введение коммерческих, рыночных отношений, переход на коммерческую, торговую основу. К. образования предполагает обучение части студентов вузов на коммерческой основе (по контрактам с организациями, оплачивающими их подготовку)	Словарь финансово-экономических терминов 2015 [19]
это деятельность лица или организации, предприятия, направленная на извлечение прибыли всеми способами, это также, если говорить в государственном масштабе, первые шаги при приватизации государственных предприятий, увеличение числа коммерческих предприятий	Businesstimes (Журнал о бизнесе в стране и за рубежом) [17]
это бизнес, основанный на результатах научных исследований	В. Л. Антонен, Н. В. Нечаева и др. [1]
инновационный процесс, в ходе которого технологическая разработка реализуется с получением коммерческого эффекта	Дж. Козметский [10]
представляет собой процесс превращения объекта интеллектуальной собственности (инновации) в прибыль средствами торговли	В. И. Мухопад [10]
получение дохода от продаж или использование инноваций в собственном производстве	Е. А. Монастырский, Я. Н. Грик [14]
процесс вовлечения объектов интеллектуальной собственности в экономический оборот, использование объектов интеллектуальной собственности в хозяйственной деятельности	Материалы секционного заседания Третьего Всероссийского форума «Интеллектуальная собственность – XXI век», [7]
создание особой системы моделирования управлением инновационными процессами и деятельностью на основе принятия креативных управленческих решений, которые бы учитывали особенности их функционирования и закономерности развития в условиях коммерческой деятельности	А. И. Киселевич [9]
процесс разработки и реализации ряда мероприятий, с помощью которых результаты научных исследований и опытно-конструкторских разработок можно предложить на рынках товаров и услуг с коммерческими целями	О. А. Цуканова, Е. В. Шашкова [24]
процесс преобразования результатов НИОКР, которые сохраняют свою актуальность на рынке и остаются по-прежнему востребованными, в продукты (услуги) на рынке для получения дохода от их реализации, лицензирования либо самостоятельного использования	Н. В. Казакова, Т. А. Герасимова [8]
процесс превращения нововведения в конкурентоспособный инновационный продукт, приносящий положительный экономический эффект посредством его реализации, использования и распространения на рынке	Е. В. Борисова [4]

Примечание. Таблица составлена автором по данным источников [18, 2, 22, 26, 21, 19, 17, 1, 10, 14, 12, 7, 9, 24, 8, 4].

Коммерциализация инноваций (commercialize innovation) – превращение инноваций в источник дохода, в объект извлечения прибыли. Осуществляется путем передачи и внедрения новых технологий и/или выпуска новой продукции на предприятиях и выхода с ними на рынки. Превращение нововведения в товар возможно лишь в том случае, когда инновации выступают как товар на рынке и существуют возможности ее реализации. В случае, когда инновации не принимают товарной формы (новая техника и технология создается для использования в производственном цикле организации), коммерциализация является лишь потенциальным свойством инновации и может быть реализована в перспективе. Коммерциализация инновации может быть затруднена и в связи с недостаточной эффективностью новой техники и технологии в существующих экономических условиях [16].

Вывод, который можно сделать на основе проведенного анализа, говорит о том, что:

– *Коммерциализация* – это деятельность лица или организации, предприятия, направленная на извлечение прибыли всеми способами, если рассматривать со стороны государства, то это приватизация государственных предприятий, увеличение числа коммерческих предприятий.

– *Коммерциализация в науке* – это практическое использование научных разработок в производстве товаров или предоставлении услуг с тем, чтобы эти товары или услуги, можно было продать с максимальным коммерческим эффектом.

– *Коммерциализация интеллектуальной собственности* подразумевает использование интеллектуального труда для получения большей выгоды предпринимателями. Это процесс совпадения форматов поведения покупателя и продавца инновационного продукта относительно возможности использования, стоимости, перехода прав собственности на инновационный продукт (или рыночное освоение инновационного продукта).

– *Коммерциализация технологий* – это процесс трансформации научных результатов университета (идей, изобретений, новых технологий) в продукты, которые могут быть реализованы на коммерческой основе.

Коммерциализация использования результатов научно-исследовательской деятельности, осуществляемой за счет бюджетных средств в университетах и научно-исследовательских организациях, могут быть реализованы основными способами коммерциализации результатов научно-технической деятельности: выполнение НИОК(Т)Р в рамках государственных программ и инновационных проектов и передача полученных результатов на предприятия изготовители продукции; выполнение НИОК(Т)Р в рамках хозяйственных договоров и освоение полученных результатов у заказчиков; выполнение НИОК(Т)Р по контрактам с нерезидентами Республики Беларусь и передача полученных результатов зарубежным заказчикам; использование результатов научно-технической деятельности в собственном производстве; трансфер результатов научно-технической деятельности (НТД) [3].

Согласно Указу Президента Республики Беларусь от 04.02.2013 № 59, под коммерциализацией результатов научной и научно-технической деятельности понимается «введение в гражданский оборот и (или) использование для собственных нужд результатов НТД либо товаров (работ, услуг), созданных (выполняемых, оказываемых) с применением данных результатов, обеспечивающих достижение экономического и (или) социального эффектов» [16].

Таким образом, процесс введения в гражданский оборот инновации является одним из ключевых этапов инновационной деятельности после чего происходит возмещение затрат разработчика (или владельца) инновационного продукта и получение им прибыли от своей деятельности с участием субъектов инновационной инфраструктуры.

Всех участников процесса коммерциализации разделяют на три группы – авторы инноваций и их покупатели (инвесторы), субъекты инновационной инфраструктуры (рисунок), которые совместно образуют рынок инноваций [23].



Рис. Участники процесса коммерциализации на рынке инноваций

Примечание. Таблица составлена автором по данным источника [20].

Ключевых участников процесса продвижения технологии на рынке инноваций можно разбить на две большие группы:

- инвесторы (покупатели) технологий;
- авторы (владельцы) технологий;
- субъекты инновационной инфраструктуры (посредник между покупателями и владельцами технологий).

Важнейшую роль в процессе коммерциализации инноваций играют такие участники процесса коммерциализации, как научно-технологические парки, бизнес-инкубаторы, инновационные центры, центры коммерциализации, консалтинговые компании, и другие. Эти участники процесса коммерциализации технологий, не всегда являясь инвесторами, оказывают существенное содействие в коммерциализации инноваций и привлечении финансовых средств. Их функции могут быть определены как консультационные или юридические, защищающие и продвигающие на рынок интеллектуальную собственность разработчиков, в том числе и на льготных условиях.

Заключение

Таким образом, обобщая результаты по изучению теоретических основ и особенностей коммерциализации инноваций, можно сделать следующие выводы:

1. Введение в гражданский оборот инновации, обеспечивающее получение экономического и социального эффектов является одним из ключевых этапов инновационной деятельности после чего происходит возмещение затрат разработчика (или владельца) инновационного продукта и получение им прибыли от своей деятельности с участием субъектов инновационной инфраструктуры. Это позволяет более эффективно организовать процесс создания и реализации инноваций на рынке.

2. Определены основные участники рынка инноваций для эффективной коммерциализации, такие как субъекты инновационной инфраструктуры рынка, в частности научно-технологические парки, бизнес-инкубаторы, инновационные центры, центры коммерциализации, консалтинговые компании, и другие. Эти участники процесса коммерциализации, не являясь инвесторами, оказывают существенное содействие в коммерциализации инноваций и привлечении финансовых средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонец, В. Л. Инновационный бизнес: формирование моделей коммерциализации перспективных разработок / В. Л. Антонец, Н. В. Нечаева. – Москва: Дело, 2009. – 320 с.
2. Белорусская юридическая энциклопедия / Белорусский государственный университет; пред. редкол. С. А. Балашенко. – Минск: ГИУС БГУ. – Т. 1. – 2007. – 600 с.
3. Бизнес прост. Информационная поддержка [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://biznesprost.ru/kommercializaciya.html> – Дата доступа: 14.09.2022.
4. Борисова, Е. В. Коммерциализация инноваций ОПК: сущность и роль в развитии инновационной инфраструктуры региона / Е. В. Борисова // Упр. инновациями: теория, методология, практика. – 2015. – № 14. – С. 78–84.
5. Васильева, Л. Н. Методы управления инновационной деятельностью / Л. Н. Васильева. – Москва: КноРус, 2005.
6. Основы инновационного менеджмента. Теория и практика: Учебник / Л.С.Барютин и др.; под ред. А.К. Казанцева, Л.Э. Миндели. 2-е изд. перераб. и доп. — М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2004. - 518 с.
7. Иванова, М. Г. Коммерциализация объектов интеллектуальной собственности и повышение капитализации компании / М. Г. Иванова, Е. В. Королева // Материалы секционного заседания Третьего Всероссийского форума «Интеллектуальная собственность – XXI век» 20–23 апреля 2010 г. – М., 2010. – 98 с.
8. Казакова, Н. В. Экономические аспекты процессов трансфера и коммерциализации инноваций / Н. В. Казакова, Т. А. Герасимова // Актуал. проблемы экономики и менеджмента. – 2016. – № 3 (11). – С. 20–24.
9. Киселевич, А. И. Понятие «коммерциализация инноваций» в научной литературе / А. И. Киселевич // Молодежь в науке и предпринимательстве: сб. науч. ст. VIII междунар. форума молодых ученых, 15–17 мая 2019 г. / Белорус. торгово-экон. ун-т потреб. кооперации; под ред. Н. В. Кузнецова. – Гомель, 2019. – С. 162–165.
10. Козметский Дж. Вызов технологических инноваций на пороге новой эры общемировой конкуренции / Дж. Козметский // Трансфер технологии и эффективная реализация инноваций / под ред. Н. М. Фонштейн. – М.: АНХ, 1999. – 296 с.
11. Коробейников, О. П. Роль инноваций в процессе формирования стратегии предприятия / О. П. Коробейников, А. А. Трифилова, И. А. Коршунов // Мировая экономика и международные отношения. – 2001. – № 4. – С. 32–44.
12. Монастырский Е. А. Ресурсный подход к построению бизнес-процессов и коммерциализации разработок / Е. А. Монастырский, Я. Н. Грик // Инновации. – 2004, № 7. – С. 85–87.
13. Морозов, Ю. П. Инновационный менеджмент / Ю. П. Морозов, А. И. Гаврилов, А. Г. Городков. – Москва: Юнити-Дана, 2003. – 280 с.
14. Мухопад, В. И. Сущность, средства и проблемы коммерциализации интеллектуальной собственности в российской экономике / В. И. Мухопад // Материалы секционного заседания Третьего Всероссийского форума «Интеллектуальная собственность – XXI век» 20–23 апреля 2010 г. / Под ред. Е. В. Королевой. – М.: Российский государственный институт интеллектуальной собственности (РГИИС), 2010. – 96 с.
15. Национальные инновационные системы в России и ЕС / Под редакцией: В. В. Иванова (Россия), Н. И. Ивановой (Россия), Й. Розебума (Нидерланды), Х. Хайсберса (Нидерланды). – М.: ЦИПРАН РАН, 2006. – 280 с.
16. О коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, созданных за счет государственных средств [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 4 февр. 2013 г., № // Бизнес-Инфо: Беларусь / ООО «Профессиональные правовые системы», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2022.

17. The importance of income investing in turbulent times – Официальный сайт «Businessstimes» [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://www.businessstimes.com.sg/> – Дата доступа: 14.09.2022.
18. Райзберг, Б. А. Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 512 с.
19. Словарь финансово-экономических терминов / А. В. Шаркова, А. А. Килячков, Е. В. Маркина [и др.]; под общ. ред. д. э. н., проф. М. А. Эскиндарова. – М.: Дашков и К, 2015. – 1168 с.
20. Совершенствование организационно-экономического механизма коммерциализации инноваций: отчет о НИР (заключительный): 10 - 06 / Белорусский национальный технический университет; рук. В. Н. Гмырак, исполн. Е. А. Казачинская – Минск, 2010. – 49 с. – Библиогр.: с. 4. – № ГР 20100269.
21. Справочник технического переводчика [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа <http://find-info.ru/doc/dictionary/technical-translator/index.htm> – Дата доступа: 14.09.2022.
22. Словарь бизнес-терминов [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа <https://dic.academic.ru/contents.nsf/business/> – Дата доступа: 14.09.2022.
23. Тихонов, Н. А. Эффективность способов коммерциализации инноваций / Н. А. Тихонов // Управление экономическими системами. – 2012. – № 4. – 104 с.
24. Цуканова, О. А. Особенности коммерциализации научно-технической продукции в России [Электронный ресурс] / О. А. Цуканова, Е. В. Шашкова // Современ. проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9026> – Дата доступа: 12.09.2022.
25. Шутова, С. В. Создание и функционирование инновационной инфраструктуры в Республике Беларусь / С. В. Шутова // Глобальні принципи фінансового, облікового та аналітичного забезпечення аграрного сектора економіки: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 8–9 листопада 2018 р. / Харк. нац. аграр. ун-т. – Харків: ХНАУ, 2018. – Вип. 2 – С. 156–159.
26. Энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа <http://niv.ru/doc/dictionary/encyclopedic/fc/slovar-202-92.htm#zag-56475/> – Дата доступа: 14.09.2022.
27. Zahra S. A., Nielsen A. C. Sources of capabilities, integration and technology commercialization // Strategic Management Journal. – 2002. – Том 23. – №5. – С. 377–398.

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК:631.82:635.658:631.559

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЧЕЧЕВИЦЫ СОРТА «КРАПИНКА»

Б. Ж. ЖАНЗАКОВ

*Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А. И. Бараева,
п. Научный, Республика Казахстан, 021601*

В. Г. ЧЕРНЕНОК

*Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г. Нур-Султан, Республика Казахстан, 010011*

Т. Ф. ПЕРСИКОВА

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

(Поступила в редакцию 26.08.2022)

Исследования проводились в 2018–2020 гг. в сухостепной зоне Северного Казахстана на темно-каштановых карбонатных легкоглинистых почвах с содержанием на естественном фоне: гумуса – 2,9–2,95 %, азота нитратов – 6–8 мг/кг, подвижного фосфора – 10,7–13,9 мг/кг, калия более 800 мг/кг, Ca+Mg 22–25 мг экв/100 г почвы, pH более 8,0. В статье приведены результаты исследований по изучению влияния гидротермических условий и минеральных удобрений на химический состав растений и качество семян чечевицы сорта «Крапинка». Фосфорные удобрения (P_{60} , P_{90} , P_{120} , P_{150} , P_{180}) вносились осенью под зяблевую вспашку. От внесения фосфорных удобрений содержание фосфора в почве увеличилось с 12–15 до 32–38 мг/кг почвы в слое 0–20 см. Азотные удобрения внесены по фосфорному фону (P_{90}) в дозах 30, 60, 90 кг/га д.в., что увеличило содержание азота нитратов с 7,6 до 22,6 мг/кг почвы в слое 0–40 см. Годы исследований контрастно отличались по гидротермическому режиму, что отражалось на содержании питательных элементов в растениях в период вегетации, и химическом составе и качестве семян чечевицы. 2018 год был благоприятным (ГТК=0,95), 2019 год – остро засушливым (ГТК=0,31) и 2020 год – умеренно-засушливым (ГТК=0,72). В острозасушливый год содержание питательных элементов в семенах было выше, чем в благоприятном и умеренно засушливом году. Внесение минеральных удобрений и создание оптимальных условий минерального питания позволили получить высокий и качественный урожай. От внесения минеральных удобрений максимальная прибавка до 9 ц/га к контролю была получена в 2020 году, а увеличение содержания белка в зерне достигло +4,2 % к контролю.

Ключевые слова: чечевица; ГТК; минеральные удобрения; азот; фосфор; калий; белок.

The research was conducted in 2018–2020 in the dry steppe zone of North Kazakhstan on a dark chestnut carbonate light clay soils with the content against the natural background of humus – 2.9–2.95 %, nitric nitrogen – 6–8 mg/kg, mobile phosphorus – 10.7–13.9 mg/kg, potassium – more than 800 mg/kg, Ca+Mg – 22–25 mg equivalent/100 g of soil, pH more than 8.0. The article shows the results of the research of the hydrothermal conditions and the effect of mineral fertilizers on the chemical composition of plants and the quality of seeds of lentil variety Krapinka. Phosphorus fertilizers (P_{60} , P_{90} , P_{120} , P_{150} , P_{180}) were applied with fall plowing. The phosphorus content in the soil increased after the application of phosphorus fertilizers from 12–15 up to 32–38 mg/kg of soil in the 0–20 cm layer. Nitrogen fertilizers were applied on top of the phosphorus background (P_{90}) in doses 30, 60, 90 kg/ha of acting substance, which led to the increase in the content of nitric nitrogen from 7.6 up to 22.6 mg/kg of soil in 0–40 cm layer. The years of research were contrast in the hydrothermal regime, which was reflected in the content of nutrients in plants during the growing season, plants' chemical composition and quality of lentil seeds. The year 2018 was favorable (HTC=0.95), 2019 – acutely dry (HTC=0.31), and 2020 – moderately dry (HTC=0.72). In the acutely dry year, the content of nutrients in the seeds was higher than in the favorable and moderately dry years. Application of mineral fertilizers and creating optimal conditions for mineral nutrition made it possible to obtain abundant and high-quality yield. Due to the application of mineral fertilizers, the yield in 2020 was increased maximally by to 0.9 t/ha compared to the control; the protein content in the grain increased by 4.2 % compared to the control.

Key words: lentils; hydrothermal coefficient; mineral fertilizers; nitrogen; phosphorus; potassium; protein.

Введение

Чечевица ценный источник высококачественного растительного белка. Содержание белка в ней обычно в два раза больше, чем у большинства злаковых культур и больше, чем в мясе [1]. Зерно че-

чечевицы содержит 23–29 % белка, 59–63 % углеводов, 1,8 % жира и 0,2–7,6 % золы, до 10 % магния и 0,07 % кальция [2, 3, 4]. Также чечевица является хорошим источником протеина для крупного рогатого скота [5]. Отмечено, что солома и мякина чечевицы имеют 11–15 % белка, 35 % углеводов [6], что делает ее ценным кормом.

Агротехнические мероприятия являются одними из факторов, от которых зависит качество семян чечевицы. Установлено, что увеличение нормы высева приводит к снижению качества семян чечевицы: при высеве 2,0 млн всхожих семян/га содержание сырого белка – 26,8 %, при 2,2 млн семян – 25,6 %, при 2,8 млн семян – 24,8 %. Аналогично норме высева сроки посева важны. Более ранние сроки снижают качество, разница может достигать – 2 % [7].

Климатические условия оказывают влияние на содержание азота в растениях, в засушливый год его концентрация становится наиболее высокой независимо от фона питания, а содержание фосфора в растениях обратно пропорционально количеству выпавших осадков [8].

Естественное изменение содержания питательных элементов происходит в период вегетации. К фазе налива семян содержание азота в листьях, стеблях и створках бобов резко уменьшается, что объясняется усиленным его накоплением в зерне [7]. При этом по мере роста зерна общее содержание азота увеличивается, а за счет более быстрого накопления крахмала концентрация снижается [9]. По фосфору и калию наиболее высокое их содержание в растениях наблюдается в фазу всходов и постепенно снижается в процессе вегетации вплоть до полной спелости [8].

Условия минерального питания и внесение удобрений – важный фактор в формировании урожайности и качества чечевицы. Исследования по изучению урожайности и содержания азота и фосфора в семенах разных видов чечевицы (зеленая крупносеменная, зеленая мелкосеменная, красная мелкосемянная) в разных почвенно-климатических зонах (орто-темно-черноземная почвы (Ростерно и Йорктон) и оптик темно-каричево черноземная (Саскачитун и Скотт)) при естественном разном содержании питательных веществ: N-NO₃ – 6; 8; 19; 25 мг/кг, P – 28; 47; 33; 26 мг/кг и K – 322; 463; 600; 545 мг/кг показали, что урожайность чечевицы варьировала от 6,6 до 27,6 ц/га, содержание азота в семенах было 28,8–37,6 г/кг (2,88–3,76 %), фосфора 3,3–4,4 г/кг (0,33–0,44 %). Исследователи пришли к выводу, что естественное содержание фосфора в почве было основным фактором, влиявшим на урожайность и содержание питательных элементов в семенах [10].

Увеличение содержания азота и доступного фосфора за счет удобрений вызывает увеличение содержания белка, N, P, K, Fe, Mn, Zn в семенах. Улучшение качественных показателей семян объясняется тем, что азот улучшает развитие растений, а фосфор улучшает развитие корневой системы, что в свою очередь позволяет накопить питательные элементы больше [3, 8, 11, 12, 13].

Из выше сказанного следует, что агротехнические мероприятия, гидротермические условия и обеспеченность питательными элементами оказывают значительное влияние на химический состав растений в период вегетации, что отражается на урожайности и качестве семян чечевицы.

Схожих исследований по изучению влияния гидротермических условий и минеральных удобрений на химический состав растений, урожайность и качество чечевицы сорта «Крапинка» в условиях сухостепной зоны Северного Казахстана не проводились, что и явилось целью данной работы.

Основная часть

Исследования проводились в 2018–2020 гг. в сухостепной зоне Северного Казахстана на базе АО «Агрофирмы «Актык», Целиноградского района, Акмолинской области. Почва места проведения опыта темно-каштановая карбонатная легко глинистая с содержанием общего гумуса 2,93–2,95 %, валового азота 0,17 %, фосфора 0,15 %, подвижного калия более 80 мг/100 г почвы, рН слабощелочная (8,08–8,12).

Высевалась мелкосемянная желтая чечевица отечественной селекции (ТОО «НПЦЗХ им. А. И. Бараева»), сорт «Крапинка» [14].

Опыты закладывались по 10-вариантной схеме в 3-кратной повторности с набором различных доз удобрений: 1. О; 2. P₆₀; 3. P₉₀; 4. P₁₂₀; 5. P₁₅₀; 6. P₁₈₀; 7. P₉₀N₃₀; 8. P₉₀N₆₀; 9. P₉₀N₉₀; 10. N₃₀.

Площадь делянки 52,5 м². Удобрения (в виде аммофоса с 46% P₂O₅, 10–11 % N) вносились осенью на глубину 12–14 см по обработанной зяби и весной (в виде аммиачной селитры с 34,6 % N) перед посевом на глубину 10 см сеялкой СЗС-2,1. Чечевица высевалась из расчета 2,2 млн всхожих семян/га во второй половине мая сеялкой СЗС-2,1 на глубину 5–7 см. Агротехнические мероприятия общепринятые для региона.

В опытах по определению физических и агрохимических свойств почвы и влияния на них удобрений, изучались динамика влажности почвы, содержание и динамика элементов питания в метровом профиле через каждые 20 см, а по удобренным вариантам на глубину 0–20 и 20–40 см из 5 точек на делянке.

В отобранных образцах определялась влажность почвы весовым методом (ГОСТ 28268-89), нитратный азот на нитрат-анализаторе 150.1 МИ, подвижный фосфор и обменный калий из одной вытяжки по Мачигину (ГОСТ 26205-91).

В процессе вегетации отбирались растительные образцы со всех вариантов по 50 растений чечевицы с делянки проходом по диагонали из 10 точек для определения химического состава растений по фазам развития.

Анализ химического состава растений и семян чечевицы проводился по ускоренной методике определения азота, фосфора и калия из одной навески по методике Пиневица [15].

Все расчеты и обработка данных проведена по Доспехову [16].

В условиях 2018 и 2019 года за счет осенне-зимних осадков обеспечился хороший запас продуктивной влаги в метровом профиле – 155 мм и 148 мм соответственно. Запасы влаги в предпосевной период в 2020 году ниже – 119 мм (средний уровень). Их хватило, чтобы получить дружные всходы. На дальнейший рост и развитие растений больше влияли атмосферные осадки и температура воздуха.

Так, гидротермические условия вегетационного периода в годы исследования были разными: 2018 год – благоприятный (ГТК=0,95), 2019 год – острозасушливый (ГТК=0,31), 2020 год – умеренно-засушливый (ГТК=0,72).

За вегетационный период 2019 года – май-август месяцы выпало всего 57 мм, что составляет 30 % от нормы. Осадки распределились крайне неравномерно 67 % выпало в июне месяце (38 мм). За июль – август выпало всего 15 мм и к фазе цветения продуктивная влага в корнеобитаемом слое практически отсутствовала и составляла 1,2 мм в слое 0–20 и 3,7 мм в слое 0–40 см.

В 2020 году ситуация была лучше за счёт выпавших в июне-июле осадков (114 мм).

Условия увлажнения отразились на почвенных процессах – особенно на нитрификации минерального азота.

В годы исследования содержание азота на контрольном фоне по градации Черненко В. Г. [17] было на среднем уровне – 7,6–9,3 мг/кг в слое 0–40 см, на удобренных фонах достигло – 18,4–22,6 мг/кг.

Естественная обеспеченность почв фосфором согласно градации Черненко В. Г. [17] была на низком уровне – 12–14 мг/кг почвы в слое 0–20 см, с внесением фосфорных удобрений оно увеличилось до 32,0–38,7 мг/кг.

Во все годы содержание калия было на очень высоком уровне – 800–900 и более мг/кг в слое 0–20 см. От внесения азотно-фосфорных удобрений содержание калия в почве не изменилось.

Почвенно-климатические условия влияли на химический состав растений в период вегетации, табл. 1.

Таблица 1. Химический состав растений чечевицы в фазе ветвление, %

Внесено, кг д.в./га	2019 год (ГТК=0,31)			2020 год (ГТК=0,72)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
O	2,71±0,05	1,86±0,01	6,01±0,01	1,53±0,01	1,42±0,01	4,08±0,01
P ₆₀	3,09±0,08	1,94±0,06	6,14±0,01	1,74±0,03	1,51±0,03	4,19±0,01
P ₉₀	3,23±0,02	1,96±0,04	6,22±0,01	1,82±0,03	1,52±0,03	4,21±0,01
P ₁₂₀	3,23±0,04	1,99±0,03	6,20±0,01	1,83±0,07	1,55±0,07	4,27±0,01
P ₁₅₀	3,15±0,03	1,92±0,02	6,46±0,01	1,77±0,01	1,46±0,01	4,30±0,01
P ₁₈₀	3,16±0,01	1,90±0,01	6,41±0,01	1,82±0,06	1,48±0,02	4,61±0,01
P ₉₀ N ₃₀	3,39±0,03	2,09±0,03	6,43±0,01	1,96±0,01	1,47±0,01	4,32±0,01
P ₉₀ N ₆₀	3,32±0,11	2,02±0,03	6,57±0,01	2,02±0,03	1,39±0,01	4,33±0,01
P ₉₀ N ₉₀	3,43±0,01	1,92±0,03	6,51±0,01	2,14±0,01	1,41±0,01	4,44±0,01
N ₃₀	3,03±0,05	1,83±0,03	6,23±0,01	1,68±0,01	1,39±0,05	4,27±0,01
среднее	3,17±0,21	1,94±0,08	6,32±0,18	1,83±0,17	1,46±0,06	4,30±0,14

Примечание. 2018 году измерения в фазе ветвления не проводились.

Из данных табл. 1 видно, что в фазе ветвления самое высокое содержание было у калия. Его содержание в зависимости от условий года в среднем колебалось от 4,30 % до 6,32 %.

На содержание калия в растениях в фазе ветвления влияло и внесение азотно-фосфорных удобрений. С улучшением азотно-фосфорного питания отмечалось увеличение содержания калия в растениях на 0,4 % по фосфорным фонам и на 0,35 % по азотно-фосфорным фонам.

Наибольшее содержание азота было в острозасушливом 2019 году – 3,17 % по опыту, в умеренно засушливом 2020 году меньше – всего 1,83 % по опыту. В среднем разница по годам в содержании азота в фазе ветвления составляет 1,7 раз.

На накопление азота в растениях наибольшее влияние оказали азотные удобрения (+0,2 % в 2019 г. и +0,3 % в 2020 г.). Повышение содержания азота в растениях отмечалось и при внесении фосфора. Улучшение условий фосфорного питания также повышало востребованность культурой азота.

Содержание фосфора в растениях чечевицы в фазе ветвления было ниже, чем содержание азота и калия. Его содержание в растениях было в 3–4 раз меньше, чем калия и 1,5–2 раза меньше, чем азота и колебалось в пределах от 1,46 до 1,94 % по опыту. С улучшением условий фосфорного питания шел рост содержания фосфора в растениях.

Тенденция, проявленная в фазе ветвления в накоплении питательных элементов по удобренным фонам, сохранялась в фазе цветения, табл. 2.

Таблица 2. Химический состав растений чечевицы в фазе цветения, %

Внесено, кг д.в./га	2018 год (ГТК=0,95)			2019 год (ГТК=0,31)			2020 год (ГТК=0,72)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
O	2,41±0,01	0,78±0,01	3,95±0,06	2,63±0,01	1,20±0,01	5,84±0,01	2,04±0,06	0,74±0,05	4,15±0,01
P ₆₀	2,42±0,01	0,96±0,01	3,99±0,01	2,74±0,01	1,25±0,01	5,57±0,01	2,22±0,01	0,84±0,01	4,20±0,01
P ₉₀	2,49±0,03	1,02±0,01	4,04±0,01	2,86±0,01	1,26±0,01	5,56±0,01	2,27±0,01	0,86±0,01	4,28±0,01
P ₁₂₀	2,72±0,13	1,05±0,02	4,09±0,03	2,97±0,01	1,22±0,01	5,78±0,01	2,40±0,03	0,89±0,01	4,60±0,01
P ₁₅₀	2,78±0,11	1,21±0,01	4,16±0,06	2,89±0,01	1,22±0,01	5,58±0,01	2,24±0,01	0,89±0,01	4,68±0,01
P ₁₈₀	2,73±0,11	1,34±0,01	4,14±0,12	2,74±0,01	1,22±0,01	5,90±0,01	2,26±0,04	0,87±0,01	4,60±0,01
P ₉₀ N ₃₀	2,84±0,03	1,16±0,07	4,38±0,13	3,03±0,01	1,19±0,01	5,72±0,01	2,54±0,03	0,86±0,04	4,72±0,01
P ₉₀ N ₆₀	2,89±0,08	1,28±0,02	4,35±0,13	3,08±0,01	1,18±0,01	5,71±0,01	2,68±0,09	0,79±0,01	4,80±0,01
P ₉₀ N ₉₀	3,07±0,01	1,33±0,03	4,29±0,07	2,93±0,01	1,12±0,01	5,52±0,01	2,87±0,01	0,82±0,01	4,93±0,01
N ₃₀	2,53±0,08	1,13±0,01	4,24±0,03	2,80±0,01	1,14±0,01	5,25±0,01	2,80±0,01	0,74±0,01	4,22±0,01
среднее	2,69±0,22	1,13±0,18	4,16±0,15	2,87±0,14	1,20±0,04	5,64±0,19	2,43±0,28	0,83±0,06	4,53±0,28

В фазе цветения содержание азота было выше по фонам с азотными удобрениями. Разница с контрольным фоном для азотных удобрений (P₉₀) достигла – 0,58 % в 2018 году по фону P₉₀N₉₀ и 0,50 % в 2020 году по фону P₉₀N₆₀. В 2019 году разница была ниже – 0,22 %, фон P₉₀N₆₀.

По содержанию фосфора в растениях в фазе цветения самая большая разница с контролем была в 2018 году по фону P₁₈₀ – 0,56 %, в 2019 году по фону P₉₀ – 0,06 % и 2020 году по фону P₁₂₀ – 0,15 %, соответственно. Улучшение азотно-фосфорного питания стимулировало потребление калия. Аналогично фазе ветвления самое высокое содержание в фазе цветения было у калия. В 2018 году среднее по опыту содержание калия в растениях было 4,16 %, в 2019 году – 5,64 %, в 2020 году – 4,53 %. Процентное соотношение питательных элементов в растениях чечевицы в фазу цветения сохранилось.

Однако, по сравнению с фазой ветвления, в фазу цветения отмечено постепенное снижение процентного содержания питательных элементов – фосфора и калия, что сходится с результатами исследований Галды Д. Е., Есаулко А. Н. [8].

Содержание питательных элементов в растениях в фазе цветения в острозасушливом 2019 году было самым высоким, благоприятный 2018 год характеризовался средним содержанием, а 2020 год с суммой осадков за июнь-июль в 114 мм характеризовался самым меньшим содержанием питательных элементов.

Накопление азота в растениях в период вегетации и постепенное снижение фосфора и калия напрямую отразилось на содержании питательных элементов в зерне чечевицы, табл. 3.

Таблица 3. Влияние гидротермических условий и минеральных удобрений на химический состав семян чечевицы, %

Внесено, кг д.в./га	2018 год (ГТК=0,95)			2019 год (ГТК=0,31)			2020 год (ГТК=0,72)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
O	3,01±0,01	1,17±0,01	2,66±0,35	3,40±0,01	1,80±0,01	2,37±0,01	2,51±0,01	1,00±0,01	2,51±0,01
P ₆₀	3,06±0,09	1,40±0,01	2,69±0,27	3,75±0,01	1,82±0,01	2,36±0,01	2,57±0,01	1,03±0,01	2,52±0,01
P ₉₀	3,11±0,15	1,50±0,01	2,72±0,24	3,80±0,01	1,87±0,01	2,30±0,01	2,76±0,05	1,10±0,03	2,55±0,01
P ₁₂₀	3,00±0,06	1,60±0,01	2,68±0,38	3,76±0,03	1,94±0,03	2,27±0,01	2,82±0,01	1,14±0,01	2,54±0,01
P ₁₅₀	3,14±0,11	1,53±0,01	2,72±0,35	3,53±0,01	2,01±0,07	2,24±0,01	2,75±0,03	1,17±0,03	2,53±0,01
P ₁₈₀	3,15±0,01	1,52±0,03	2,51±0,32	3,48±0,01	2,14±0,03	2,21±0,01	2,45±0,11	1,08±0,01	2,59±0,01
P ₉₀ N ₃₀	3,23±0,09	–	2,79±0,01	3,81±0,03	1,93±0,07	2,20±0,01	2,63±0,01	1,03±0,01	2,64±0,01
P ₉₀ N ₆₀	3,39±0,01	1,31±0,05	2,54±0,20	3,94±0,01	2,00±0,10	2,19±0,01	2,99±0,06	0,99±0,01	2,53±0,01
P ₉₀ N ₉₀	3,44±0,01	1,44±0,01	2,49±0,20	4,04±0,01	1,91±0,10	2,14±0,01	3,27±0,11	1,25±0,01	2,51±0,01
N ₃₀	3,26±0,05	1,32±0,01	2,43±0,13	3,55±0,01	1,81±0,01	2,20±0,01	2,77±0,05	1,01±0,01	2,54±0,01
среднее	3,18±0,15	1,42±0,13	2,59±0,12	3,70±0,21	1,90±0,11	2,20±0,07	2,75±0,24	1,08±0,08	2,51±0,04

Как показывает анализ данных химического состава семян табл. 3, тенденция постепенного увеличения содержания азота сохранилась. В период налива и созревания семян накопленный в листьях, стеблях и створках бобов азот ассимилировался в зерне, это подтверждается его низким содержанием

в соломе. В соломе в среднем по опыту содержание азота: в 2018 году – 1,50 %, в 2019 году – 2,40 %, в 2020 году 1,29 %, что ниже в 2 раза, чем в фазах ветвления, цветения и зерне.

Содержание калия неизменно снижалось весь период вегетации. В растениях в фазу ветвления отмечался самый высокий процент калия более 6 %, а в зерне в 2–2,5 раза меньше. Большая часть калия накопилась в (вегетативной части) соломе: в 2018 году – 4,63 %, в 2019 году – 5,0 %, в 2020 году – 4,74 % по опыту.

Содержание фосфора в растениях в период вегетации и зерне не сильно изменялось.

Внесение фосфорных удобрений усиливало потребление азота, но более высоким содержанием отмечались варианты с внесением азотных удобрений. В благоприятные 2018 и 2020 гг. содержание азота было меньше, чем в острозасушливом 2019 году как в период вегетации, так и в зерне, что связано с его разбавлением в сформировавшейся маленькой биомассе.

В 2018 году самое высокое содержание азота и белка (в среднем по опыту) отмечено по фону P₉₀N₉₀ – 3,44 % и 19,3 % соответственно, табл. 4.

Таблица 4. Влияние удобрений и гидротермических условий на урожайность (ц/га) и белковость (%) чечевицы

Внесено кг д.в./га	Урожайность «О» + прибавка, ц/га	Белок		Урожайность «О» + прибавка, ц/га	Белок, %		Урожайность «О» + прибавка, ц/га	Белок, %	
		%	кг/га		%	кг/га		%	кг/га
		2018 год (ГТК=0,95)			2019 год (ГТК=0,31)			2020 год (ГТК=0,72)	
«О»	11,5	16,8	193,2	1,8	19,0	34,2	15,0	14,1	211,5
P ₆₀	+3,6	17,1	258,2	+0,3	21,0	44,1	+3,2	14,4	262,1
P ₉₀	+3,7	17,4	264,5	+0,6	21,3	51,1	+6,0	15,5	325,
P ₁₂₀	+5,6	17,6	301,0	+0,8	21,1	54,9	+8,4	15,8	369,7
P ₁₅₀	+4,5	16,8	268,8	+0,7	19,8	49,5	+6,1	15,4	324,9
P ₁₈₀	+5,5	17,6	299,2	+0,7	19,5	48,7	+3,6	13,7	254,8
P ₉₀ N ₃₀	+5,1	18,1	300,5	+1,0	21,3	59,6	+8,7	14,7	348,4
P ₉₀ N ₆₀	+4,8	19,0	309,7	+0,7	22,1	55,2	+7,8	16,7	380,8
P ₉₀ N ₉₀	+6,7	19,3	351,3	+1,1	22,6	65,5	+6,5	18,3	393,4
N ₃₀	+1,8	18,2	242,1	+0,3	19,9	41,8	+3,5	15,5	286,7
Среднее	+4,6	17,8	277,7	+0,7	20,8	49,9	+5,9	15,4	314,2
НСР _{0,95} (урожай)	1,3			0,23			2,22		
m, %	3,1			3,32			3,22		

В острозасушливом 2019 году самое высокое содержание азота получено на фонах с внесением азотных удобрений до 4,0 %, что определило и содержание белка от 19 до 21 % по фосфорным, до 23 % по азотно-фосфорным вариантам. На фоне P₉₀ за счет азота содержание белка повысилось на 1,3 %. Соответственно содержание белка на неудобренном фоне, т.е. на контроле было на 0,3% ниже и повышалось за счет фосфора на 1,3 %, причем с повышением доз до 90 кг. На более высоких фонах содержание белка снижалось с 21,3 до 19,5 %, что говорит о токсичном действии переизбытка питательных веществ.

В 2020 году чечевица хорошо реагировала на внесение азотных удобрений, повышая содержание азота на 0,76 % и соответственно содержание белка увеличивалось до 18,3 % в сравнении с 14,1 % на контроле.

Сформировавшаяся в годы исследования урожайность и качество чечевицы, являются отражением климатических и созданных почвенных условий. Влияние климатических условий видны в контрастной урожайности 2019 года (1,8 ц/га) и 2020 года (15,0 ц/га), разница в 8 раз, но качество лучше в острозасушливом 2019 году. 2018 год был самым благоприятным (ГТК=0,95), однако по сравнению с умеренно-засушливым 2020 годом (ГТК=0,72) урожайность и прибавка ниже, что связано с распределением осадков в вегетационный период. В 2020 году они пришлись на критические фазы роста (всходы, цветение, формирование бобов), что способствовало формированию высокой урожайности – 23,4ц/га по фону P₁₂₀ и 23,4ц/га по фону P₉₀N₃₀ – 23,7ц/га и низкому качеству по сравнению с 2018 годом.

Фоны минерального питания, созданные внесением удобрений, способствовали увеличению урожайности и улучшению качества чечевицы до определенного уровня. В разные годы фоны питания, созданные внесением удобрений, показавшие лучшую урожайность, формировали и лучшее качество семян, они и были оптимальными для данной культуры, сорта. По фосфору оптимальным можно считать – 25–27 мг P₂O₅/кг почвы в слое 0–20 см, по азоту – 12–14 мг N-NO₃/кг почвы в слое 0–40 см. Дальнейшее увеличение внесенных доз снижало урожайность и качество.

Заключение

Исследования показали, что на начальных этапах роста чечевица имеет высокое содержание питательных элементов, особенно выделялся калий 4,1–6,6 %, далее азот 1,5–3,4 % и фосфор 1,4–2,1 %. По мере развития растений чечевицы (в фазу цветения) идет снижение фосфора и калия в нарастаю-

щей биомассе, но даже тогда показатели были высокие: фосфор – 0,7–1,3 %, калий – 4,0–5,9 %. По мере роста и развития чечевицы содержание азота в растениях росло.

Внесение минеральных удобрений положительно влияло на содержание питательных элементов в почве и их накопление в растениях. Лучшее всего показали себя азотно-фосфорные фоны с оптимальными уровнями обеспеченности питательными веществами, т.е. фоны с наилучшей прибавкой к урожаю. Чечевица хорошо отзывалась на внесение минеральных удобрений и улучшала качество семян чечевицы (+3,2–4,2 % белка).

Немаловажное значение в изменении содержания и накоплении питательных веществ имеют гидротермические условия, которые напрямую связаны с формированием биомассы и распределением питательных веществ в ней.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что содержание питательных элементов в семенах чечевицы начинают накапливаться уже на начальных этапах роста и развития растений, и в дальнейшем являются основным источником питательных элементов при наливе зерна. Поэтому заблаговременное внесение минеральных удобрений и создание оптимальных условий минерального питания позволяет не только получить высокий, но и качественный урожай.

Источник финансирования: грантовый проект AP05133069 «Разработать и внедрить приемы реализации потенциала продуктивности перспективных для сухостепной зоны Казахстана сортов чечевицы, на основе определения оптимальных для них параметров агрохимических свойств почвы и способов их достижения, обеспечивающих повышение их конкурентоспособности в условиях диверсификации зернового производства», руководителем которого была д.с.-х.н., профессор В. Г. Черненко

ЛИТЕРАТУРА

1. Shekib, L. A., Zoueil, M. E., Youssef, M. M., Mohamed, M. S. Amino acid composition and In vitro digestibility of lentil and rice proteins and their mixture / L. A. Shekib, M. E. Zoueil, M. M. Youssef, M. S. Mohamed // Food Chemistry. – 1986. – 20. – P. 61 – 67.
2. Singh, N., Singh, G. Response of lentil (*Lens culinaris* Medikus) to phosphorus-A review / N. Singh, G. Singh // Agricultural Reviews. – 2016. – 37(1). – P. 27 – 34.
3. Zeidan, M. S. Effect of Organic manure and Phosphorus Fertilizers on Growth, Yield and Quality of Lentil Plants in Sandy / M. S. Zeidan // Soil Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. – 2007. – 3(6). – P. 748 – 752.
4. Кузнецов, И. С. Влияние сроков посева на урожайность чечевицы / И. С. Кузнецов // AgroXXI. – 2008. – № 7-9. – С. 39 – 40.
5. Jezierny, D., Mosenthin, R., Bauer, E. The use of grain legumes as A protein source in pig nutrition: a review / D. Jezierny, R. Mosenthin, E. Bauer // Anim. Feed Sci. Technol. – 2010. – 157. – P. 111 – 128.
6. Sebastian, M., Gheorghe, D. Fertilization effect concerning the yield and quality indicators for *Lens Culinaris* L. / M. Sebastian, D. Gheorghe // Research Journal of Agricultural Science. – 2010. – 42(4). – P. 110 – 112.
7. Шевцова, Л. П. Адаптивность и совершенствование технологии производства чечевицы тарелочной в степном Поволжье / Л. П. Шевцова, А. Ф. Дружкин // Аграрный Научный Журнал. – 01. 2016. – С. 40–43.
8. Галда, Д. Е. Урожайность и качество зерна сортов чечевицы в зависимости от определенных норм минеральных удобрений на черноземе выщелоченном / Д. Е. Галда, А. Н. Есаулко // Вестник АПК Ставрополя. – 2017. – № 4(28). – С. 92 – 97.
9. Gulmezoglu, N., Kayan, N. Dry Matter and Nitrogen Accumulation During Vegetative and Grain Filling of Lentil (*Lens culinaris* Medic.) as Affected by Nitrogen Rates / N. Gulmezoglu, N. Kayan // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. – 2011. – 39(2). – P. 196 – 202.
10. Xie, J., Schoenau, J., Warkentin, T. D. Yield and uptake of nitrogen and phosphorus in soybean, pea, and lentil and effects on soil nutrient supply and crop yield in the succeeding year in Saskatchewan / J. Xie, J. Schoenau, T.D. Warkentin // Canada Can. J. Plant Sci. – 2018. – 98. – P. 5 – 16.
11. Togay, Y., Togay, N., Dogan, Y. Research on the effect of phosphorus and molybdenum applications on the yield and yield parameters in lentil (*Lens culinaris* Medic.) / Y. Togay, N. Togay, Y. Dogan // Afr. J. Biotech. – 2008. – 7. – P. 1256 – 1260.
12. Yumnam, T., Luikham, E., Singh, A. H. Influence of Phosphorus on Growth and Yield of Promising Varieties of Lentil (*Lens culinaris* L. Medik) / T. Yumnam, E. Luikham, A. H. Singh // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2018. – 7(8). – P. 162 – 170.
13. Kaneez, F., Nazir, H., Pir, F. A., Mohd, M. Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of Lentil (*Lens culinaris*) / F. Kaneez, H. Nazir, F. A. Pir, M. Mohd // Elixir Appl. Botany. – 2013. – 57. – P. 14323 – 14325.
14. Сорт чечевицы «Крапинка». [Электронный ресурс]. – 2022 – URL: https://baraev.kz/o_centre/proekty/159-sort-chechevicy-krapinka.html.
15. Мудрых, Н. М. Пособие к лабораторным занятиям по агрохимии / Н. М. Мудрых, М. А. Алёшин. – Пермь. ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 52 с.
16. 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.
17. Черненко, В. Г. Научные основы и практические приемы управления плодородием почв и продуктивностью культур в Северном Казахстане / В. Г. Черненко. – Астана, 2009. – 66 с.

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ОВСОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ФОРМ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА

О. В. МУРЗОВА

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

(Поступила в редакцию 31.08.2022)

В статье приведены результаты трехлетних исследований с пленчатым и голозерным овсом, где изучено влияние новых форм комплексных удобрений, микроудобрений и регулятора роста на динамику потребления макроэлементов (азота, фосфора и калия). Повышенным содержанием азота в зерне пленчатого овса сорта Запавет отличались варианты с применением комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$ и микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$ (2,21 и 2,34 %). Содержание фосфора в зерне по вариантам опыта изменялась незначительно. Наибольшее количество калия в зерне было в варианте с использованием Нутриванта плюс (0,61 %) и микроудобрения МикроСтим-Медь Л (0,62 %) на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$. Наибольший удельный вынос азота (24,2–26,3 кг) был в вариантах с использованием микроудобрения МикроСтим-Медь Л, комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$ и микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$, а фосфора (11,8 кг) наблюдался в варианте при некорневой подкормке Адобом Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ и калия (28,3 кг) при некорневой подкормке МикроСтимом-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$. Что касается голозерного сорта овса, то наибольшее содержание азота в зерне (2,77 %) наблюдалось в варианте с использованием микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$. Максимальное содержание фосфора в зерне зафиксировано при некорневой подкормке Нутривантом плюс (1,13 %), а калия в зерне (0,39–0,40 %) было в вариантах МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и при использовании регулятора роста Экосил на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$, Нутриванта плюс на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$. У этого сорта овса удельный вынос азота максимальных величин (28,2–30,1 кг) достигал в вариантах с использованием к МикроСтима-Медь Л и Нутриванта плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$, АФК с В, Си и Мп + N_{30} и Адоба Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$.

Ключевые слова: овес, удобрения, микроудобрения, регулятор роста, общий азот, фосфор, калий.

The article presents the results of three-year studies with filmy and naked oats, where the influence of new forms of complex fertilizers, micro-fertilizers and a growth regulator on the dynamics of consumption of macronutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) was studied. Variants with the use of complex fertilizer Nutrivant plus against the background of $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$ and micronutrient fertilizer Adobe Copper against the background of $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$ (2.21 and 2.34 %) differed in the increased nitrogen content in the grain of filmy oats of the Zapavet variety. The content of phosphorus in the grain according to the variants of the experiment changed slightly. The highest amount of potassium in the grain was in the variant with the use of Nutrivant plus (0.61 %) and micro-fertilizer MicroStim-Copper L (0.62 %) against the background of $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$. The highest specific nitrogen removal (24.2–26.3 kg) was in the variants with the use of MicroStim-Copper L microfertilizer, Nutrivant plus complex fertilizer against the background of $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$ and Adobe Copper microfertilizer against the background of $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$, and phosphorus (11.8 kg) was observed in the variant with foliar top dressing with Adobe Copper against the background of $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ and potassium (28.3 kg) with foliar top dressing with MicroStim-Copper L against the background of $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$. As for the naked oat variety, the highest nitrogen content in the grain (2.77 %) was observed in the variant with the use of Adobe Copper microfertilizer against the background of $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$. The maximum content of phosphorus in the grain was recorded with foliar feeding with Nutrivant plus (1.13 %), and potassium in the grain (0.39–0.40 %) was in the MicroStim-Copper L variants against the background of $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ and when using the Ecosil growth regulator against the background of $N_{90}P_{60}K_{90}$, Nutrivant plus against the background of $N_{90}P_{60}K_{90}$ and $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$. In this variety of oats, the specific nitrogen removal of maximum values (28.2–30.1 kg) was achieved in the variants with the use of MicroStim-Copper L and Nutrivant plus against the background of $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$, NPK with B, Cu and Mn + N_{30} and Adobe Copper against the background of $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$.

Key words: oats, fertilizers, micro-fertilizers, growth regulator, total nitrogen, phosphorus, potassium.

Введение

Одним из основных критериев оценки хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий наряду с увеличением объема производства становится качество продукции. На повышение качества зерна положительное воздействие оказывают агротехнические приемы: соблюдение севооборотов, подбор предшественника, оптимальные нормы высева, применение регуляторов роста и химических средств защиты. Однако среди перечисленных факторов наиболее существенное действие на улучшение качества сельскохозяйственных культур оказывают минеральные удобрения, которые, повышая урожайность растений, изменяют содержание в них не только важных для человека и животных элементов питания, но и накопление белков, сахаров, жиров, крахмала и других веществ. Использование удобрений без учета биологических особенностей культур, свойств почв и почвенно-климатических условий иногда может привести к снижению качества урожая. Действие удобрений на качественный состав растений определяется тем, что питательные вещества, поступающие в растения из удобрений, входят в состав важнейших органических соединений и повышают их содержание в урожае. Кроме того, отдельные элементы питания оказывают влияние на активность ферментативных систем растений. Следует иметь в виду, что управлять процессом питания и получать необходимый

эффект в формировании качественной продукции можно лишь при научно-обоснованном применении удобрений, с учетом биологических и физиологических особенностей сельскохозяйственных культур, почвенных условий, степени кислотности и запасов гумуса, фосфора и калия, а также факторов внешней среды [1].

В настоящее время большое внимание уделяется разработке и внедрению в производство ресурсосберегающих систем удобрений сельскохозяйственных культур [2]. Наиболее эффективным и быстродействующим фактором, способствующим повышению урожайности и качества сельскохозяйственных культур, являются удобрения [3].

Для создания урожая растения потребляют определенное количество питательных элементов в различных соотношениях. Это зависит от наследственной природы растений, применения удобрений и условий внешней среды. Потребность сельскохозяйственных культур в элементах питания характеризуется содержанием их в растениях. Содержание азота и зольных элементов в растениях зависит от биологических особенностей культуры. Так, максимальное содержание азота характерно для бобовых культур, калия – для кормовых корнеплодов, картофеля [4, 5].

Химический состав растений непостоянен в течение вегетации. В первые фазы роста и развития поглощение элементов питания культурой значительно опережает синтез ими органических веществ, поэтому содержание элементов питания в этот период выше, чем в конце вегетации. Кроме того, растения во второй половине вегетации теряют некоторые элементы, прежде всего калий. Потери элементов питания объясняются отмиранием и опадением старых листьев, а потери калия – еще и вымыванием дождями из надземных органов. Величина удельного выноса питательных веществ у одних и тех же культур может существенно (в 1,5 раза и более) различаться в зависимости от почвенных условий, уровня урожайности, сорта, дозы внесения удобрений, погодных условий, орошения и т.д. Вынос элементов питания, как правило, увеличивается при внесении удобрений. В оптимальных условиях растение более экономно расходует элементы питания [4, 5].

Цель исследований – изучить динамику накопления и вынос основных элементов питания пленчатым и голозерным овсом в зависимости от применения новых форм комплексных удобрений, микроудобрений и регулятора роста.

Основная часть

Полевые исследования с овсом проводили в 2013–2015 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком.

Пахотный слой почвы по годам исследований характеризовался следующими агрохимическими показателями: кислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 5,1–6,1), низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), повышенное и высокое содержание подвижного соединения фосфора (225–318 мг/кг), среднее и повышенное содержание подвижного соединения калия (173–238 мг/кг), низкую и среднюю обеспеченность подвижной медью (1,2–2,2 мг/кг). Почва опытного участка по степени окультуренности относится к среднеокультуренной ($I_{ок}$ – 0,76).

Объектами исследований являлись включенные в Государственный реестр сортов по Республики Беларусь пленчатый сорт овса Запавет (включен в реестр в 2006 году) и голозерный сорт овса Гоша (включен в реестр в 2009 году). Оба сорта выведены в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность – четырехкратная. Метод размещения вариантов в повторении – рендомизированный. Посев осуществлялся в 2013 году 13 мая, а в 2014–2015 гг. – 23 и 24 апреля. Посев овса осуществлялся навесной сеялкой «RAU» с шириной захвата 3 м. Глубина заделки семян – 3–4 см. Предшественник – зерновые культуры.

Схема опыта с овсом включала следующие варианты: 1. Без удобрений; 2. N₁₆P₆₀K₉₀; 3. N₆₀P₆₀K₉₀; 4. N₉₀P₆₀K₉₀; 5. N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀; 6. N₉₀P₆₀K₉₀ + Экосил; 7. N₉₀P₆₀K₉₀ + МикроСтим-Медь Л; 8. N₉₀P₆₀K₉₀ + Адоб Медь; 9. N₉₀P₆₀K₉₀ + Нутривант плюс; 10. АФК с В, Cu, Mn + N₃₀ (эквивалентный по NPK варианту 5); 11. N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ + Нутривант плюс; 12. N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ + МикроСтим-Медь Л; 13. N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀ + Адоб Медь.

Обработка почвы включала: зяблевую вспашку, осеннюю культивацию, весеннюю культивацию, предпосевную обработку.

При уходе за посевами проводили обработку гербицидом Прима, СЭ 306,25 г/л в дозе 0,6 л/га (фаза кущения), фунгицидом Рекс Дуо, КС 497 г/л в дозе 0,6 л/га и инсектицидом Биская, МД 240 г/л в дозе 200 г/га. Протравливание семян овса проводили препаратом Кинто-Дуо – 2,5 л/т семян. В опытах вносили карбамид (46 % N), аммофос (12 % N, 52 % P₂O₅) и хлористый калий (60 % K₂O). Также применяли новое комплексное удобрение (АФК с 0,1 % В, 0,15 % Cu и 0,1 % Mn) для основного внесения, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, водорастворимое ком-

плексное удобрение Нутривант плюс израильского производства, белорусское комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л и польское микроудобрение Адоб Медь, регулятор роста Экосил.

В течение вегетации растений были проведены фенологические, биометрические наблюдения и учеты. Уборку проводили комбайном Сампо-500 в фазу полной спелости зерна. Урожай учитывали поделочно. Данные урожайности приводили к 14 % влажности [5].

Метеорологические условия по годам исследований при возделывании пленчатого и голозерного овса были неодинаковыми как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков.

В целом, вегетационные периоды 2014–2015 гг. оказались благоприятными для формирования урожая овса, что и обеспечивало получение самой высокой урожайности этой культуры из трех лет проведения опытов. Посев (23 апреля) и уборка (7 августа 2014 года и 11 августа 2015 года) овса в эти годы исследований проводились в оптимальные сроки. Технология возделывания общепринятая для Республики Беларусь [5].

Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову [6] и М. Ф. Дембицкому [7].

Применение удобрений наиболее существенное влияние оказало на содержание азота в зерне и соломе овса. При внесении $N_{16}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90}$, $N_{90}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$ по сравнению с вариантом без внесения удобрений содержание азота в зерне пленчатого овса сорта Запавет возросло в среднем за три года исследований на 0,14, 0,28, 0,33 и 0,45 % и в соломе на 0,05, 0,11, 0,14 и 0,15 %.

Способствовало некоторому возрастанию содержания в зерне овса азота применение регулятора роста Экосил, некорневые подкормки посевов овса комплексным удобрением Нутривант плюс, микроудобрением МикроСтим-Медь Л и Адоб Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$, а также использование МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$. Повышенным содержанием азота в зерне отличались и варианты с применением комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$ и микроудобрения Адоб Медь на фоне максимальных доз минеральных удобрений $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$ (2,21 и 2,34 %). Максимальное содержание азота в соломе пленчатого овса (0,74 %) наблюдалось в варианте с использованием микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$.

Содержание фосфора в зерне и соломе пленчатого овса в среднем за три года по вариантам опыта изменялась незначительно. В большинстве удобряемых вариантах в зерне оно было несколько выше, чем в вариантах без внесения удобрений. Наибольшее количество калия в зерне было в варианте с использованием комплексного удобрения Нутривант плюс (0,61 %) и микроудобрения МикроСтим-Медь Л (0,62 %) на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ (табл. 1).

Таблица 1. Влияние макро- микроудобрений и регуляторов роста на содержание основных элементов питания в зерне и соломе пленчатого овса сорта Запавет в среднем за 2013–2015 гг.

Вариант	Зерно, % в сухом веществе			Солома, % в сухом веществе		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	1,57	0,79	0,52	0,39	0,42	2,56
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	1,71	0,83	0,53	0,44	0,44	2,57
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	1,85	0,84	0,54	0,50	0,48	2,48
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$ – фон 1	1,90	0,85	0,56	0,53	0,41	2,58
5. $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ – фон 2	2,02	0,92	0,60	0,54	0,43	2,49
6. Фон 1 + Экосил	2,04	0,87	0,56	0,55	0,35	2,66
7. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	2,07	0,89	0,58	0,58	0,34	2,67
8. Фон 1 + Адоб Медь	2,09	0,91	0,58	0,61	0,31	2,73
9. Фон 1 + Нутривант плюс	2,10	0,91	0,61	0,62	0,39	2,66
10. АФК с В, Сu, Мп + N_{30} (эквивалентный по НРК варианту 5)	2,06	0,94	0,57	0,73	0,42	2,67
11. Фон 2 + Нутривант плюс	2,21	0,88	0,53	0,73	0,37	2,54
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	2,11	0,94	0,62	0,73	0,42	2,73
13. $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ + Адоб Медь	2,34	0,94	0,55	0,74	0,44	2,65
НСР ₀₅	0,08	0,05	0,09	0,07	0,08	0,20

В целом по опыту в зерне пленчатого овса не отмечалось достоверного повышения или понижения содержания калия в зерне и соломе в удобряемых вариантах опыта.

При внесении $N_{16}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90}$, $N_{90}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$ по сравнению с вариантом без внесения удобрений содержание азота в зерне голозерного овса сорта Гоша возрастало в среднем за три года на 0,16, 0,21, 0,26 и 0,29 % и в соломе на 0,09, 0,13, 0,17 и 0,27 % соответственно (табл. 2).

Наибольшее содержание азота (2,77 %) в зерне голозерного овса в среднем за 2013–2015 гг. наблюдалось в варианте с использованием микроудобрения Адоб Медь на фоне повышенных доз минеральных удобрений $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$. Повышенным содержанием азота в зерне (2,69 %) отличается и вариант с применением нового комплексного удобрения для основного внесения под яровые зерновые культуры АФК с В, Сu и Мп + N_{30} .

В удобряемых вариантах опыта по сравнению с неудобренным контролем несколько возросло содержание фосфора в зерне. Максимальное его содержание в зерне зафиксировано при некорневой подкормке комплексным удобрением Нутривант плюс (1,13 %), а также в варианте с применением микроудобрения МикроСтим-Медь Л (1,09 %) на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$.

Содержание калия в зерне голозерного сорта овса в удобряемых вариантах по сравнению с вариантом без удобрений не изменялось или незначительно возрастало.

Наибольшее количество калия в зерне (0,39–0,40 %) было в вариантах МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и при использовании регулятора роста Экосил на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$, Нутриванта плюс на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$.

Также с изменениями азота, фосфора и калия в зерне изменялось содержание данных элементов и в соломе голозерного овса сорта Гоша. Максимальное содержание азота в соломе (0,75 %) наблюдалось также, как и в зерне в варианте с использованием микроудобрения Адоб Медь на фоне повышенных доз удобрений $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$. Содержание фосфора и калия в соломе возрастало незначительно по вариантам опыта (табл. 2).

Таблица 2. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на содержание основных элементов питания в зерне и соломе голозерного овса сорта Гоша в среднем за 2013–2015 гг.

Вариант	Зерно, % в сухом веществе			Солома, % в сухом веществе		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	2,15	0,82	0,36	0,41	0,42	2,16
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	2,32	1,04	0,39	0,50	0,49	2,07
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	2,36	1,06	0,38	0,54	0,44	2,30
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$ – фон 1	2,41	1,01	0,37	0,58	0,44	2,39
5. $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ – фон 2	2,44	1,03	0,38	0,63	0,37	2,31
6. Фон 1 + Экосил	2,49	1,05	0,39	0,64	0,42	2,20
7. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	2,52	1,00	0,37	0,61	0,42	2,29
8. Фон 1 + Адоб Медь	2,59	1,01	0,38	0,59	0,32	2,25
9. Фон 1 + Нутривант плюс	2,54	1,07	0,39	0,59	0,39	2,05
10. АФК с В, Сu, Мп + N_{30} (эквивалентный по NPK варианту 5)	2,69	1,06	0,38	0,63	0,44	2,37
11. Фон 2 + Нутривант плюс	2,63	1,13	0,39	0,68	0,43	2,19
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	2,64	1,09	0,40	0,65	0,44	2,12
13. $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ + Адоб Медь	2,77	1,08	0,36	0,75	0,41	2,34
НСР ₀₅	0,1	0,04	0,02	0,08	0,08	0,30

Потребность растений в элементах питания определяется по их выносу с урожаем. Растения потребляют преимущественно те питательные вещества, которые им необходимы, что обусловлено их биологическими особенностями и характеризует избирательность поглощения элементов питания растениями. Большинство сельскохозяйственных культур больше выносят азота, меньше калия и еще меньше фосфора. Зерновые культуры выносят больше азота [4, 5].

По годам исследований общий вынос питательных элементов изменялся в зависимости от содержания основных элементов питания в зерне и соломе пленчатого и голозерного овса, а также от урожайности основной и побочной продукции (табл. 3).

Таблица 3. Вынос элементов питания пленчатым овсом сорта Запавет в зависимости от применения комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста в среднем за 2013–2015 гг.

Вариант	Общий вынос, кг/га			Удельный вынос 1 т основной и побочной продукции, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	49,1	30,3	82,3	16,8	10,3	25,9
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	66,7	39,0	101,4	18,4	10,9	26,1
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	81,7	45,5	108,6	20,2	11,3	25,4
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$ – фон 1	98,3	50,8	134,3	20,8	10,7	26,5
5. $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ – фон 2	104,5	54,4	131,2	21,8	11,5	26,1
6. Фон 1 + Экосил	118,9	54,9	157,1	22,1	10,4	27,2
7. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	124,3	55,5	161,7	22,6	10,5	27,4
8. Фон 1 + Адоб Медь	124,6	54,1	163,9	23,1	10,4	27,9
9. Фон 1 + Нутривант плюс	125,6	58,0	160,7	23,3	11,1	27,5
10. АФК с В, Сu, Мп + N_{30} (эквивалентный по NPK варианту 5)	131,7	62,0	161,7	23,8	11,6	27,3
11. Фон 2 + Нутривант плюс	140,9	59,1	158,3	25,1	10,7	25,9
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	137,2	64,0	171,4	24,2	11,6	28,3
13. $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ + Адоб Медь	154,1	66,5	171,0	26,3	11,8	27,0

Наименьший общий вынос азота, фосфора и калия пленчатым овсом наблюдался в варианте без удобрений. Выше он был в вариантах при внесении $N_{16}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90}$, $N_{90}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$.

Более высокий общий вынос азота (140,9 кг/га) был в варианте с использованием Нутриванта плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и Адоба Медь на фоне повышенных доз минеральных удобрений $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ (154,1 кг/га).

По годам исследований общий вынос азота и фосфора как у пленчатого, так и у голозерного сорта овса находился почти на одном уровне, а калия в 2013 году был ниже, чем в 2014 и 2015 гг.

Удельный вынос элементов питания по вариантам опыта варьировал в значительно меньших пределах. Наименьший удельный вынос азота и фосфора на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции овса зафиксирован в контрольном варианте. Удельный вынос азота наибольших величин (24,2–26,3 кг/т) в среднем за три года достигал в вариантах с использованием микроудобрения МикроСтим-Медь Л, комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$ и микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$. У пленчатого овса максимальный удельный вынос фосфора (11,8 кг/т) наблюдался в варианте при некорневой подкормке микроудобрениями Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$ и калия (28,3 кг/т) при применении МикроСтима-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$.

Также как и у пленчатого сорта, у голозерного сорта овса наименьший общий вынос азота, фосфора и калия находился в варианте без удобрений. Несколько выше он наблюдался в вариантах при внесении $N_{16}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90}$, $N_{90}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$.

Наибольший общий вынос азота (113,8 кг/га) у голозерного овса был также как, и у пленчатого овса в варианте с использованием Нутриванта плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и Адоба Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$. Наименьший удельный вынос азота и фосфора на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции голозерного овса отмечен в варианте без удобрений. Удельный вынос азота максимальных величин (28,2–30,1 кг/т) достигал в вариантах с использованием жидкого микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$, нового комплексного удобрения для основного внесения под яровые зерновые культуры АФК с В, Сu и Мп + N_{30} и микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ (табл. 4).

Таблица 4. Вынос элементов питания голозерным овсом сорта Гоша в зависимости от применения комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста в среднем за 2013–2015 гг.

Вариант	Общий вынос, кг/га			Удельный вынос 1 т основной и побочной продукции, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	47,6	25,3	51,0	21,9	12,0	21,3
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	62,1	32,6	56,9	24,2	13,1	20,8
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	74,8	37,9	71,7	24,8	12,8	22,6
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$ – фон 1	82,5	39,2	78,3	25,5	12,3	23,2
5. $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ – фон 2	89,4	40,3	80,8	26,3	12,1	22,7
6. Фон 1 + Экосил	99,1	46,2	82,9	27,0	12,6	21,9
7. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	100,6	45,1	88,0	26,8	12,2	22,5
8. Фон 1 + Адоб Медь	107,6	44,3	91,0	27,2	11,3	22,1
9. Фон 1 + Нутривант плюс	108,5	49,6	87,9	26,8	12,5	20,6
10. АФК с В, Сu, Мп + N_{30} (эквивалентный по NPK варианту 5)	113,0	49,5	96,2	28,4	12,8	23,1
11. Фон 2 + Нутривант плюс	113,8	52,8	91,6	28,3	13,3	21,7
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	109,7	50,6	86,0	28,2	13,1	21,2
13. $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ + Адоб Медь	120,6	50,1	95,1	30,1	12,7	22,7

Максимальный удельный вынос фосфора (13,3 кг/т) у голозерного овса сорта Гоша наблюдался в варианте при двукратной обработке посевов овса комплексным удобрением Нутривант плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и калия (23,1 кг/т) в варианте при использовании АФК с В, Сu, Мп + N_{30} для основного внесения. Следует отметить, что голозерный сорт по сравнению с пленчатым отличался большим удельным выносом азота и фосфора и меньшим – калия [5, 8].

В опытах, проведенных 2009–2011 гг. Ю. В. Коготько на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на мелкосемянном сорте проса Галинка, наибольшая концентрация азота, фосфора и калия в период вегетации достигалась в варианте, где на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$ применялась инкрустация семян хелатной формой меди. Данная система применения удобрений обеспечивала получение максимальной продуктивности зерна – 44,0 ц/га, при общем выносе урожаем азота – 121,4 кг/га, фосфора – 53,1 и калия – 162,3 кг/га. На крупносемянном сорте проса Дружба 2 наибольшая урожайность зерна (46,5 ц/га) обеспечивалась при инкрустации семян хелатной формой меди на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$, где в данном варианте опыта к фазе молочно-восковой спелости наблюдалась высокая концентрация фосфора и калия. Общий вынос элементов питания при данной системе применения удобрений по азоту составил 118,6 кг/га, фосфору – 56,3 и калию – 173,3 кг/га [9].

Также в опытах, проведенных 2015–2017 гг. Н. В. Барбасовым на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА», максимальное содержание в зерне ячменя сорта Батяка азота (2,09 %), фосфора (0,90 %)

и калия (0,71 %) отмечалось в варианте с использованием МикроСтива-Медь Л на фоне $N_{80+40}P_{70}K_{120}$, где применялись повышенные дозы азота, фосфора и калия. В этом же варианте опыта у сорта Якуб содержание азота, фосфора и калия также было максимальным: 2,07, 0,88 и 0,71 % соответственно. Максимальный удельный вынос азота, фосфора и калия у раннеспелого сорта ячменя Батяка (21,9, 10,3 и 25,3 кг/т) и у среднепозднего сорта ячменя Якуб (23,0, 10,5 и 25,7 кг/т соответственно) получен в варианте с высокими дозами азота, фосфора и калия ($N_{80}P_{70}K_{120}$) в сочетании с азотной (N_{40}) и некорневой подкормкой МикроСтимом-Медь Л [8, 10].

Заключение

Удельный вынос азота наибольших величин (24,2–26,3 кг) у пленчатого сорта овса достигал в вариантах с использованием микроудобрения МикроСтим-Медь Л, водорастворимого комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$ и микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40}$. Максимальный удельный вынос фосфора (11,8 кг) наблюдался в варианте при некорневой подкормке микроудобрением Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ и калия (28,3 кг) при некорневой подкормке комплексным микроудобрением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$. У голозерного сорта овса удельный вынос азота максимальных величин (28,2–30,1 кг) достигал в вариантах с использованием комплексного микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$, нового комплексного удобрения для основного внесения под яровые зерновые культуры АФК с В, Си и Мп + N_{30} и микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ [11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапа, В. В. Эффективность комплексного применения минеральных удобрений и средств химизации при возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах / В. В. Лапа, Н. Н. Ивахненко, М. М. Ломонос, О. Г. Кулеш, А. А. Грачева // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – С. 115–121.
2. Применение новых форм удобрений и регуляторов роста при возделывании ячменя: рекомендации / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 34 с.
3. Вильдфлуш, И. Р. Продуктивность и баланс элементов питания в звене севооборота кукуруза-яровая пшеница-горох в зависимости от применяемых систем удобрения / И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, И. В. Михалева // Вестник Белорусской гос. с.-х. акад. – 2012. – № 2. – С. 30–34.
4. Система применения удобрений: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Агрохимия и почвоведение», «Защита растений и карантин» / В. В. Лапа [и др.]; ред. В. В. Лапа. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 418 с.
5. Мурзова, О. В. Эффективность применения новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании овса голозерного и пленчатого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: дис. канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О. В. Мурзова. – Горки, 2017. – 164 л.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
7. Дзямбіцкі, М. Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / М. Ф. Дзямбіцкі // Вес. Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 3. – С. 60–64.
8. Вильдфлуш, И. Р. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш, О. В. Мурзова, О. И. Мишура, Н. В. Барбасов. – Горки: БГСХА, 2021. – 161 с.
9. Персикова, Т. Ф. Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регулятора роста на динамику накопления основных элементов питания в период вегетации и урожайность зерна проса / Т. Ф. Персикова, Ю. В. Коготко // Вестник БГСХА. – 2020. – № 4. – С. 60–65.
10. Барбасов, Н. В. Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на продуктивность, вынос элементов питания и аминокислотный состав зерна ячменя кормового назначения // Вестник БГСХА. – 2019. – № 4. – С. 116–121.
11. Мурзова, О. В. Эффективность применения новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании овса голозерного и пленчатого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О. В. Мурзова; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2017. – 23 с.

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВосМЕСЕЙ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Т. Ф. ПЕРСИКОВА

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

А. Г. ПОДОЛЯК

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

(Поступила в редакцию 02.09.2022)

В статье представлены результаты многолетних исследований, полученных в полевом стационарном эксперименте, заложенном на торфяной маломощной почве (0,8–1,0 м), подстилаемой песком связным со следующими агрохимическими показателями: зольность 17,0 %; величина обменной кислотности рН_{KCl} – 5,36, содержание подвижных форм P₂O₅ – 149 мг/кг; содержание подвижных форм K₂O – 315 мг/кг; содержание обменных форм CaO – 1586 мг/кг; содержание обменных форм MgO – 106 мг/кг почвы. Плотность загрязнения почвы радионуклидами: ¹³⁷Cs – 499 кБк/м² (13,5 Ки/км²), ⁹⁰Sr – 16,2 кБк/м² (0,44 Ки/км²).

Установлено, что обязательным элементом технологии (контрмерой) при возделывании многокомпонентных бобово-злаковых травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах для получения высокого урожая (до 120 ц/га сена) с низким содержанием ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr, должно быть внесение минеральных и микроудобрений в дозах N₃₀P₆₀K₁₈₀₋₂₄₀ + Cu₁₀₀ + Mo₅₀ + B₅₀, которое способствует снижению величины коэффициентов перехода радионуклидов в сено бобово-злаковых травосмесей: для ¹³⁷Cs до 5 раз и для ⁹⁰Sr до 1,6 раза. Повышение доз калийных удобрений от 180 кг/га д.в. до 240 кг/га д.в. позволяет снизить величину Кп ¹³⁷Cs дополнительно в 1,5 раза и не влияет на снижение величины Кп ⁹⁰Sr.

Результаты радиоэкологической оценки показали, что производство молока цельного, соответствующего требованиям республиканским допустимым уровням РДУ-99 (¹³⁷Cs-100 Бк/л, ⁹⁰Sr-3,7 Бк/л), возможно при использовании основных видов кормов из бобово-злаковых травосмесей, выращенных на торфяных почвах с оптимальными агрохимическими свойствами (величина обменной кислотности рН не менее 5,5; содержание подвижных форм K₂O не менее 600 мг/кг) без ограничений при их плотности их загрязнения: ¹³⁷Cs до 11 Ки/км² (сено) и 6,1 Ки/км² (зеленая масса); ⁹⁰Sr до 2,0 Ки/км² (сено) и 1,4 Ки/км² (зеленая масса).

Ключевые слова: торфяные почвы, агрохимические показатели почвы, многокомпонентные бобово-злаковые травосмеси, коэффициенты перехода радионуклидов, ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr.

The article presents the results of many years of research obtained in a field stationary experiment, laid on thin peat soil (0.8–1.0 m), underlain by cohesive sand with the following agrochemical indicators: ash content 17.0 %; the value of exchangeable acidity рН_{KCl} – 5.36; the content of mobile forms of P₂O₅ – 149 mg/kg; the content of mobile forms of K₂O – 315 mg/kg; the content of exchangeable forms of CaO – 1586 mg/kg; the content of exchangeable forms of MgO – 106 mg/kg of soil. The density of soil contamination with radionuclides: ¹³⁷Cs – 499 kBq/m² (13.5 Ci/km²), ⁹⁰Sr – 16.2 kBq/m² (0.44 Ci/km²).

It has been established that an obligatory technology element (countermeasure) in the cultivation of multicomponent legume-grass mixtures on peat soils contaminated with radionuclides to obtain a high yield (up to 12 t/ha of hay) with a low content of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr should be the introduction of mineral and micronutrient fertilizers in doses of N₃₀P₆₀K₁₈₀₋₂₄₀ + Cu₁₀₀ + Mo₅₀ + B₅₀, which helps to reduce the coefficients of radionuclide transfer into hay of legume-grass mixtures: for ¹³⁷Cs up to 5 times and for ⁹⁰Sr up to 1.6 times. Increasing the doses of potash fertilizers from 180 kg/ha a.i. up to 240 kg/ha a.i. allows to reduce the transfer coefficient value of ¹³⁷Cs by an additional 1.5 times and does not affect the decrease in the transfer coefficient value of ⁹⁰Sr.

The results of the radioecological assessment showed that the production of whole milk that meets the requirements of the republican permissible levels RPL-99 (¹³⁷Cs – 100 Bq/l, ⁹⁰Sr – 3.7 Bq/l) is possible when using the main types of fodder from legume-grass mixtures grown on peat soils with optimal agrochemical properties (exchangeable acidity рН not less than 5.5; content of mobile forms of K₂O not less than 600 mg/kg) without restrictions with their pollution density: ¹³⁷Cs up to 11 Ci/km² (hay) and 6.1 Ci/km² (green mass); ⁹⁰Sr up to 2.0 Ci/km² (hay) and 1.4 Ci/km² (green mass).

Key words: peat soils, soil agrochemical parameters, multicomponent legume-grass mixtures, radionuclide transfer coefficients, ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr.

Введение

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС более 500 тыс. га торфяно-болотных почв Белорусского Полесья подвержено загрязнению радионуклидами. Весьма трудно получить урожай многолетних трав на торфяно-болотных почвах с низким содержанием радионуклидов, пригодный для скармливания скоту и получения качественного молока и мяса без применения защитных мероприятий (контрмер). Это обусловлено как биологическими особенностями многолетних трав, которые накапливают радионуклиды в 10–20 раз больше, чем зерновые культуры, так и высокой адсорбционной способностью органического вещества и емкостью катионного обмена торфяных и торфяно-болотных почв [1–3].

Одним из главных мероприятий в современной радиозоологии, снижающих накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr , считается внесение минеральных удобрений, которое способствует увеличению концентрации обменных катионов в почве, приводит к усилению антагонизма между радионуклидами и внесенными катионами, а также способствует уменьшению подвижности радионуклидов и росту продуктивности растений. При этом особое значение имеет регулирование азотного питания растений, поскольку недостаток доступного азота в почве снижает урожай, а концентрация радионуклидов в растениеводческой продукции повышается. Применение повышенных доз азотных удобрений на загрязненных радионуклидами землях, как правило, стимулирует накопление радионуклидов в растениях и ухудшает качество сельскохозяйственной продукции [4–6].

Эффективность удобрений на бобово-злаковом травостое следует оценивать не только по выходу растительной продукции, но и по сохранности бобовой компоненты, которая обеспечит урожай в последующие годы жизни агрофитоценоза. Известно, что фосфорно-калийные удобрения сохраняют бобовые растения в травостое. Азотные удобрения затягивают сроки образования клубеньковых бактерий и ослабляют их развитие. При внесении азота под бобово-злаковые травостои усиливается ценотическое давление злаков, и бобовая культура постепенно выпадает из травостоя. Наряду с имеющимися данными о негативном воздействии азотных удобрений на развитие бобовых, существует мнение об эффективности применения их в начальные стадии развития [7].

Поиск резервов повышения эффективности пользования всех видов имеющихся ресурсов одна из важнейших задач любого производства. Необходимо выявить и практически использовать эти резервы. В условиях ограниченности ресурсов важно максимально задействовать малозатратные нематериальные факторы. К числу таких факторов, являющихся резервом повышения продуктивности полей, относится возделывание многолетних бобовых трав. Злаковые травы менее продуктивны, чем бобовые, и являются плохими предшественниками для зерновых колосовых, в особенности для пшеницы, тритикале и ячменя. Замена злаковых травостоев бобово-злаковыми в севообороте, особенно актуальна в настоящее время в связи с резким уменьшением площади пропашных культур и значительным удорожанием топлива. Производству должны быть предложены виды трав с высоким адаптивным потенциалом, способные эффективно функционировать на всех почвенных разностях республики. Совершенствование структуры многолетних трав в полевом и луговом кормопроизводстве Республики Беларусь, повышение урожайности культур, использование биологического азота и увеличение производства растительного белка при возделывании бобовых культур позволяет ежегодно на 25–30 % сократить расход кормов на единицу животноводческой продукции. Наиболее дешевая кормовая единица – это бобово-злаковые травосмеси, особенно отличающиеся длительным использованием, без применения азотных удобрений, а себестоимость кормовой единицы сена бобово-злаковых травосмесей существенно ниже, чем сена злаковых травостоев [3–6].

Основная часть

Возможность использования бобовых культур для производства кормов могут ограничивать относительно высокие уровни накопления ^{90}Sr при возделывании этих культур на загрязненных в результате чернобыльской катастрофы землях. Поэтому на современном этапе при создании и обновлении бобово-злаковых агроценозов большое значение имеет не только подбор компонентов, которые наиболее полно используют биоклиматические ресурсы и обеспечивают высокую урожайность бобовых культур в травосмесях, но и в меньшей степени накапливают радионуклиды. В связи с этим для загрязненных регионов введение ряда бобовых культур, в том числе нетрадиционных, таких как галега восточная и лядвенец рогатый в структуру посевных площадей, является важной задачей [1–5].

Галега восточная (*Galega orientalis* Lam.) превосходит традиционные кормовые культуры по комплексу биологических свойств и хозяйственно-ценных признаков. Она является наиболее энергоэкономичной культурой, посевы которой можно успешно использовать в течение 10 и более лет. С нее можно начинать использование кормов в зеленом конвейере, к середине мая она отрастает на высоту 40–50 см (для сравнения клевер луговой к этому времени имеет высоту 15–17 см). Благодаря холодоустойчивости последний укос этой культуры можно проводить в середине октября при сохранении питательной ценности корма [1].

Важнейшим фактором сохранения высокой продуктивности (60–100 ц к. ед. в год) сенокосно-пастбищных угодий на торфяных почвах с минимальным накоплением радионуклидов (K_p ^{137}Cs – 2,0–2,3; K_p ^{90}Sr – 4,0–5,0) является достижение их высокого уровня почвенного плодородия и оптимальных агрохимических свойств за счет применения агрохимических и агротехнических приемов их улучшения и эксплуатации (контрмер) (табл. 1) [6].

Таблица 1. Оптимальные параметры агрохимических свойств и показателей почвенного плодородия торфяных почв сенокосов и пастбищ Республики Беларусь

Содержание органического вещества (зольность), %	75–80 (20–25)
Обменная кислотность рН(КСl)	5,5–6,0
Подвижный К ₂ О, мг/кг	1000–1200
Подвижный Р ₂ О ₅ , мг/кг	800–1000
Степень насыщенности основаниями V, %	80–90
Индекс агрохимической окультуренности почв Иок.	0,9–1,0

Результаты по влиянию применения минеральных удобрений и микроудобрений на урожайность многолетних бобово-злаковых травосмесей и накопление ими радионуклидов получены путем проведения многолетних (на протяжении 2011–2014 гг.) исследований в полевом эксперименте в СПК «Оборона» Добрушского района Гомельской области. Стационарный опыт был заложен на торфяной маломощной почве (0,8–1,0 м), подстилаемой песком связным со следующими агрохимическими показателями: зольность 17,0 %; величина обменной кислотности рН_{КСl} – 5,36, содержание подвижных форм Р₂О₅ – 149 мг/кг; содержание подвижных форм К₂О – 315 мг/кг; содержание обменных форм СаО – 1586 мг/кг; содержание обменных форм MgO – 106 мг/кг почвы. Плотность загрязнения почвы радионуклидами: ¹³⁷Cs – 499 кБк/м² (13,5 Ки/км²), ⁹⁰Sr – 16,2 кБк/м² (0,44 Ки/км²).

В опыте изучалось три вида многокомпонентных бобово-злаковых среднеспелых травосмесей. Посев травосмесей беспокровный, повторность в эксперименте 6-кратная, площадь учетной делянки 10 м², размещение делянок – рендомизированное. Минеральные удобрения вносились в виде суперфосфата аммонизированного, калия хлористого и аммиачной селитры в соответствии с разработанной со схемой полевого опыта (табл. 2).

Таблица 2. Состав и нормы высева многолетних бобово-злаковых травосмесей в полевом опыте

Состав травосмеси	Норма высева, кг/га
Тимофеевка луговая (<i>Phleum pratense</i> L.)	6,0
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	6,0
Кострец безостый (<i>Bromopsis inermis</i> L.)	6,0
Клевер гибридный (<i>Trifolium hybridum</i> L.)	4,0
Клевер луговой (<i>Trifolium pratense</i> L.)	4,0
Всего	26
Тимофеевка луговая (<i>Phleum pratense</i> L.)	6,0
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	6,0
Кострец безостый (<i>Bromopsis inermis</i> L.)	6,0
Лядвенец рогатый (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	5,0
Всего	23,0
Тимофеевка луговая (<i>Phleum pratense</i> L.)	6,0
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	6,0
Кострец безостый (<i>Bromopsis inermis</i> L.)	6,0
Галега восточная (<i>Galega orientalis</i> L.)	10,0
Всего	28,0

Фосфорные удобрения вносились в полной дозе под первый укос, калийные и азотные – 75 % под первый укос и 25 % под второй укос, микроудобрения в виде сульфата меди, молибденовокислого аммония, борной кислоты в виде внекорневых подкормок согласно рекомендациям [3].

Почвенные пробы отбирались поделочно перед закладкой опыта и после проведения каждого укоса трав. 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].

Растительные пробы отбирались поделочно в двух укосах в фазе бутонизации бобовых трав. В них определялось содержание ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr и основные зоотехнические показатели качества кормов по следующим методикам: влажность и содержание сухого вещества по ГОСТу 23637-90; содержание сырой клетчатки по методу Геннеберга и Штомана в модификации ЦИНАО; содержание сырого жира – методом экстрагирования по Рушковскому; общий N, Р₂О₅, К₂О, Са и Mg в растительном материале – методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе PS-6250; сырой протеин – умножением общего содержания азота в сене на коэффициент 6,25; БЭВ, питательную ценность (ц.к.е.), содержание обменной и валовой энергии (МДж) – расчетным методом.

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.

Цель исследования – установить оптимальные дозы минеральных удобрений при залужении многолетними бобово-злаковыми травосмесями сенокосов на низинных торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr , для получения качественных кормов (соответствующих требованиям санитарно-гигиенических нормативов).

Основная часть

Установлено, что в первый год пользования (2 год жизни трав) многолетние бобово-злаковые травосмеси, при благоприятных метеорологических условиях вегетационного периода, сформировали три укоса при средней урожайности сена (в зависимости от состава травосмеси) на уровне 144,9–161,2 ц/га (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность сена многолетних бобово-злаковых травосмесей на маломощной торфяной почве (среднее за три года пользования, ц/га)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га
	1 год пользования, (за три укоса)	2 год пользования (за два укоса)	3 год пользования (за два укоса)	в среднем за 3 года	
Галега+овсяница+кострец+тимopheевка					
Контроль	98,0	65,4	40,0	67,8	-
$\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	132,0	107,8	92,0	110,6	42,8
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	147,9	122,2	107,7	125,9	58,1
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{240} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	160,1	133,6	118,9	137,5	69,7
НСР₀₅	4,8	4,3	4,3	4,5	
Лядвенец+овсяница+кострец+тимopheевка					
Контроль	88,2	65,8	43,8	65,9	-
$\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	125,4	117,6	99,9	114,3	48,4
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	134,1	126,3	116,3	125,6	59,6
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{240} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	144,9	138,1	125,1	136,0	70,1
НСР₀₅	5,4	4,4	4,4	4,9	
Клевер+овсяница+кострец+тимopheевка					
Контроль	76,9	55,0	41,0	57,6	-
$\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	134,1	100,6	85,6	106,8	49,1
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	143,1	115,3	104,5	121,0	63,3
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{240} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	161,2	124,5	116,4	134,0	76,4
НСР₀₅	6,1	4,2	4,2	5,2	

Во второй и третий годы пользования были более засушливые погодные условия, что дало возможность получить только два укоса. Поэтому урожайность травосмесей на 2 год пользования была ниже на 20 %, а в 3 год на 30 % по сравнению с первым годом пользования. Прибавка урожайности травосмесей от внесения минеральных удобрений в дозе $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{240} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$ в среднем за три года составила 69,7–76,4 ц/га и зависела от состава травосмеси. Обеспечение питания бобово-злаковых травосмесей за счет ежегодного внесения минеральных удобрений и микроэлементов в указанной дозе позволило не только получить высокую урожайность сена, но и поддержать плодородие торфяных почв [7–9].

На слабо обеспеченной калием торфяной почве внесение $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$ способствует снижению параметров перехода ^{137}Cs в 3,6–4,9 раза в зависимости от ботанического состава травосмеси. Повышение доз калийных удобрений от 180 кг/га д.в. до 240 кг/га д.в. позволяет снизить Kp^{137}Cs для сена дополнительно в 1,5 раза (табл.4).

Таблица 4. Коэффициенты перехода (Кп) ^{137}Cs и ^{90}Sr для сена различного ботанического состава на маломощной торфяной почве (в среднем за 4 года исследований, Бк/кг: кБк/м²)

Дозы удобрений	Кп ^{137}Cs Бк/кг:кБк/м ²	Кратность снижения накопления ^{137}Cs	Кп ^{90}Sr Бк/кг:кБк/м ²	Кратность снижения накопления ^{90}Sr
Галега+овсяница+кострец+тимофеевка				
Без удобрений	11,5±1,6	–	3,5±0,5	–
P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ + B ₅₀	3,7±0,4	3,1	2,8±0,4	1,3
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ + B ₅₀	3,2±0,4	3,6	2,6±0,4	1,4
N ₃₀ P ₆₀ K ₂₄₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ + B ₅₀	2,1±0,3	5,4	2,4±0,3	1,5
Лядвенец+овсяница+кострец+тимофеевка				
Контроль	15,3±1,8	–	4,3±0,6	–
P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ + B ₅₀	3,8±0,5	4,0	2,9±0,4	1,5
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ + B ₅₀	3,1±0,5	4,9	3,0±0,4	1,4
N ₃₀ P ₆₀ K ₂₄₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ + B ₅₀	2,0±0,3	7,6	2,7±0,3	1,6
Клевер+овсяница+кострец+тимофеевка				
Контроль	14,6±1,4	–	4,2±0,5	–
P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ + B ₅₀	3,7±0,5	3,9	3,4±0,4	1,2
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ + B ₅₀	3,1±0,4	4,7	3,0±0,4	1,4
N ₃₀ P ₆₀ K ₂₄₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ + B ₅₀	2,3±0,3	6,3	2,8±0,3	1,6

Внесение удобрений в дозе N₃₀P₆₀K₂₄₀ + + Cu₁₀₀ + Mo₅₀ + B₅₀ снижает поступление ^{137}Cs в сено до 7,5 раз по сравнению с контролем. Внесение азотных удобрений в дозе 30 кг/га д.в. на фосфорно-калийном фоне P₆₀ K₁₈₀₋₂₄₀ на параметры накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr сеном бобово-злаковых травосмесей существенного влияния не оказывает. Результаты анализа значений параметров перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr за 4 года жизни трав показали, что накопление радионуклидов бобово-злаковыми травосмесями на торфяной почве в первый год пользования было интенсивнее, чем в последующие годы пользования (рисунок).

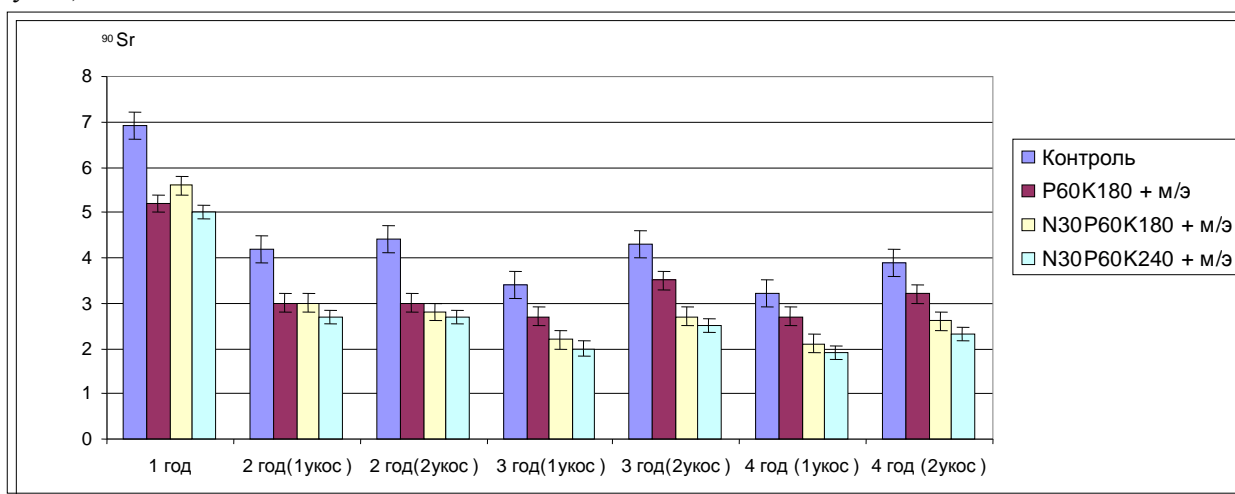


Рис. Параметры перехода ^{90}Sr для сена бобово-злаковых травосмесей на основе лядвенца рогатого при различных дозах минеральных удобрений (в среднем за 4 года исследований)

Обеспечение питания бобово-злаковой травосмеси за счет ежегодного внесения минеральных и микроудобрений в дозе N₃₀P₆₀K₁₈₀ + Cu₁₀₀ + Mo₅₀ + B₅₀ позволило снизить величину параметров перехода ^{137}Cs для травостоя второго укоса во второй год пользования в 1,7 раза по сравнению с первым годом пользования и в 3 раза по сравнению с первым годом жизни трав.

Установлено, что накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в урожае многолетних бобово-злаковых травосмесей, кроме года пользования, зависит также от укоса. Параметры перехода ^{137}Cs для травостоя многолетних травосмесей второго укоса в зависимости от доз внесенных минеральных удобрений в 1,5–2,6 раза выше, чем для урожая первого укоса. Снижение параметров перехода ^{90}Sr для урожая травосмесей в зависимости от года пользования происходило менее интенсивно в 1,3 раза.

В целях безопасности получения загрязненной радионуклидами продукции животноводства, эту закономерность необходимо учитывать при различном использовании кормов из данных травосмесей

(при производстве молока цельного, молока сырьё, заключительного откорма крупного рогатого скота различных возрастных групп). Для получения молока цельного соответствующего требованиям РДУ-99 (^{137}Cs -100 Бк/л) производство основных видов кормов из бобово-злаковых травосмесей на основе лядвенца рогатого, галеги восточной и клевера лугового возможно без ограничений по плотности загрязнения ^{137}Cs на торфяных почвах ограничение составляет на сено 11 Ки/км², на зеленую массу – 6,1 Ки/км² при оптимальных агрохимических показателях почвы (величина рН не менее 5,5; содержание подвижных форм К₂О не менее 600 мг/кг). Сено и зеленая масса из бобово-злаковых травосмесей, полученные на торфяных почвах, могут быть использовано для кормления КРС для производства молока цельного (^{90}Sr 3,7 Бк/л) при его содержании в рационе не более 260 Бк/кг, при плотности загрязнения почв ^{90}Sr до 2,0 Ки/км². При превышении допустимых уровней содержания ^{90}Sr в кормах (РДУ для зеленой массы 37 Бк/кг), возможно использование их для получения молока-сырьё (РДУ содержания в зеленой массе соответственно 185 Бк/кг).

Установлено по результатам полевого эксперимента, что внесение минеральных удобрений и микроудобрений в различных дозах под бобово-злаковые травосмеси способствует получению сена по основным зоотехническим показателям качества в пределах действующих санитарно-гигиенических нормативов (табл. 5).

Таблица 5. Химический состав и питательная ценность сена многолетних бобово-злаковых травосмесей (в среднем за 4 года исследований)

Дозы удобрений	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырой протеин	К.ед. в кг корма	Обменная энергия, МДж/кг	К	Са	Mg.	P
	%								
Галега+ овсяница+кострец+тимофеевка									
Контроль	2,9	27,0	17,1	0,50	9,9	1,3	0,4	0,15	0,26
P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ +B ₅₀	3,4	27,4	17,8	0,53	9,7	1,8	0,7	0,13	0,31
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ +B ₅₀	3,4	25,2	17,7	0,53	10,2	1,9	0,8	0,15	0,34
N ₃₀ P ₆₀ K ₂₄₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ +B ₅₀	3,5	24,3	18,0	0,52	10,6	2,2	0,8	0,22	0,33
Лядвенец+ овсяница+кострец+тимофеевка									
Контроль	3,2	25,7	17,1	0,50	10,0	1,3	0,5	0,22	0,28
P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ +B ₅₀	3,7	27,1	17,4	0,53	10,1	1,7	0,7	0,19	0,29
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ +B ₅₀	3,5	26,7	17,6	0,54	10,3	1,9	0,7	0,17	0,30
N ₃₀ P ₆₀ K ₂₄₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ +B ₅₀	3,6	25,9	19,1	0,56	10,2	2,1	0,8	0,18	0,34
Клевер+ овсяница+кострец+тимофеевка									
Контроль	3,0	26,2	14,6	0,51	9,8	1,4	0,6	0,18	0,27
P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ +B ₅₀	3,4	27,0	17,8	0,56	10,2	1,7	0,7	0,16	0,31
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ +B ₅₀	3,4	26,1	17,2	0,54	10,1	1,7	0,8	0,17	0,32
N ₃₀ P ₆₀ K ₂₄₀ + Cu ₁₀₀ + Mo ₅₀ +B ₅₀	3,5	26,5	18,4	0,57	10,4	2,0	0,9	0,18	0,35
НСР_{0,5}	0,3	1,6	1,8	0,03	0,1	0,3	0,1	0,02	0,02

По обобщенным данным, в травах удобряемых луговых земель содержание сырого протеина в сухом веществе должно составлять не менее 8–14 %, сырого жира – 1,5–3,0 %, клетчатки не более 28–30 %, а отношение калия к сумме кальция и магния – 2,2–2,4, условно допустимый уровень – 2,6. В сухом веществе трав оптимальным является содержание: P₂O₅ – 0,30–0,50 % (не менее 0,20 %), К₂O – 1,2–2,5 %, Са – 0,4–0,8 %, Mg – 0,15–0,25 % [10–12].

Показатели зоотехнического качества сена травосмесей при внесении минеральных и микроудобрений в варианте N₃₀P₆₀K₁₈₀ + Cu₁₀₀ + Mo₅₀ + B₅₀ были наиболее оптимальными: содержание сырой протеин до 17,5 %, сырая клетчатка до 26,5 %, жир до 3,5 %, что позволило получить с каждого гектара бобово-злаковых травосмесей не менее 0,55–0,57 кормовых единиц [8–11].

Закключение

1. Обязательным элементов технологии (контрмерой) при возделывании многокомпонентных бобово-злаковых травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах для получения высокого урожая (до 120 ц/га сена) с низким содержанием ^{137}Cs и ^{90}Sr должно быть внесение минеральных и микроудобрений в дозах N₃₀P₆₀K₁₈₀₋₂₄₀ + Cu₁₀₀ + Mo₅₀ + B₅₀.

2. Внесение удобрений в дозах N₃₀P₆₀K₁₈₀₋₂₄₀ + Cu₁₀₀ + Mo₅₀ + B₅₀ способствует снижению величины коэффициентов перехода радионуклидов в сено бобово-злаковых травосмесей: для ^{137}Cs до 5 раз и ^{90}Sr до 1,6 раза. Повышение доз калийных удобрений от 180 кг/га д.в. до 240 кг/га д.в. позволяет снизить величину Кп ^{137}Cs дополнительно в 1,5 раза.

3. Производство молока цельного, соответствующего требованиям республиканским допустимым уровням РДУ-99 (^{137}Cs -100 Бк/л, ^{90}Sr -3,7 Бк/л), возможно при использовании основных видов кормов из бобово-злаковых травосмесей, выращенных на торфяных почвах с оптимальными агрохимическими

ми свойствами (величина обменной кислотности рН не менее 5,5; содержание подвижных форм K_2O не менее 600 мг/кг) без ограничений при их плотности их загрязнения: ^{137}Cs до 11 Ки/км² (сено) и 6,1 Ки/км² (зеленая масса); ^{90}Sr до 2,0 Ки/км² (сено) и 1,4 Ки/км² (зеленая масса).

ЛИТЕРАТУРА

1. Галегга восточная и ее возможности / П. Т. Пикун [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2011. – 193 с.
2. 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.
3. Применение некорневых подкормок сельскохозяйственных культур микроудобрениями на загрязненных радионуклидами почвах (рекомендации) / РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2004. – 20 с.
4. 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.
5. 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.
6. Рекомендации по возделыванию многолетних бобово-злаковых многокомпонентных травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах / РНИУП «Институт радиологии» – Минск: Ин-т радиологии, 2015. – 33 с.
7. 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.
8. Белоус, Н. М. 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.
9. Подоляк, А. Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность многолетних злаковых трав и накопление радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr на торфяной почве / А. Г. Подоляк / Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1 (38). – С. 252–262.
10. Ласько, Т. В. Возделывание многолетних бобово-злаковых травосмесей на загрязненных радионуклидами почвах / Т. В. Ласько, А. Г. Подоляк // Агрохимический вестник. – Сер. хим. наук. – 2016. – №2. – С. 15–19.
11. 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.

ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА ДРАЖИРОВАННЫХ СЕМЯН СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ

В. А. ЕМЕЛИН

*УО «Витебская государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь, 210026, e-mail: emelinva65@gmail.com*

Д. А. МИХЕЕВ

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

(Поступила в редакцию 05.09.2022)

Рентабельность животноводства напрямую зависит от себестоимости кормов, которые в среднем составляют 50–60 % в структуре затрат на производство животноводческой продукции. Поэтому очень важно для эффективного ведения животноводства возделывать высокоурожайные многолетние кормовые культуры, не требующие больших затрат на возделывание. К таким культурам относится сильфия пронзеннолистная, семейство Астровые.

Равномерный высев семян сильфии в промышленных масштабах затруднен из-за своеобразной морфологии строения семян. Плод сильфии имеет плоскую семянку удлинненно-сердцевидной формы и маленькую массу, что затрудняет высев семян сеялками и усложняет агротехнику возделывания культуры. Решением этой проблемы является использование технологии дражжирования семян. Технология создания искусственной оболочки на поверхности семян сильфии путем дражжирования, имеет важное научное и большое практическое значения для проведения точного высева с заданной нормой на необходимую глубину посева.

В статье приведены результаты исследований лабораторных и полевых опытов по изучению посевных качеств дражжированных семян сильфии в сравнении с семенами без оболочки. Установлена (на 30-й день после посева) высокая (75,0–83,3 %) полевая всхожесть семян сильфии в оболочке из бентонитовой глины проверенных через 6 месяцев после уборки.

Для создания плантаций сильфии с оптимальной густотой стояния растений целесообразно проводить широкорядный посев дражжированными семенами с использованием сеялок точного высева. Посев сильфии необходимо проводить свежими семенами с учетом их всхожести в течение полу года. Подготовленные семена урожая текущего года необходимо использовать для посева осенью (под зиму, октябрь–ноябрь) или на следующий год ранней весной (в апреле).

Ключевые слова: *сильфия пронзеннолистная, искусственная оболочка, дражжированные семена, всхожесть.*

The profitability of animal husbandry directly depends on the cost of feed, which averages 50–60 % in the cost structure for the production of livestock products. Therefore, it is very important for the effective management of animal husbandry to cultivate high-yielding perennial fodder crops that do not require large cultivation costs. Such crops include silphium perfoliatum of the Asteraceae family.

Uniform sowing of silphium seeds on an industrial scale is difficult due to the peculiar morphology of the seed structure. The fruit of silphium has a flat, elongated heart-shaped achene and a small mass, which makes it difficult to sow seeds with seeders and complicates the agricultural technique of cultivating the crop. The solution to this problem is the use of seed coating technology. The technology of creating an artificial shell on the surface of silphium seeds by pelleting is of great scientific and practical importance for precise sowing with a given rate to the required sowing depth.

The article presents results of laboratory and field research into the sowing qualities of pelleted seeds of silphium in comparison with seeds without a shell. It was established (on the 30th day after sowing) that silphium seeds have high (75.0–83.3 %) field germination rate in a shell of bentonite clay tested 6 months after harvesting.

To create plantations of silphium with optimal plant density, it is advisable to carry out wide-row sowing with pelleted seeds using precision seeders. Silphium sowing must be carried out with fresh seeds, taking into account their germination within half a year. Prepared seeds of the crop of the current year must be used for sowing in the fall (before winter, October–November) or the next year in early spring (in April).

Key words: *silphium perfoliatum, artificial shell, pelleted seeds, germination.*

Введение

Кормопроизводство должно совершенствоваться путем интенсификации отрасли и опережать потребности животноводства, в том числе за счет внедрения высокопродуктивных видов, сортов и гибридов кормовых культур, освоения новых производств и технологий [3].

Сильфия пронзеннолистная – культура интенсивного кормопроизводства. Высокая продуктивность культуры в сочетании с долголетием имеют перспективу улучшить эффективность производства и способствовать укреплению кормовой и материальной базы животноводства. Вид сильфия пронзеннолистная (*Silphium perfoliatum* L., *Asteraceae*), сорт «Первый Белорусский» обладают ценными биологическими свойствами и высокими хозяйственными достоинствами, которые могут использоваться в качестве местного биологического возобновляемого кормового ресурса для производства дешевого корма для крупного рогатого скота путем создания долголетних высокопродуктивных аг-

роценозов и устойчивых агроэкосистем в земледелии [2]. Решением совета ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» принято решение о включения сорта «Первый Белорусский» сильфии пронзеннолистной в Государственный реестр сортов с 2022 года в раздел «Сорта сельскохозяйственных растений». Сорт допущен для производства, реализации и использования семян сильфии в Витебской области и на территории Республики Беларусь [4].

Сильфия – культура с высоким биологическим потенциалом роста и развития. Обладая ценными хозяйственными свойствами, у сильфии есть биологические особенности и морфологические недостатки. Недостатки создают определенные трудности при возделывании и препятствуют размножению культуры на практике. В тоже время сильфия имеет такие хозяйственные достоинства, которые значительно преобладают над отдельными недостатками биологического характера.

Сильфия в почвенно-климатических условиях Беларуси формирует полноценные по всхожести семена. Морфо-биологическими особенностями являются такие признаки, как разветвленность дихазия, многоярусное расположение корзинок, неравномерность созревания семян и их осыпаемость. Соцветие формируется большое, сложное, состоящее из многоярусных ветвей и отдельных корзинок называемое дихазием. На соцветиях нарастает до 15–20 корзинок. Желтые цветки собраны в корзинки диаметром 5–8 см. Особенное морфологическое строение имеют семена. Созревший плод сильфии представляет собой плоскую семянку удлинненно-сердцевидной формы с серовато-коричневым окрасом, 10–12 мм длины и 6–10 мм ширины. Масса 1000 семян зависит от условий возделывания и порядка расположения корзинок и семян на дихазии – 18–25 г. В каждой корзинке может созревать до 20 штук и более семян [1, 5].

Легкие и плоские семена являются особенностью сильфии. Такое своеобразное морфологическое строение семян видимо является приспособленностью к сохранению вида, с другой стороны, на практике такое строение затрудняет высев семян сеялками, осложняя агротехнику размножения и возделывание культуры. Для решения этой проблемы необходимо применять технологию дражирования семян, которая увеличит массу семян, улучшит сыпучесть (скольжение при высеве) и проводить посев на необходимую глубину. А главное данный способ подготовки семян сильфии к посеву дает возможность применять технологию точного высева семян, экономить и рационально использовать посевной материал.

Постановлением министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 20 октября 2021 г. № 64 установлены требования к сортовым и посевным качествам семян, дополнено подпунктом 1.5. Многолетние кормовые и медоносные травы, – следующего содержания: 1.5.1 Сильфия пронзеннолистная, *Silfium perfoliatum* L., чистота семян не менее 98 %, наличие облученных семян не более 5 %, всхожесть не менее 60 %, влажность семян не более 10,0 %.

Семена сильфии пронзеннолистной, предназначенные для посева, должны отвечать требованиям действующего посевного стандарта (ГОСТ Р 55294-2012): всхожесть для семян категории ОС и ЭС – не менее 80 %, сортовая чистота – не менее 98 %, влажность – не более 10 %. Сортовую чистоту – не менее 95 % и влажность также не более 10 % [6].

Ранее проводились исследования по изучению всхожести семян сильфии урожая 2018 года. Для посева использовались семена с созревших коричневых корзинок 1–5-го порядков дихазия (соцветие – совокупность корзинок), достигшие полной спелости. Посев проводился нестратифицированными семенами в ячейки кассет. Наблюдения за всхожестью семян и ростом растений проводились в полевых условиях. Полученные результаты всхожести семян сильфии с корзинок каждого порядка дихазия показывают, что семена с увеличением срока хранения теряют всхожесть. Так если средняя всхожесть семян в 2019 году с пяти порядков корзинок была 82,0 %, то в 2020 году всхожесть уменьшилась до 43,1 %. Более высокая масса 1000 семян (21,4 г) и всхожесть (в 2019 г. – 90,4 %, в 2020 г. – 44,5 %) была получена с корзинок 1–3-го порядков дихазия. Всхожесть семян корзинок 4–5-го порядков была ниже. В 2021 году было установлено, что семена сильфии потеряли всхожесть после их хранения в течение двух лет (2019 г. и 2020 г.).

Актуальными вопросами для изучения являются технология размножения культуры и организация промышленного семеноводства сильфии пронзеннолистной в Беларуси. При разработке технологии большое научное и практическое значение будут иметь исследования по изучению способа точного высева семян сеялками, так как семена сильфии очень легкие (масса 1000 семян 18–25 г), имеют небольшую норму высева (около 2–3 кг/га) и глубину посева (1–3 см).

В настоящее время посевные качества семян сильфии и технология посева в зависимости от способа подготовки семян к посеву остаются неизученными, поэтому возникают определенные трудности при возделывании этой культуры в условиях производства. В условиях Беларуси приемы предпо-

севной подготовки семян сальфии к посеву не изучались, не выявлен также оптимальный способ посева. Поэтому потребуются, с учетом морфологического строения семян сальфии для утяжеления семян и улучшения их сыпучести, подобрать компонент для создания искусственной оболочки на поверхности семян путем их дажирования. Также необходимо изучить посевные качества дражированных семян для последующего их сева с использованием сеялок точного высева для достижения оптимальной густоты стояния растений.

Цель исследований – теоретическое и практическое обоснование, разработка новых предложений и агротехнических приемов по совершенствованию технологии возделывания сальфии пронзеннолистной на зеленую массу, кормовые цели и семена при рациональном использовании земельных, материальных и энергетических ресурсов в условиях Беларуси.

Основная часть

Объектом исследований является сальфия пронзеннолистная (*Silfium perfoliatum* L.), приемы возделывания и способ подготовки семян к посеву. Сорт сальфии пронзеннолистной «Первый Белорусский» прошел государственное испытание, допущен для производства и занесен в государственный реестр сортов Республики Беларусь, включая Витебскую область. Темы и вопросы по изучению приемов возделывания сальфии в почвенно-климатических условиях Витебской области входили в программы научных исследований разных лет кафедры кормопроизводства УО ВГАВМ, начиная с 2001 года. Исследования по изучению приемов возделывания сальфии на кормовые цели и семена проводились в полевых опытах посевах разных лет жизни растений на землях РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси» (2019–2022 гг.) и посевах сельскохозяйственного предприятия ООО «Сушево-Агро» (2013–2016 гг.).

Задачи исследований: изучить рост, развитие и урожайность сальфии при семенном, рассадном и вегетативном размножении культуры в условиях Витебской области; изучить эффективность способа дражирования семян сальфии бентонитовой глиной.

Исследования по изучению и внедрению сальфии проводятся по совместному проекту института (РУП ВЗИСХ НАН Беларуси) и академии (УО ВГАВМ), при поддержке Витебского областного агропромышленного союза. В Брестской области на кормовые цели сальфию возделывают УП «Молодово-Агро», ОАО «Оснежицкое» и других сельскохозяйственных предприятий. Тема проекта: «Разработать эффективные приемы возделывания и размножения сальфии пронзеннолистной на зеленый корм, силос и семена в почвенно-климатических условиях Витебской области». Научно-исследовательская работа по изучению технологии возделывания сальфии пронзеннолистной проводится в сотрудничестве с УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Материально-техническим обеспечением и базой для проведения лабораторных и полевых исследований являются УО «Витебская государственная академия ветеринарной медицины», УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». Полевые опыты проводятся на землях РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси» и ООО «Сушево-Агро».

Уборку побуревших и коричневых корзинок сальфии провели в октябре 2020 года в фазу полной спелости семян. Далее часть семян была задражирована бентонитовой глиной на экспериментальном дражираторе семян [7, 8, 9].

Изучаемые варианты: 1. Контроль: семена сальфии без обработки. 2. Способ подготовки семян: семена в оболочке бентонитовой глины, обработанные 1 (один) раз. 3. Способ подготовки семян: семена в оболочке бентонитовой глины, обработанные 2 (два) раза. Посев сальфии или закладку семян в ячейки кассет (в одной кассете 144 ячейки) провели 6 мая 2021 года. Используемый грунт для проверки всхожести семян – дерново-подзолистая почва. Посев проводился нестратифицированными семенами по одной семянке в ячейки кассет. Наблюдения за всходами сальфии и ростом растений проводился в полевых условиях при естественной погоде в мае, июне и августе. Для поддержания влажности почвы в кассетах проводился полив. Всхожесть семян изучалась в динамике после посева – отмечались фазы два семядольных листочка и первого настоящего (флаг) листа.

В лабораторных условиях ГУ «Витебская областная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» посевных качеств семян сальфии пронзеннолистной сорта «Первый Белорусский» определяли энергию прорастания семян через 10 дней, всхожесть – через 20 дней.

По данным метеостанции (г. Витебск) погодные условия 2021 года отличались от среднесезонных показателей. За период январь-октябрь метеорологические условия характеризовались более высокой температурой воздуха и меньшим выпадением осадков. В весенний период (третья декада мая) осадков выпала меньше нормы (68 %), а по температурному режиму (13,7 °С) показатели не отличались от среднесезонных значений. Погодные условия лета в июне были жаркими и засушли-

выми, характеризуясь значительными отклонениями от среднеголетних значений температуры воздуха и выпавших осадков. В первой декаде июня осадков выпало (11 мм, 42 %) меньше нормы, а средняя температура воздуха (17,2 °С) была выше примерно на два градуса. В августе осадков выпало больше (от нормы 117 %), а температура находилась (17,9 °С) на уровне среднеголетних данных.

Посевные качества семян сальфии в зависимости от способа подготовки семян к посеву и времени хранения представлены в табл. 1. Для проверки всхожести использовались семена без обработки (контроль) с массой 1000 семян в естественном состоянии 23,0 грамма и семена в оболочке с разной массой предварительно обработанные бентонитовой глиной один и два раза для утяжеления семян. Масса 1000 семян в оболочке, вариант с обработкой глиной один раз увеличилась в два раза (46 г), масса семян после двукратной обработки глиной увеличилась почти в четыре раза (86 г).

Исследованиями было установлено, что в 2021 году на 30-й день после посева, всхожесть семян сальфии урожая 2020 года была высокой (через 6 месяцев после уборки, в среднем 79,7 %) (табл. 1). Всхожесть этих же семян, посеянных в 2022 году, то есть после более длительного их хранения (через 19 месяцев после уборки, в среднем 29,1 %) снизилась почти в три раза. После длительного хранения всхожесть семян в искусственной оболочке из бентонитовой глины на 20-й и 30-й день в 2022 году была ниже, чем всхожесть контрольных семян, посеянных без обработки глиной. Всхожесть семян без обработки хоть и была выше (41,8 % и 51,1 % соответственно), однако эти полученные данные были ниже требуемых показателей посевных качеств семян сальфии.

Таблица 1. Всхожесть семян сальфии урожая 2020 года в зависимости от способа подготовки семян к посеву и продолжительности хранения

Показатель	Масса 1000 семян, г	2021 год (через 6 месяцев)			2022 год (19 месяцев)		
		Количество дней после посева					
		10	20	30	10	20	30
Контроль: семена без оболочки, без обработки бентонитовой глиной							
Всхожесть, %	23	22,1	55,6	80,9	2,9	41,8	51,1
% всхожих семян за сутки		2,2	2,8	2,7	0,3	2,1	1,7
Семена в оболочке, обработанные бентонитовой глиной 1 (один) раз							
Всхожесть, %	46	14,9	50,0	83,3	2,8	19,5	20,9
% всхожих семян за сутки		1,5	2,5	2,8	0,3	1,0	0,7
Семена в оболочке, обработанные бентонитовой глиной 2 (два) раза							
Всхожесть, %	86	12,1	61,1	75,0	5,6	15,0	15,3
% всхожих семян за сутки		1,2	3,1	2,5	0,5	0,8	0,5

В 2021 году на десятый день после посева энергия прорастания семян была наиболее высокой (22,1 %) на варианте без обработки семян, где процент появления всходов семян за сутки составил 2,2. На 20-й день всхожесть семян была на уровне 50,0–61,1 %, на 30-й день она увеличилась до 75,0–83,3 %. На тридцатый день процент всхожих семян был высоким на всех изучаемых вариантах. На варианте без обработки семян глиной составил 80,9 %, в оболочке из бентонитовой глиной обработанные один раз – 83,3 % и на варианте, где семена обрабатывались два раза – 75,0 %. Процент всхожих семян за сутки был примерно одинаковым – 2,5–2,8 %.

В 2022 году на 10-й, 20-й и 30-й день всхожесть семян сальфии была ниже на всех изучаемых вариантах, чем в 2021 году. На 20-й день наибольшая всхожесть семян (41,8 %) была на контрольном варианте – семена без оболочки, без обработки бентонитовой глиной в сравнении с семенами, которые обрабатывались глиной один (19,5 %) и два (15,0 %) раза. На 30-й день получили такую же закономерность. Полученный более высокий показатель всхожести семян сальфии «чистых» без обработки глиной после одного года хранения не соответствует установленным требованиям к сортовым и посевным качествам семян. Семена с всхожестью менее 60 % могут использоваться только для внутреннего пользования. В 2022 году фаза первого настоящего листа отмечена через 28 дней после посева.

Посевные качества сальфии проверялись повторно во времени, для этого использовался урожай семян 2021 года корзинок первого, второго и третьего порядков дихазия (табл. 2). На всхожесть закладывались семена без обработки и семена в оболочке, обработанные бентонитовой глиной 1 (один) раз. Вначале на 10-й и 20-й день энергия прорастания семян (25,6 %) и всхожесть (70,1 %) были выше на варианте без обработки семян бентонитовой глиной. На варианте с обработкой семян эти показатели были ниже (11,1 % и 52,8 % соответственно).

Таблица 2. **Всхожесть семян сильфии урожая 2021 года в зависимости от способа подготовки семян к посеву**

Показатель	Масса 1000 семян, г	2022 год (через 6 месяцев)		
		Количество дней после посева		
		10	20	30
Контроль: семян без обработки				
Всхожесть, %	23,9	25,6	70,1	74,0
% всхожих семян за сутки		2,6	3,5	2,5
Семена в оболочке, обработанные бентонитовой глиной 1 (один) раз				
Всхожесть, %	45–48	11,1	52,8	80,6
% всхожих семян за сутки		1,1	2,6	2,7

На 30-й день учета установлена высокая всхожесть семян сильфии как на контроле, где семена были без обработки (74,0 %), так и на варианте, где семена были в оболочке, обработанные бентонитовой глиной 1 (один) раз (80,6 %). Полученные результаты посевных качеств семян сильфии урожая 2021 года, которые повторно проверялись через 6 месяцев после уборки, повторили закономерность ранее полученных данных, где изучалась всхожесть семян урожая 2020 года.

По результатам ГУ «Витебская областная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» показатели посевных качеств семян сильфии пронзеннолистной сорта «Первый Белорусский» урожая 2021 года были следующими: влажность – 9,9 %, масса 1000 семян – 23,9 г, энергия прорастания семян – 71 %, всхожесть – 75 %. Семена без обработки (без оболочки). Проверка инспекцией посевных качеств семян сильфии выявила, что в лабораторных условиях энергия прорастания семян (через 10 дней) выше, чем в полевых условиях. Это объясняется искусственной стратификацией семян холодом, которые проводят лаборатории перед закладкой на всхожесть. Как показывают наши исследования в полевых опытах на практике стратификацию семян сильфии проводить не целесообразно, так как в производственных условиях это сделать практически невозможно из-за организации специфической работы и больших затрат.

По результатам инспекции (всхожесть семян – 75 %, массе 1000 семян – 23,9 г., чистота семян – 86,94 %) и схеме размещения растений 70x30 см., (густота посева – 47619 шт. растений/га, число всхожих семян 0,047619 млн./га) рассчитаем норму высева. Теоретическая норма высева сильфии при 100 % хозяйственной годности семян составит 1,8 кг/га (5–6 штук семян на 1 п. м.). Норма высева семенами в оболочке с более высокой массой семян составит 3,5–5 кг/га.

Динамика появления всходов сильфии урожая 2020 года изучались в полевых условиях в 2021 году. Посев проведен (4 августа) в кассеты семенами с искусственной оболочкой из бентонитовой глины. Всходы сильфии, в виде двух семядольных листочка, начали появляться через 8 дней после посева (табл. 3). Энергию прорастания семян отмеченная через 10 дней составила 10,4 %, всхожесть семян через 20 дней – 65,3 %.

Таблица 3. **Динамика появления всходов сильфии после посева семенами в оболочке, %**

Показатель	Календарные даты учета в 2021 году											
	август											сентябрь
	13	14	15	16	17	18	19	20	24	25	28	1
Количество дней после посева	9	10	11	12	13	14	15	16	20	21	24	28
Всхожесть, %	2,8	10,4	18,9	25,7	38,9	55,6	57,6	64,6	65,3	65,3	70,8	71,5
% всходов семян за сутки	0,3	1,04	1,7	2,1	3,0	4,0	3,8	4,0	3,3	3,1	3,0	2,6

Максимальный прирост (за сутки 3,8–4,0 %) всходов сильфии был получен в период на 14, 15 и 16 день исследований, всхожесть семян составила соответственно 55,6, 57,6 и 64,6 %. В последующие дни интенсивность появления всходов за сутки снижалась. Через 28 дней (1 сентября) после посева отмечена фаза первого настоящего листа или через 15 дней после появления всходов в виде двух семядольных листочка. В последующие дни появление всходов сильфии не установлено. Окончательная всхожесть семян составила 71,5 %. Примерно в это время семядольные два листочка желтеют и опадают.

Таким образом, в результате проведенных исследований по изучению посевных качеств семян сильфии проверенных через 6 месяцев после уборки установлена высокая полевая всхожесть семян (74,0–83,3 %) на 30-й день после посева. Энергия прорастания семян (на 10-й день) без искусственной оболочки была выше (22,1–25,6 %), чем семян, которые были в оболочке из бентонитовой глины – (11,1–14,9 %). Всхожесть семян на 20-й день после посева была 55,6–70,1 % и 50,0–61,1 % соответственно. На 30-й день исследований всхожесть семян была примерно одинаковой (всхожесть семян без оболочки – 74,0–80,9 %, семена в оболочке – 75,0–83,3 %).

Заклучение

Технология создания искусственной оболочки на поверхности семян сальфии пронзеннолистной путем дражирования имеет большое практическое значения для проведения точного высева семян сеялками с заданной нормой высева и на необходимую глубину посева. Для утяжеления семян сальфии и улучшения их сыпучести целесообразно использовать семена с искусственной оболочкой из бентонитовой глины. Установлена (на 30-й день после посева) высокая (75,0–83,3 %) полевая всхожесть семян сальфии в оболочке, проверенных через 6 месяцев после уборки.

Для создания плантаций сальфии с оптимальной густотой стояния растений целесообразно проводить широкорядный посев дражированными семенами из бентонитовой глины сеялками точного высева. Посев сальфии необходимо проводить свежими семенами с учетом их всхожести в течение полу года. Подготовленные семена урожая текущего года необходимо использовать для посева осенью (под зиму, октябрь–ноябрь) или на следующий год ранней весной (в апреле). Перед посевом необходимо проводить прикатывание почвы.

Всхожесть семян сальфии после одного года хранения может не соответствовать установленным требованиям к сортовым и посевным качествам семян. Семена со всхожестью менее 60 % могут использоваться предприятиями только для внутреннего пользования (посева) с учетом их всхожести. До посева не допускаются семена сальфии двухлетнего срока хранения, так как они теряют всхожесть. Наступление фазы первого настоящего листа сальфии является оптимальной для выемки растений из ячеек кассет и использования в виде рассады для посадки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов, П. П. Новые кормовые культуры / П. П. Вавилов, А.А. Кондратьев. – Москва: Россельхозиздат, 1975. – 351с.
2. Емелин, В. А. Агробиологические и технологические основы возделывания и повышения продуктивности сальфии пронзеннолистной (*Silfium perfoliatum* L.): монография / В. А. Емелин. – Витебск: ВГАВМ, 2017. – 200 с.
3. Емелин, В. А. Биология и технология возделывания сальфии пронзеннолистной на корм и семена в Витебской области / В. А. Емелин, Б. В. Шелюто, Н. И. Гавриченко. – Витебск: ВГАВМ, 2022. – 37 с.
4. Емелин, В. А. Сельскохозяйственное растение: сальфия пронзеннолистная (*Silfium perfoliatum* L.) сорт Первый Белорусский / В. А. Емелин // Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений: справочное издание / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»; отв. за вып. В. А. Бейня. – Минск, 2022. – С. 116.
5. Медведев, П. Ф. Семеноводство новых кормовых культур / П. Ф. Медведев. – Ленинград: Колос, 1974. – 144 с.
6. Чупина, М. П. Приемы повышения всхожести семян сальфии пронзеннолистной / М. П. Чупина, Н. А. Прохорова // Кормопроизводство. – 2017. – № 2. – С. 30–34.
7. Дражиратор семян: пат. 22754 Респ. Беларусь. МПК А 01С 1/06/ Д. А. Михеев; заявитель Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия». – № а 20170449; заявл. 2017.11.30; опубл. 2019.06.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. Центр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 5. – С. 158.
8. Михеев, Д. А. Исследование нанесения сухого порошка на основе бентонитовой глины на поверхность семян сахарной свеклы при дражировании / Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2018. – № 2. – С. 177–181.
9. Михеев, Д. А. Исследование посевных качеств инкрустированных семян рапса, полученных в центробежном дражираторе с лопастным отражателем / Д. А. Михеев, В. Н. Исаченко // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2020. – № 2. – С. 144–147.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПЛЕНЧАТОГО И ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

О. В. МУРЗОВА

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

(Поступила в редакцию 05.09.2022)

Для укрепления экономики Республики Беларусь, рационального использования государственных и других инвестиций в аграрно-промышленных предприятиях важнейшее значение имеет совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и применения удобрений, сохранение и повышение плодородия почв [1].

Одним из приемов повышения экономической эффективности применения удобрений является использование новых форм комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок, регулятора роста Экосил при возделывании пленчатого и голозерного овса. Объектом исследований выступали два сорта овса белорусской селекции – Запавет и Гоша.

У пленчатого овса сорта Запавет более экономически эффективными были варианты с некорневыми подкормками комплексным микроудобрением с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$, микроудобрением Адоб Медь на фоне максимальных доз минеральных удобрений $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$, где чистый доход составил – 73,7, 66,4, 66,9 USD/га и рентабельность – 44,9, 41,5, 35,0 %.

Белорусское комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л по экономической эффективности превосходит импортные микроудобрение Адоб Медь и рекомендуется для импортозамещения.

У голозерного овса сорта Гоша оптимальная система удобрения была при использовании комплексного удобрения АФК с В, Си, Мп + N_{30} , внесенного в эквивалентных дозах ($N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$), по сравнению со стандартными, МикроСтима-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и Адоба Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$, у которых чистый доход составил 20,0, 20,4 и 22,8 USD/га при рентабельности 14,2, 15,3 и 16,8 % соответственно [2].

Ключевые слова: овес пленчатый и голозерный, почва, урожайность, удобрения, чистый доход, рентабельность.

To strengthen the economy of the Republic of Belarus, the rational use of state and other investments in agro-industrial enterprises, the improvement of crop cultivation technology, including the use of fertilizers, the preservation and increase of soil fertility, is of paramount importance.

One of the ways to increase the economic efficiency of fertilizer use is the use of new forms of complex fertilizers for the main application and foliar top dressing, growth regulator Ecosil in the cultivation of filmy and naked oats. The object of research was two varieties of oats of Belarusian selection – Zapavet and Gosha.

For filmy oats of the Zapavet variety, the options with foliar top dressing with a complex microfertilizer with growth regulator MicroStim-Copper L against the background of $N_{90}P_{60}K_{90}$ and $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$, microfertilizer Adobe Copper against the background of the maximum doses of mineral fertilizers $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ were more cost-effective, where the net income was 73.7, 66.4, 66.9 USD/ha and profitability – 44.9, 41.5, 35.0 %.

The Belarusian complex microfertilizer with growth regulator MicroStim-Copper L surpasses the imported microfertilizer Adobe Copper in terms of economic efficiency and is recommended for import substitution.

In the naked oat variety Gosha, the optimal fertilization system was when using the complex fertilizer NPK with В, Cu, Mn + N_{30} , applied in equivalent doses ($N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$), compared with the standard, MicroStim-Copper L against the background of $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ and Adobe Copper against the background of $N_{90}P_{60}K_{90}$, whose net income was 20.0, 20.4 and 22.8 USD/ha with a profitability of 14.2, 15.3 and 16.8 %, respectively.

Key words: filmy and naked oats, soil, productivity, fertilizers, net income, profitability.

Введение

Одной из важнейших стратегических задач земледелия Беларуси – довести ежегодное производство зерна до 8–10 млн. тонн. Увеличение валовых сборов зерна должно основываться, прежде всего, на повышении урожайности, улучшении его качества и сопровождаться снижением себестоимости. Для достижения поставленной задачи необходимо совершенствовать технологии возделывания зерновых культур, в том числе и систему применения удобрений [3].

В настоящее время остаются актуальными разработки по совершенствованию основ рационального, агрохимически и экологически безопасного применения различных видов, перспективных форм и доз микроудобрений, которые обеспечивают получение оптимальной в конкретных почвенно-климатических условиях величины урожая культур с улучшенными показателями биологического и хозяйственного качества. Применение микроудобрений является неотъемлемой составляющей современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. При возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям применяются некорневые подкормки микроудобрениями в форме органоминеральных или хелатных соединений микроэлементов, что связано с их высокой эффективностью в любых почвенно-агрохимических условиях [4, 5].

Очень важное значение имеет экономическая оценка применения удобрений. Экономическая эффективность зависит от целого ряда факторов: почвенно-климатических условий, уровня культуры земледелия, от видов и норм удобрений, видового состава культур, способа использования выращенной продукции и ряда других [7]. Только система экономических показателей позволяет провести комплексный анализ и обосновать достоверные выводы по эффективности возделывания конкретной культуры. Она позволяет оценить конечный полезный эффект от применения средств производства и живого труда, иными словами, отдачу совокупных вложений. И эту отдачу можно оценить, лишь сопоставив стоимость полученной продукции с вложенными в ее производство затратами. И чем ниже затраты, тем эффективнее ее производство. В современных экономических условиях сложно повышать эффективность производства сельскохозяйственной продукции, так как закупочные цены на нее растут медленнее, чем на промышленные ресурсы, что обуславливает инфляционные процессы [8].

В исследованиях института почвоведения и агрохимии на кукурузе на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве на фоне минеральных удобрений ($N_{150}P_{35}K_{70}$) внесение микроудобрений МикроСтим Цинк, Бор и МикроСтим Цинк, Медь в некорневую подкормку увеличивало урожайность зеленой массы на 52 и 50 ц/га, зерна на 9,3 и 10,6 ц/га при рентабельности 107 и 102 %, 159 и 164 % соответственно [9].

Исследования кафедры агрохимии УО БГСХА в 2011–2013 гг. на пивоваренном ячмене показали, что наиболее высокая прибыль была получена при применении активатора роста Фитовитала и МикроСтим Медь на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$, которая составила 127,9 и 188,9 USD/га соответственно. В этих вариантах отмечено и наиболее высокая рентабельность, составившая 32,4 и 49,2 % [10].

Цель исследований – изучить влияние применения удобрений для основного внесения и некорневых подкормок и регуляторов роста на урожайность и экономическую эффективность при возделывании пленчатого и голозерного овса.

Основная часть

Полевые исследования с овсом проводили в 2013–2015 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемым с глубины около 1 м моренным суглинком. Почва опытного участка по степени окультуренности относится к среднеокультуренной ($I_{ок} = 0,76$). Пахотный горизонт имел кислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды ($pH_{KCl} 5,1–6,1$), низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), повышенное и высокое содержание подвижных форм фосфора (225–318 мг/кг), среднее и повышенное содержание подвижного калия (173–238 мг/кг), низкую и среднюю обеспеченность подвижной медью (1,2–2,2 мг/кг).

Объектами исследований являлись включенные в Государственный реестр сортов по Республики Беларусь пленчатый сорт овса Запавет (включен в реестр в 2006 году) и голозерный сорт овса Гоша (включен в реестр в 2009 году). Оба сорта выведены в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Метеорологические условия по годам исследований при возделывании пленчатого и голозерного овса были неодинаковыми как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков.

Нами был рассчитан ГТК по Селянинову. В мае 2013 года ГТК составил 1,4, июне и июле по 0,9, августе 0,05. Анализ приведенных данных показывает, в мае условия увлажнения были удовлетворительными, в июне и июле наблюдается небольшой недостаток влаги, а в первых двух декадах августа была засуха и это отрицательно повлияло на налив зерна овса.

ГТК по Селянинову в мае 2014 года составил 1,7; июне 0,95; июле 1,4 и августе 0,11. Итак, ГТК июля был в оптимальных пределах для роста и развития растений. В мае и июле условия увлажнения были удовлетворительными, а в июне – наблюдался небольшой недостаток влаги, а первая декада августа отличалась засушливым периодом.

Расчет ГТК по Селянинову показал, что в мае 2015 года он составил 1,7; июне 0,30; июле 1,1 и августе 0,05. Отсюда следует, что в мае и июле наблюдались условия увлажнения удовлетворительные, а в июне был сухой период. В августе наблюдалось повышение среднемесячной температуры на фоне прежнего недостатка влаги.

В целом, вегетационные периоды 2014–2015 гг. оказались благоприятными для формирования урожая овса, что и обеспечивало получение самой высокой урожайности этой культуры из трех лет проведения опытов. Посев (23 апреля) и уборка (7 августа 2014 года и 11 августа 2015 года) овса в эти годы исследований проводились в оптимальные сроки [10].

Технология возделывания общепринятая для Республики Беларусь.

Протравливание семян овса проводили препаратом Кинто-Дуо – 2,5 л/т семян. В опытах вносили карбамид (46 % N), аммофос (12 % N, 52 % P₂O₅) и хлористый калий (60 % K₂O). Также применяли новое комплексное удобрение (АФК с 0,1 % В, 0,15 % Сu и 0,1 % Мn) для основного внесения, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, водорастворимое комплексное удобрение Нутривант плюс израильского производства, белорусское комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л и польское микроудобрение Адоб Медь, регулятор роста Экосил.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [11].

В нашем опыте урожайность зерна пленчатого овса сорта Запавет в среднем за три года при применении минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₉₀ и N₉₀P₆₀K₉₀ по сравнению с контролем возросла на 11,1 и 17,7 ц/га. Дробное внесение азотных удобрений N₆₀P₆₀K₉₀+N₃₀ по сравнению с разовым внесением таких же доз удобрений по влиянию на урожайность зерна пленчатого овса существенно не отличалось

Обработка посевов овса регулятором роста Экосил по сравнению с фоном N₆₀P₆₀K₉₀ увеличивала урожайность зерна у пленчатого сорта Запавет в среднем за три года на 6,6 ц/га.

Применение медных микроудобрений Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л в фазе начала выхода в трубку увеличивало урожайность зерна у пленчатого овса на 6,7 и 7,7 ц/га соответственно по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀. На фоне N₆₀P₆₀K₉₀+N₃₀ применение МикроСтим-Медь Л также повышало урожайность на 8,3 ц/га, что дало урожайность зерна – 55,7 ц/га.

Использование комплексного удобрения Нутривант плюс при двух обработках в фазе кущения и выхода в трубку по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀ увеличило урожайность зерна пленчатого овса сорта Запавет – на 7,2 ц/га, а на фоне N₆₀P₆₀K₉₀+N₃₀ – на 8,3 ц/га (табл. 1).

Таблица 1. Агрэкономическая эффективность применения новых форм комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании пленчатого овса (среднее за 2013–2015 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, USD/га	Всего затрат, USD/га	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	29,0	–	–	–	–	–
2. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	36,1	7,1	63,3	70,8	–	–
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	40,1	11,1	98,9	95,0	3,9	4,1
4. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	46,7	17,7	157,7	126,9	30,8	24,3
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ – фон 2	47,4	18,4	163,9	129,2	34,7	26,9
6. Фон 1 + Экосил	53,3	24,3	216,5	156,9	59,6	38,0
7. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	54,4	25,4	226,3	159,9	66,4	41,5
8. Фон 1 + Адоб Медь	53,4	24,4	217,4	157,6	59,8	37,9
9. Фон 1 + Нутривант плюс	53,9	24,9	221,9	170,3	51,6	30,3
10. АФК с В, Сu, Мn + N ₃₀ (эквивалентный по NPK варианту 5)	55,1	26,1	232,6	171,0	61,6	36,0
11. Фон 2 + Нутривант плюс	55,7	26,7	237,9	174,3	63,6	36,5
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	55,7	26,7	237,9	164,2	73,7	44,9
13. N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ + Адоб Медь	58,0	29,0	258,4	191,5	66,9	35,0
НСР ₀₅	1,3					

Применение нового комплексного удобрения АФК с В, Сu и Мn + N₃₀ по сравнению с внесением в эквивалентной дозе по NPK (N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀) карбамида, аммофоса и хлористого калия способствовало увеличению средней урожайности зерна пленчатого овса Запавет на 7,7 ц/га (55,1 ц/га).

Максимальная урожайность зерна (58,0 ц/га) в среднем за 2013–2015 гг. пленчатого овса сорта Запавет наблюдалась в варианте с применением польского микроудобрения Адоб Медь на фоне максимальных доз минеральных удобрений N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀.

Урожайность у голозерного овса сорта Гоша в 2013 году также по сравнению с 2014 и 2015 гг. исследований, как и у пленчатого овса сорта Запавет, была ниже в связи с неблагоприятными погодными условиями.

Применение N₁₆P₆₀K₉₀ увеличивало урожайность зерна голозерного овса по сравнению с неудобренным контролем на 3,8 ц/га, а N₆₀P₆₀K₉₀ и N₉₀P₆₀K₉₀ – на 8,3 и 10,5 ц/га. Дробное внесение азота N₆₀P₆₀K₉₀+N₃₀ по сравнению с разовым внесением N₉₀P₆₀K₉₀ в отличие от пленчатого сорта овса увеличивало не на много урожайность зерна (на 1,7 ц/га). По-видимому, это связано с тем, что голозерный овес имеет более длительный вегетационный период.

Обработка посевов голозерного овса сорта Гоша регулятором роста Экосил на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ повышала урожайность зерна на 4,4 ц/га.

Использование комплексного удобрения АФК с В, Сu и Мп + N_{30} по сравнению с внесением в эквивалентной дозе по NPK ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30}) карбамида, аммофоса и хлористого калия увеличивало урожайность зерна голозерного овса в среднем за три года на 5,8 ц/га и составила 39,7 ц/га соответственно.

Некорневая подкормка микроудобрениями МикроСтим-Медь Л и Адоб Медь, а также водорастворимым комплексным удобрением Нутривант плюс на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ повышала урожайность зерна голозерного сорта овса на 5,2, 7,3 и 8,3 ц/га.

На фоне $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$ урожайность зерна при обработке посевов комплексным микроудобрением с регулятором роста МикроСтим-Медь Л увеличилась на 5,0, а комплексным микроудобрением Нутривант плюс на 6,3 ц/га соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Агроэкономическая эффективность применения новых форм комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании голозерного овса (среднее за 2013–2015 гг.)

Вариант	Средняя урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Стоимость прибавки, USD	Всего затрат, USD	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	21,7	–	–	–	–	–
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	25,5	3,8	33,9	59,9	–	–
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	30,0	8,3	74,0	85,7	–	–
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$ – фон 1	32,2	10,5	93,6	103,2	–	–
5. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} – фон 2	33,9	12,2	108,7	98,6	10,1	10,2
6. Фон 1 + Экосил	36,6	14,9	132,8	115,7	17,1	14,8
7. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	37,4	15,7	139,9	127,9	12,0	9,4
8. Фон 1 + Адоб Медь	39,5	17,8	158,6	135,8	22,8	16,8
9. Фон 1 + Нутривант плюс	40,5	18,8	167,5	148,2	19,3	13,0
10. АФК с В, Сu, Мп + N_{30} (по NPK эквивалентный варианту 5)	39,7	18,0	160,4	140,4	20,0	14,2
11. Фон 2 + Нутривант плюс	40,2	18,5	164,8	147,2	17,6	12,0
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	38,9	17,2	153,3	132,9	20,4	15,3
13. $N_{80}P_{70}K_{120}$ + N_{40} + Адоб Медь	40,1	18,4	163,9	156,5	7,4	4,7
НСР ₀₅	0,8	–				

Таким образом, по сравнению с пленчатым овсом сорта Запавет у голозерного овса сорта Гоша при некорневой подкормке действие микроудобрений Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ было несколько ниже, чем комплексного удобрения Нутривант плюс.

Увеличение доз удобрений до $N_{80}P_{70}K_{120}$ + N_{40} в сочетании с обработкой микроудобрением Адоб Медь не способствовало, в отличие от пленчатого сорта овса, дальнейшему возрастанию урожайности зерна. Однако при сравнении урожайности пленчатого и голозерного овса следует учитывать, что у пленчатого овса на пленки приходится 20–35 % [10].

Важно отметить, что голозерный овес сорта Гоша был менее урожайным и отзывчивым на внесение удобрений во все годы исследований, чем пленчатый сорт Запавет.

Стоимость продукции также определяли исходя из закупочных цен на зерно овса в 2015 году, выраженных в условных единицах (долларах США). Расчет чистого дохода и рентабельности позволил определить более выгодные варианты систем удобрения.

У пленчатого овса сорта Запавет в среднем за 2013–2015 гг. достаточно высокий чистый доход (66,4 USD/га) и рентабельность 41,5 % были получены в варианте с использованием МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$. Ещё выше чистый доход (66,9 USD/га) была в варианте с применением микроудобрения Адоб Медь на фоне максимальных доз минеральных удобрений $N_{80}P_{70}K_{120}$ + N_{40} . Рентабельность в этом варианте опыта составила 35,0 %. Максимальный чистый доход (73,7 USD/га) и уровень рентабельности 44,9 % были получены при использовании МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$ [13].

На голозерном овсе сорта Гоша наиболее выгодными оказались варианты с применением до посева комплексного удобрения АФК с В, Сu, Мп + N_{30} , внесенным в эквивалентных дозах ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30}), по сравнению со стандартными, некорневыми подкормками МикроСтимом-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} и Адобом Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$, у которых чистый доход составил 20,0, 20,4 и 22,8 USD/га при рентабельности 14,2, 15,3 и 16,8 % соответственно.

Заключение

Максимальная урожайность зерна пленчатого овса сорта Запавет (58,0 ц/га), чистый доход (66,9 USD/га) и уровень рентабельности 35,0 % в среднем за три года исследований были получены в варианте Адоб Медь на фоне минеральных удобрений $N_{80}P_{70}K_{120}$ + N_{40} .

У голозерного овса оптимальная система удобрения была при использовании комплексного удобрения АФК с В, Сu, Мп + N₃₀, внесенного в эквивалентных дозах (N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀), по сравнению со стандартными, МикроСтима-Медь Л на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ и Адоба Медь на фоне N₉₀P₆₀K₉₀, у которых чистый доход составил 20,0, 20,4 и 22,8 USD/га при рентабельности 14,2, 15,3 и 16,8 % соответственно [2, 12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Семененко, Н. Н. Совершенствование системы применения удобрений – важнейшее условие повышения эффективности земледелия / Н. Н. Семененко // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 2. – С. 11–13.
2. Мурзова, О. В. Эффективность применения новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании овса голозерного и пленчатого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: дис. канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О. В. Мурзова. – Горки, 2017. – 164 с.
3. Семененко, Н. Н. Адаптивная система применения удобрений под зерновые культуры на антропогенно-преобразованных торфяных почвах / Н. Н. Семененко. – Минск, 2009. – 28 с.
4. Микроудобрения в современной земледелии / И. А. Гайсин [и др.] // Агрохимический вестник. – 2010. – № 4. – С. 13–14.
5. Интенсификация продукционного процесса растений. Приемы управления / В. Г. Сычев [и др.]. – М.: ВНИИА, 2009. – 520 с.
6. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]: Ин-т почвоведения и агрохимии, под ред. акад. В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.
7. Тарасенко, П. Л. Экономическая эффективность зерновых и пожнивных культур в звене севооборота / П. Л. Тарасенко // Сельское хозяйство-проблемы и перспективы: сб. науч. тр.: Т.1 / под ред. В. К. Пестиса. – Гродно: ГГАУ, 2006. – С. 305–308.
8. Скируха, А. Ч. Продуктивность и агроэкономическая эффективность зернотравяно-пропашных и специализированных зернотравяных севооборотов на дерново-суглинистых почвах РБ: автореф. дис. канд. с.-х. наук / А. Ч. Скируха. – Жодино, 2000. – 18 с.
9. Рак, М. В. Агроэкономическая эффективность микроудобрений при возделывании кукурузы в производственных условиях на дерново-подзолистых суглинистых почвах / М. В. Рак, Е. Н. Пукалова // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 1. – С. 106–112.
10. Вильдфлуш, И. Р. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш, О. В. Мурзова, О. И. Мишура, Н. В. Барбасов. – Горки: БГСХА, 2021. – 161 с.
11. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. М.: Колос, 1985. – 416 с.
12. Мурзова, О. В. Агроэкономическая эффективность применения новых форм удобрений и регуляторов роста при возделывании пленчатого и голозерного овса / О. В. Мурзова, И. Р. Вильдфлуш // Вестн. БГСХА. – 2016. – № 2. – С. 75–78.
13. Мурзова, О. В. Агроэкономическая эффективность применения новых форм комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании овса/ материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина и 80-летию члена-корреспондента РАН Кудеярова Валерия Николаевича / – Краснодар КубГАУ, 2019, Выпуск 21. – С. 198–202.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ СОСТАВОВ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕПАРАТОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

А. А. СНЕЖИНСКИЙ

РУП «Институт льна»,
аг. Устье, Республика Беларусь, 211033, e-mail: a.sniazhynski@mail.ru

(Поступила в редакцию 08.09.2022)

Представлены результаты эффективности применения препаратов различного происхождения и защитно-стимулирующих составов на их основе для предпосевной обработки семян льна-долгунца. Установлено, что использование биологического препарата Биолиnum, Ж (2,0 л/т), существенно повышает урожайность и качество льнопродукции в сочетании с химическим протравителем Витарос, ВСК (1,5 л/т), а также удобрениями гуминовой природы: Экогум цинк-комплекс, ВР (0,5 л/т), Экогум Био, ВР (0,5 л/т), Экогум цинк, медь, бор-комплекс, ВР (0,5 л/т). Наибольшую урожайность льнотресты 54,4 ц/га в среднем за три года с уровнем рентабельности 47,3 % обеспечивает предпосевная обработка семян следующим составом: Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т) + Экогум Био, ВР (0,5 л/т). Для получения максимальной урожайности льносемян (10,7 ц/га), в среднем за 2018–2020 гг. целесообразна предпосевная обработка семян защитно-стимулирующим составом: Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т) + Экогум цинк, медь, бор-комплекс, ВР (0,5 л/т).

В производственных условиях использование защитно-стимулирующего состава для обработки льносемян: Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т) + Экогум Био, ВР (0,5 л/т) обеспечивает прибавку урожайности льнотресты 4,5 ц/га при ее урожайности 52,8 ц/га, номер льнотресты 1,75 и урожайность льносемян 9,9 ц/га, что на 2,5 ц/га выше контроля. Чистый доход увеличился на 402,48 руб./га, рентабельность производства – на 17,7 %.

Ключевые слова: лен-долгунец, льносемена, Биолиnum, Ж, Витарос, ВСК, Экогум Био, ВР, Экогум цинк-комплекс, ВР, Экогум цинк, медь, бор-комплекс, ВР.

The results of the effectiveness of the use of preparations of various origins and protective-stimulating compositions based on them for pre-sowing treatment of fiber flax seeds are presented. It has been established that the use of the biological preparation Biolinum, L (2.0 l/t), significantly increases the yield and quality of flax products in combination with the chemical disinfectant Vitaros, WSC (1.5 l/t), as well as humic fertilizers: Ecogum zinc complex, WS (0.5 l/t), Ecogum Bio, WS (0.5 l/t), Ecogum zinc, copper, boron complex, WS (0.5 l/t). The highest yield of flax straw of 5.44 t/ha on average over three years with a profitability level of 47.3 % is provided by presowing seed treatment with the following composition: Biolinum, L (2.0 l/t) + Vitaros, WSC (1.5 l/t) + Ecogum Bio, WS (0.5 l/t). To obtain the maximum yield of flaxseeds (1.07 t/ha), on average for 2018–2020, pre-sowing treatment of seeds with a protective and stimulating composition was expedient: Biolinum, L (2.0 l/t) + Vitaros, WSC (1.5 l/t) + Ecogum zinc, copper, boron complex, WS (0.5 l/t).

Under production conditions, the use of a protective and stimulating composition for the processing of flax seeds: Biolinum, L (2.0 l/t) + Vitaros, WSC (1.5 l/t) + Ecogum Bio, WS (0.5 l/t) provides an increase in the yield of flax straw by 0.45 t/ha with its yield of 5.28 t/ha, the number of flax straw is 1.75 and the yield of flax seeds is 0.99 t/ha, which is 0.25 t/ha higher than the control. Net income increased by 402.48 rubles/ha, profitability of production – by 17.7 %.

Key words: long-fiber flax; flax seeds; Biolinum, L (liquid); Vitaros, WSC (water-suspension concentrate); Ecogum Bio, WS (water solution); Ecogum zinc complex, WS; Ecogum zinc, copper, boron complex, WS.

Введение

Биоклиматический потенциал Беларуси в целом соответствует требованиям интенсификации ведения льноводческой отрасли [1] и при соблюдении технологии позволяет получать относительно высокую урожайность льна-долгунца.

Объемы производства и качество получаемой продукции льна-долгунца в Беларуси, как правило, не соответствуют требованиям как внутреннего, так и внешнего рынка. На производство льнопродукции оказывают влияние многие факторы, в том числе и поражение болезнями, снижающими ее качество.

Основные источники инфекции ряда болезней – семена и почва, поэтому в технологии возделывания культуры льна-долгунца обязательным приемом является предпосевная обработка семян, поскольку вне зависимости от климатической зоны зараженность болезнями остается достаточно высокой [2].

Наряду с химическими протравителями представляет интерес использование микробиологических препаратов отечественного производства для обеззараживания семян [3]. Использование микробиологических препаратов для предпосевного обеззараживания семян на зерновых культурах снижает эффект химических протравителей, нивелирует норму их применения, увеличивает действие фунги-

цидов, улучшает состояние и массу проростков и увеличивает энергию прорастания семян зерновых культур до 40 % и их урожайность [4].

При этом особую актуальность приобретают вопросы экономической эффективности рекомендуемых приемов льносеющим организациям. Экономическая эффективность производства – результат, выраженный окупаемостью ресурсов и затрат, использованных в производстве льнопродукции. Повышение эффективности означает существенное увеличение объема производства продукции, чистого дохода, прибыли на единицу земельной площади, трудовых, материальных и финансовых затрат. Успешное решение задач, стоящих перед каждой льносеющей организацией, возможно лишь на основе повышения экономической эффективности его производства. Эффективность производства характеризует отношение экономического эффекта к ресурсам (затратам), обусловившим этот эффект, или наоборот отношение ресурсов (затрат) к величине полученного экономического эффекта (результата). Уровень экономической эффективности производства дает представление о том, ценой каких ресурсов достигнут экономический эффект. Чем больше эффект, тем выше экономическая эффективность производства и наоборот. Критерием экономической эффективности производства в льноводческой отрасли является его рентабельность на основе увеличения выхода льнопродукции с единицы земельной площади при одновременном обеспечении высокого ее качества и снижении затрат. Рентабельность отражает эффективность использования материальных, трудовых и земельных ресурсов. Рентабельность представляет собой экономическую категорию, отражающую доходность производства и находящую свое выражение в наличии чистого дохода или прибыли.

Поэтому целью наших исследований стало выявление эффективности использования разработанных приемов предпосевной обработки семян препаратами различного происхождения и защитно-стимулирующими составами на их основе для повышения урожайности и качества льнопродукции (льноволокна и льносемян).

Основная часть

Объектами исследования служили растения льна-долгунца сорта Грант и препараты различного происхождения: протравитель Витарос, ВСК (1,5 л/т), биологический препарат Биолиnum, Ж (2,0 л/т), удобрение Экогум разных марок (0,5 л/т). Предпосевная обработка семян проводилась согласно схеме полевого опыта (табл. 1).

Полевые опыты были заложены в 2018–2020 гг. по общепринятой методике [5], в соответствии с требованиями отраслевого регламента [6]. Более подробно методика проведения обсуждаемых исследований опубликована нами ранее [7].

Таблица 1. Схема полевого опыта

Вариант
1. Контроль (необработанные семена)
2. Биолиnum, Ж (2,0 л/т)
3. Витарос, ВСК (1,5 л/т)
4. Экогум цинк-комплекс, ВР (0,5 л/т)
5. Экогум Био, ВР (0,5 л/т)
6. Экогум цинк, медь, бор-комплекс, ВР (0,5 л/т)
7. Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)
8. Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк-комплекс, ВР (0,5 л/т)
9. Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум Био, ВР (0,5 л/т)
10. Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк, медь, бор-комплекс, ВР (0,5 л/т)
11. Экогум цинк-комплекс, ВР (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)
12. Экогум Био, ВР (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)
13. Экогум цинк, медь, бор-комплекс, ВР (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)
14. Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк-комплекс, ВР (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)
15. Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум Био, ВР (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)
16. Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк, медь, бор-комплекс, ВР (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)

В процессе проведения данных исследований была установлена эффективность инкрустации семян защитно-стимулирующими составами, включающими биологический препарат Биолиnum, Ж (варианты 14, 15, 16). Урожайность льносемян повышалась на 1,4–1,6 ц/га или 15,4–17,6 %, урожайность льнотресты – на 2,9–4,2 ц/га или 5,8–8,4 % по сравнению с базовым вариантом, где применялся Витарос, ВСК (вариант 3).

Судить об эффективности того или иного агротехнического приема при возделывании сельскохозяйственных культур лишь по одной прибавке урожайности нельзя, так как затраты на его применение могут оказаться значительно выше стоимости дополнительной продукции.

Целесообразность агротехнического приема можно обосновать с помощью расчетов экономической эффективности. Ее основными показателями является величина чистого дохода (прибыль), рентабельность и себестоимость продукции.

Для анализа экономической эффективности средств интенсификации использовались следующие показатели: урожайность льнопродукции, стоимость полученной продукции с учетом ее качества, производственные затраты, включающие стоимость средств интенсификации, стоимость их внесения и затраты на уборку, доработку и транспортировку льнопродукции, оплата труда; чистый доход, представляющий разницу между стоимостью полученной продукции и производственными затратами; рентабельность, определяемая как отношение чистого дохода к производственным затратам, выраженная в процентах [8].

Результаты экономической эффективности применения препаратов различного происхождения как самостоятельно, так и в защитно-стимулирующих составах, представлены в табл. 2.

Изучение влияния средств интенсификации, применяемых при предпосевной обработке семян, показало, что стоимость полученной продукции, производственные затраты, чистый доход и рентабельность в среднем за 2018–2020 гг. варьировали в зависимости от варианта опыта и были минимальными в контрольном варианте.

Стоимость полученной продукции в контрольном варианте составила 2216,23 руб./га, производственные затраты – 1650,82 руб./га, чистый доход – 565,91 руб./га, рентабельность – 34,4 %. При обработке семян биопрепаратом Биолиnum, Ж отмечено повышение стоимости полученной продукции на 267,16 руб./га.

Таблица 2. Экономическая эффективность препаратов различного происхождения и защитно-стимулирующих составов на их основе при предпосевной обработке семян льна-долгунца в ценах по состоянию на 01.02.2021 г. (среднее 2018–2020 гг.)

Вариант	Урожайность льносемян, ц/га	Урожайность льнотресты, ц/га	№ льнотресты	Стоимость полученной продукции, руб/га	Производственные затраты, руб/га	Чистый доход, руб/га	Рентабельность, %
1	7,9	42,4	1,52	2216,23	1650,82	565,91	34,4
2	8,4	46,0	1,70	2483,39	1815,03	668,36	36,9
3	9,1	50,2	1,77	2749,85	1982,02	767,83	38,8
4	8,5	44,5	1,77	2469,95	1735,64	734,31	42,6
5	8,7	43,5	1,77	2445,06	1709,60	735,46	43,3
6	8,5	43,8	1,77	2444,31	1712,71	731,59	43,0
7	10,0	52,6	1,69	2867,69	2024,13	843,56	41,8
8	9,1	46,9	1,71	2565,18	1816,36	748,81	41,4
9	9,0	47,0	1,77	2612,36	1834,50	778,86	42,7
10	8,9	46,8	1,77	2598,39	1825,09	790,42	42,6
11	9,7	51,0	1,77	2829,27	1970,38	858,89	43,7
12	9,7	51,7	1,77	2857,59	1996,18	861,40	43,4
13	9,7	51,1	1,77	2834,63	1947,12	860,51	43,8
14	10,5	53,1	1,69	2928,59	2004,56	924,03	46,1
15	10,5	54,4	1,69	2981,72	2025,84	955,88	47,3
16	10,7	53,9	1,76	3024,25	2075,51	955,88	45,8

Чистый доход увеличился на 102,45 руб./га, рентабельность возросла на 2,5 %. Стоимость полученной продукции при обработке семян протравителем Витарос, ВСК (1,5 л/т) была 2749,85 руб./га, чистый доход составил 767,83 руб./га и превысил контрольный вариант на 201,92 руб./га, вариант с применением Биолиnum, Ж – на 99,47 руб./га. Рентабельность составила 38,8 %.

При обработке семян микроудобрением Экогум разных марок в чистом виде (варианты 4, 5, 6) стоимость полученной продукции варьировала от 2444,31 руб./га (вариант 6) до 2469,95 руб./га (вариант 4), чистый доход – от 731,59 руб./га до 735,46 руб./га, рентабельность – от 42,6 % до 43,3 %.

При применении защитно-стимулирующего состава, включающего препарат Биолиnum, Ж и протравитель Витарос, ВСК стоимость полученной продукции возросла до 2867,69 руб./га, а чистый доход составил 843,56 руб./га, превысив контрольный вариант на 277,65 руб./га. Уровень рентабельности составил 41,8 %.

При совместном применении биопрепарата Биолиnum, Ж с микроудобрением Экогум разных марок стоимость полученной продукции была ниже, чем при совместной обработке препаратом Биолиnum, Ж с протравителем Витарос, ВСК и составила в варианте 8 – 2565,18 руб./га, в варианте 9 – 2612,36 руб./га, в варианте 10 – 2598,39 руб./га, что увеличило чистый доход до 748,81 руб./га, 778,86 руб./га, 790,42 руб./га соответственно. Рентабельность находилась в пределах 41,4–42,7 %.

Применение химического протравителя Витарос, ВСК совместно с микроудобрением Экогум разных марок увеличивали стоимость полученной продукции, чистого дохода и рентабельности. Так, в варианте 12 стоимость полученной продукции составила 2857,59 руб./га, чистый доход – 861,40 руб./га и рентабельность – 43,4 %. Превышение по отношению к контрольному варианту соответственно было 641,36 руб./га, 295,49 руб./га, 9,0 %.

Однако, максимальная экономическая эффективность получена при использовании защитно-стимулирующих составов на основе Биолиnum, Ж, Витарос, ВСК и удобрения Экогум разных марок (варианты 14, 15, 16). Стоимость полученной продукции в варианте 14 (Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк-комплекс, ВР (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)) находилась на уровне 2928,59 руб./га, в варианте 15 (Биолиnum, Ж, (2,0 л/т) + Экогум Био, ВР (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)) – 2981,72 руб./га, в варианте 16 (Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк, медь, бор-комплекс, ВР (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)) – 3024,25 руб./га. Чистый доход составил 924,03 руб./га в варианте 14 и 955,88 руб./га в вариантах 15, 16. Максимальная рентабельность получена в варианте 16 и составила 47,3 %, превысив контрольный вариант на 12,9 % (табл. 2).

На землях РПУП «Устье» НАН Беларуси» Оршанского района в 2020 году проведена производственная проверка изученных приемов предпосевной обработки семян в технологии возделывания льна-долгунца.

Производственный опыт был заложен с нормой высева 22,0 млн всхожих семян на гектар. Предшественник – озимая пшеница.

В результате проведенных исследований установлено, что изученные приемы оказали положительное влияние на урожайность льносемян, льнотресты и ее качество (табл. 3).

Таблица 3. Влияние приемов предпосевной обработки семян в технологии возделывания льна-долгунца на урожайность и качество льнопродукции в производственных условиях, 2020 г.

Вариант	Урожайность льнотресты, ц/га	Прибавка, ц/га	Урожайность льносемян, ц/га	Прибавка, ц/га	Номер льнотресты
Витарос, ВСК (1,5 л/т) – базовый	48,3	–	7,4	–	1,50
Витарос, ВСК (1,5 л/т) + Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум Био, ВР (0,5 л/т) – новый	52,8	4,5	9,9	2,5	1,75
НСР _{0,05}	3,1		0,7		

За базовый вариант принята общепринятая технология обработки семян льна-долгунца. Урожайность льнотресты составила 48,3 ц/га, урожайность льносемян – 7,4 ц/га.

В предлагаемом варианте (инкрустация семян перед посевом защитно-стимулирующим составом, включающим Витарос, ВСК (1,5 л/т), Биолиnum, Ж (2,0 л/т), Экогум Био, ВР (0,5 л/т)) урожайность льнотресты составила 52,8 ц/га, урожайность льносемян – 9,9 ц/га. Прибавка к контролю: льнотресты – 4,5 ц/га, льносемян – 2,5 ц/га.

Производственные затраты в базовом варианте составили 1863,84 руб./га, в предлагаемом – 1997,93 руб./га.

Денежная выручка в базовом варианте составила 2532,54 руб./га, в предлагаемом (инкрустация семян перед посевом с использованием препаратов Витарос, ВСК (1,5 л/т), Биолиnum, Ж (2,0 л/т), Экогум Био, ВР (0,5 л/т)) – 3069,11 руб./га.

Рентабельность производства в базовом варианте составила 35,9 %, в предлагаемом (инкрустация семян перед посевом с использованием препаратов Витарос, ВСК (1,5 л/т), Биолиnum, Ж (2,0 л/т), Экогум Био, ВР (0,5 л/т)) – 53,6 %.

Заключение

Наибольший экономический эффект в условиях Витебской области обеспечила обработка льносемян перед посевом защитно-стимулирующим составом: Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум Био, ВР (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т) с рентабельностью 47,3 %, что выше по сравнению с применением протравителя Витарос, ВСК (1,5 л/т) на 8,5 %, а по сравнению с применением препарата Биолиnum, Ж – на 10,4 %. Чистый доход увеличился на 188,05 руб./га по сравнению с применением протравителя Витарос, ВСК (1,5 л/т).

Применение защитно-стимулирующего состава для обработки льносемян: Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т) + Экогум Био, ВР (0,5 л/т) в производственных условиях обеспечивает прибавку урожайности льнотресты 4,5 ц/га при ее урожайности 52,8 ц/га, номер льнотресты 1,75 и уро-

жайность льносемян 9,9 ц/га, что на 2,5 ц/га выше контроля. Чистый доход увеличился на 402,48 руб./га, рентабельность производства – на 17,7 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://economy.gov.by/> – Дата доступа: 15.02.2021.
2. Степанова, Н. В. Развитие патогенных микозов в посевах льна-долгунца на территории Беларуси / Н. В. Степанова, С. Р. Чуйко // Вестник Бел. гос. с-х. академии – 2022. – №1. – С. 51–55.
3. Голуб, И. А. Эффективность микробиологических препаратов в качестве инокулянтов на урожайность и качество волокна льна-долгунца / И. А. Голуб, О. А. Ермолович // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – №3. – С. 60–62.
4. Урбан, Т. А. За эффективную и безопасную защиту урожая / Т. А. Урбан // Защита и карантин растений. – 2021. – №5. – С. 3–8.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
6. Отраслевой регламент. Возделывание и уборка льна-долгунца. Типовые технологические процессы. – Минск: РУП «Институт льна», 2019. – 15 с.
7. Снежинский, А. А. Обработка семян льна-долгунца в целях повышения их урожайности / А. А. Снежинский // Вестник Бел. Гос. с-х. академии – 2021. – №4. – С. 53–56.
8. Акимова, Ю. А. Развитие циркулярного сельского хозяйства в Европе для формирования устойчивых агропродовольственных систем / Ю. А. Акимова // Продовольственная политика и безопасность, 2020. – Т. 7. – № 4. – С. 259–272.

АНАЛИЗ СОРТОВ ВИНОГРАДА АМПЕЛОГРАФИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЦЕНТРА БИОТЕХНОЛОГИИ ТАДЖИКСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ПО СРОКАМ СОЗРЕВАНИЯ

Х. И. БОБОДЖАНОВА

*Центр биотехнологии Таджикского национального университета,
проспект Рудаки 17, Душанбе, 734025, Таджикистан, e-mail: bobojankh_7@bk.ru*

Н. В. КУХАРЧИК

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

(Поступила в редакцию 12.09.2022)

Проведен анализ сортимента винограда, собранного из трех основных зон выращивания на территории Таджикистана, в полевую коллекцию Центра биотехнологии. Объем коллекции составляет 121 сорт. Сорта отличаются происхождением, сроками созревания, другими хозяйственно ценными признаками. Показано отсутствие единой системы классификации сортов по срокам созревания, наиболее распространенные классификации разделяют сорта на 5–8 групп.

Полевая коллекция Центра биотехнологии представлена сортами винограда разных групп созревания, в том числе: ранние (сверхранние – 11,6; очень ранние – 4,9, ранние – 9,9 и раннесредние – 11,6 %) – 38,0; средние – 22,3; среднепоздние – 20,7; поздние 10,7 и очень поздние – 1,7 %. В коллекции также есть сорта, описание которых в литературе отсутствует (6,6 %). Показано, что доля сортов различного срока созревания, различается по зонам выращивания. Из Согдийской зоны на долю сортов раннего срока созревания, приходится 43,9 %, средних и среднепоздних – 25,8 и 19,8 %, поздних – 4,5 и 1,5 %. Сортимент винограда Гиссарской зоны представлен ранними сортами – 39,5 %, средними – 23,5 %, среднепоздними – 20,9 % и поздними – 9,3 и 2,3 %. Сорта винограда из Вахшской зоны представлены группой сортов среднепозднего – 25 и позднего – 50 % сроков созревания.

Ключевые слова: Таджикистан, зона выращивания, виноград, сорт, коллекция, срок созревания.

An analysis was made of the assortment of grapes collected from the three main growing zones in the territory of Tajikistan for the field collection of the Center for Biotechnology. The volume of the collection is 121 varieties. Varieties differ in origin, ripening time, and other economically valuable traits. The absence of a unified system for classifying varieties by maturity is shown, the most common classifications divide varieties into 5–8 groups.

The field collection of the Biotechnology Center is represented by grape varieties of different ripening groups, including: early (extra early – 11.6; very early – 4.9, early – 9.9 and early medium – 11.6 %) – 38.0; average – 22.3; mid-late – 20.7; late – 10.7 % and very late – 1.7 %. The collection also contains varieties that are not described in the literature (6.6%). It is shown that the proportion of varieties of different ripening periods differs by growing zones. From the Sogd zone, the share of varieties of early ripening is 43.9 %, medium and medium late – 25.8 and 19.8 %, late – 4.5 and 1.5 %. The assortment of grapes of the Gissar zone is represented by early varieties – 39.5 %; middle – 23.5 %, middle-late – 20.9 % and late – 9.3 and 2.3 %. Grape varieties from the Vakhsh zone are represented by a group of varieties of medium late (25 %) and late (50 %) terms of ripening.

Key words: Tajikistan, growing area, grapes, variety, collection, ripening period.

Ведение

Сроки созревания сортов винограда, важный биологический и технологический фактор, определяющий условия культивирования, агротехнический уход и, в значительной степени, направление использования винограда. Сроки созревания винограда зависят от многих факторов, среди которых: температура воздуха и почвы; влажность воздуха и почвы; солнечный свет; агротехника (удобрение, формирование и др.) [1]. Этот параметр очень сильно варьирует не только в зависимости от суммы активных температур в конкретной географической местности, но и в зависимости от рельефа участка, ориентации склонов, ветровой тени [2].

Условное разделение сроков созревания неоднозначно в различных литературных источниках. В большинстве классификаций используется показатель «количество дней от распускания почек до полного созревания ягод» [3], в других «сумма активных температур до полного созревания ягод» [4], есть классификации, использующие контрольный сорт для сравнения с ним остальных сортов [5], а также классификации, учитывающие комплекс показателей [6].

Наступление зрелости урожая сортов тесно связано с проявлением их биологических особенностей в конкретных условиях произрастания, в тоже время последовательность созревания устойчиво сохраняется каждый год. Эта закономерность и позволяет группировать сорта по срокам созревания. Градация сортов винограда по срокам созревания в разных литературных источниках также различается, что не позволяет в большинстве случаев использовать их для проведения общего анализа.

По А. М. Негрулю, сорта винограда разделяются на минимальное количество групп: 1. очень раннего созревания; 2. раннего созревания; 3. среднего созревания; 4. позднего созревания; 5. очень позднего созревания [7].

Максимально детализированное разделение сортов на 8 групп спелости представлено с учетом количества дней до полного созревания [8]: 1 – сверхранние – до 105 дней; 2 – очень ранние – 105–115;

3 – ранние 115–125; 4 – раннесредние – 125–135; 5 – средние – 135–145; 6 – среднепоздние – 145–155; 7 – поздние – 155–165; 8 – очень поздние–165 и более дней.

Основная часть

По потребности в сумме эффективных температур и количеству дней от начала распускания почек до промышленной зрелости винограда М. А. Лазаревский [9] все сорта разбил на следующие группы (табл. 1).

Таблица 1. Распределение сортов винограда по «периодам созревания», основанное на общей продолжительности фаз развития от распускания почек до полного созревания ягод (в днях) и на потребности в тепле за этот отрезок времени (в суммах градусов) [9]

N	Группы	дней	°С	Сорта
1	очень раннего периода созревания	105—115	2200—2400	Сеянец Маленгра, Мадлен Анжевин,
2	раннего периода созревания	115—125	2400—2500	Пино ранний (Иския) Шасла, Португизер
3	среднего периода созревания	125—130	2600—2700	Мюскадель, Алиготе, Мускат венгерский
4	среднепозднего периода созревания	130—140	2800—2900	Рислинг, Сенсо, Мускат гамбургский, Каберне-Совиньон
5	позднего периода созревания	140—145	2900—3000	Галан, Кокур белый, Пухляковский
6	очень позднего периода созревания	145—150 и более	3000—3100 и более	Саперави, Клерет, Агадаи

При изменении экологических условий произрастания сорта могут переходить из одной группы в другую в связи со сдвигами их сроков созревания. Учет данных групп позволяет более рационально интродуцировать сорта в различные виноградарские районы, организовать конвейер потребления свежего винограда, планировать очередность сбора урожая. Сроки созревания урожая сортов учитывают при проведении селекционной работы и продвижении культуры винограда в новые регионы культивирования [6].

Исследования проводились в период 2012–2019 гг. Объектами исследования выбраны сорта винограда, выращиваемые в Таджикистане.

Проведенный нами анализ сортов винограда, выращиваемых в Таджикистане, по срокам созревания, основан на литературных данных отечественных и зарубежных исследователей, полученных в различных агроклиматических зонах, что не всегда позволяет однозначно отнести сорта к одной из групп. Некоторое количество сортов, выращиваемых в стране, не имеет достоверного описания.

Проведен анализ сортимента винограда, представленного в полевой коллекции центра Биотехнологии Таджикского национального университета. Виноград получен из трех основных зон выращивания: Согдийской, Гиссарской и Вахшской.

Анализ сортов по срокам созревания, представлен из различных литературных источников [5, 10–33], где за основу взято разделение винограда на 8 групп спелости (табл. 2).

Таблица 2. Распределение сортов винограда полевой коллекции Центра биотехнологии Таджикского национального университета по срокам созревания

N	Сроки созревания	Сорта
1	сверхранние	Августовский, Аушон ранний, Бабатаг, Гиссарский ранний, Дорой красный, Жемчуг Саба, Заррин, Зогак пешпазак, Киргисский ранний, Люгунды, Халили дели, Чилияки белый ленинабадский, Чилияки красный
2	очень ранние	Бозори, Зариф, Халили белый, Халили даг, Халили черный, Чилияки черный,
3	ранние	Бессемянный ранний, Бобо Закир, Кишмиш красный туркменский. Королева виноградников. Мускат таджикский. Ранний кибрайский. Сары ангушты, Сурхак китабский, Чилияки белый. Чилияки худжанди, Чочвах, Шохона
4	ранне-средние	Гурды говак гиссарский, Джаус сию, Кишмиш ботир, Кишмиш сафед округлый, Кишмиш теракли, Кишмиш чёрный, Ляли хуша дароз, Мехча обак, Мухчалони, Ранний ВИРа, Ризамат, Сангвор, Фахри, Чрас
5	средние	Ак калтак, Ангури сиё, Аскери, Васарга белая, Гайри мукорар, Дили кафтар, Думи руба сафед. Кишмиш белый круглый. Кишмиш Ваткана, Кишмиш Иртишар, Кишмиш мраморный, Кишмиш мускатный, Кишмиш самаркандский, Кишмиш Согдиана, Кишмиш туркменский, Кишмиш Хишрау, Нилуфар, Паркент, Победа, Расми, Сабзи карс, Тагоби, Хурманы кизил, Хусайне белый, Хусайне люнда, Хусайне сиёх, Хусайне чёрный
6	среднепоздние	Ак люнда, Ангури сиёх гиссарский, Анзоб, Вахдат, Гузаль кара, Джаус сафед хуфаки, Дружба, Исписар, Кара курган, Кара палван, Кизил хурманы, Кишмиш белый овальный, Кишмиш Дуоба, Молдова, Мускат александрыйский, Нимранг, Нухурский крупный, Первомайский, Сарвар, Сохиби, Султани, Хусайне зимний, Хусайне каду, Хусайне келин бармак, Штур ангур
7	поздние	Джанджал кара, Изабелла, Кара боги, Катта-Курган, Кишмиш адиси розовый, Миёна, Мускат белый, Предгорный, Ркацителли, Саперави, Советский, Тайфи розовый, Хусайне красный
8	очень поздние	Декабрьский. Зебо

Из Согдийской зоны на долю сортов раннего срока созревания, объединяющую сверхранние, очень ранние, ранние и ранне-средние сорта винограда приходится 43,9 %. Средние и среднепоздние сорта составляют 25,8 и 19,8 %, соответственно. Группа поздних и очень поздних сортов винограда, представленных в полевой коллекции, занимает 4,5 и 1,5 %, соответственно (рисунок).

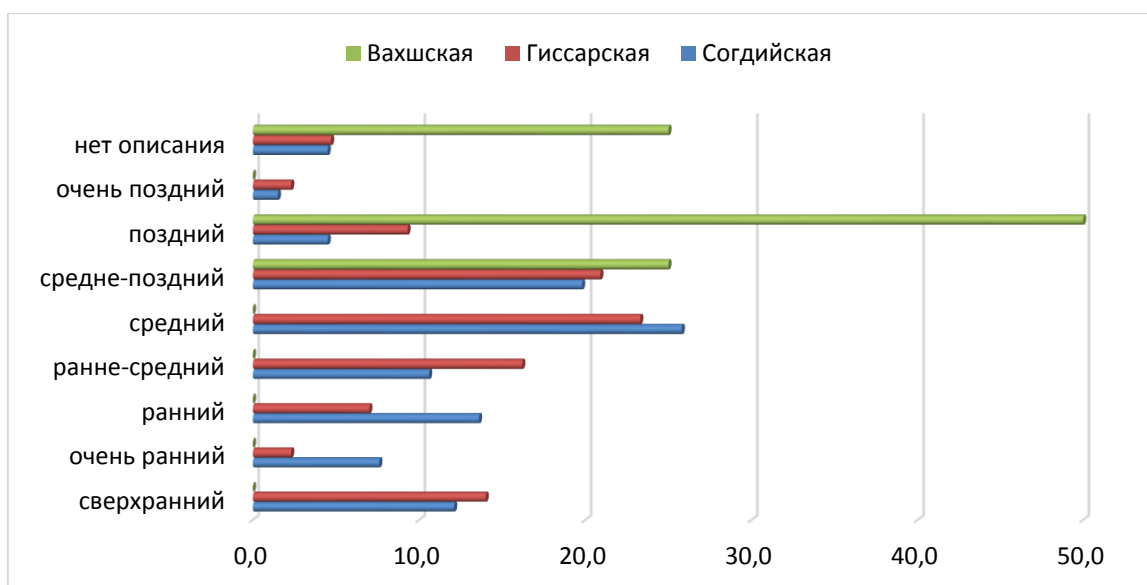


Рис. Сортимент винограда, представленных в полевой коллекции из зон выращивания винограда

Сортимент винограда Гиссарской зоны представлен ранними сортами (сверхранние, очень ранние, ранние и ранне-средние) – 39,5; средние – 23,5 и среднепоздние – 20,9 %. Поздние и очень поздние составляют 9,3 и 2,3 % соответственно.

Сорта винограда полевой коллекции Центра биотехнологии, привезенные из Вахшской зоны выращивания винограда представлены группой сортов средне-позднего срока созревания – 25 и позднего 50 %.

Также имеют место сорта, не описанные в литературе, их доля составляет по областям: Согдийская – 4,5 %; Гиссарская – 4,7 % и Вахшская зона 25 %.

В целом полевая коллекция сортов винограда Центра биотехнологии представлена сортами винограда разных групп созревания. Среди них – ранние (сверхранние – 11,6; очень ранние – 4,9, ранние – 9,9 и раннесредние – 11,6 %) – 38,0; средние – 22,3 и среднепоздние – 20,7; поздние 10,7 и очень поздние – 1,7 %. В коллекции также есть сорта, которые в литературе не описаны – 6,6 %. К сортам, не имеющим помологического описания в литературе, относятся Вагкана кизил, Хуша дарози сафед, Чилиаки юбилейный катагон, Парвиз, Чилиаки гиссарский, Лунда, Шахритузский ранний красный и Шахритузский чёрный.

Заключение

Проведен анализ сортимента винограда, собранного из трех основных зон выращивания на территории Таджикистана, в полевую коллекцию Центра биотехнологии. Объем коллекции составляет 121 сорт. Показано отсутствие единой системы классификации сортов по срокам созревания, наиболее распространенные классификации разделяют сорта на 5–8 групп.

Полевая коллекция Центра биотехнологии представлена сортами винограда разных групп созревания, в том числе: ранние (сверхранние – 11,6; очень ранние – 4,9, ранние – 9,9 и раннесредние – 11,6 %) – 38,0; средние – 22,3; среднепоздние – 20,7; поздние 10,7 и очень поздние – 1,7 %. В коллекции также есть сорта, описание которых в литературе отсутствует (6,6 %). Показано, что доля сортов различного срока созревания, различается по зонам выращивания. Из Согдийской зоны на долю сортов раннего срока созревания, приходится 43,9 %, средних и среднепоздних – 25,8 и 19,8 %, поздних – 4,5 и 1,5 %. Сортимент винограда Гиссарской зоны представлен ранними сортами – 39,5 %; средними – 23,5 %, среднепоздними – 20,9 % и поздними – 9,3 и 2,3 %. Сорта винограда из Вахшской зоны представлены группой сортов среднепозднего – 25 и позднего – 50 % сроков созревания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Как ускорить процесс созревания плодов винограда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chudoclumba.ru/kak-uskorit-process-sozrevania-plodov-vinograda/> – Дата доступа: 15.07.2022 г.
2. Выбираем виноград. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vinograd-minsk.by/blog/vybiraem-vinograd.html> – Дата доступа: 15.07.22 г.
3. Виды винограда – как определить и узнать сорт по внешнему виду. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://poferme.com/vinograd/raznovidnosti> – Дата доступа: 15.07.22 г.
4. Созревание винограда в зависимости от сорта. [Электронный ресурс]. – Режим Доступа: <https://agronomam.com/vinogradarstvo/sroki-sozrevaniya-vinograda-po-sortam.html> – Дата доступа: 15.07.2022.
5. Ампелография СССР. Т.1. Общая ампелография. – Москва. Пищепромиздат, 1956.
6. Энциклопедия виноградарства. Гл. ред. А. И. Тимуш. Молд. сов. Энциклопедия. – Кишинев, 1986. – В 3-х томах.

7. Негруль, А. М. Виноградарство с основами ампелографии и селекции / А. М. Негруль. – М.: Гос-ое изд-во сельскохозяйственной литературы, 1956. – 400 с.
8. Классификация сортов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vinogradgid.ru/klassifikaciya-sortov.html> – Дата доступа: 15.07.22 г.
9. Лазаревский, М. А. Сорта винограда / М. А. Лазаревский. — М.: Сельхозиздат, 1959. – 428 с.
10. Сорта винограда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vinograd.info/sorta/sorta-vinograda> – Дата доступа: 12.09.2022.
11. Рубан, Н. Г. Сорта винограда Средней Азии (морфо-биологическая характеристика и хозяйственная оценка местных сортов) / Н. Г. Рубан. –Ташкент: Изд-во «Фан» Узбекской ССР, 1972. – 200 с.
12. Ампелография СССР. Малораспространенные сорта винограда. В 3-х томах. – М. Пищепромиздат, 1963–1966.
13. Анапская ампелографическая коллекция (биологический растительные ресурсы): монография. Краснодар: ФГБНУ Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия. – Краснодар, 2018. – 194 с.
14. Ампелография Узбекистана / Редкол. М. М. Мирзаев [и др.]. – Ташкент. Изд-во «Узбекистан», 1984. – 144 с.
15. Ампелография СССР. Отечественные сорта винограда. Отв. ред. П. Я. Голодрига. – Москва «Легкая и пищевая промышленность», 1984. – 593 с.
16. Шарипов, Н. Сохранение и обогащение генофонда винограда в Таджикистане / Н. Шарипов, З. А. Имамкулова. – Режим доступа: <http://eurowine.com.ua/node/16863> – Дата доступа: 24.09.2022.
17. Ампелография СССР. Справочный том. – М. Пищевая промышленность, 1970. – 486 с.
18. Ампелографическая коллекция в нижнем Придони [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vinograd.info/stati/stati/ampelograficheskaya-kollekciya-v-nizhnem-pridone.html> – Дата доступа: 24.09.2022 г.
19. Основные сорта винограда, выращиваемые в Кыргызстане. Режим доступа: [www. Agro.kg/index.php?/topic/2320-основные-сорта-винограда-выращиваемые-в-кыргы/](http://www.Agro.kg/index.php?/topic/2320-основные-сорта-винограда-выращиваемые-в-кыргы/) – Дата доступа – 2.06.2022 г.
20. Сорта винограда Узбекистана / Ред. коллегия: М. М. Мирзаев (отв. ред.) [и др.]. – Ташкент. Изд-во «Узбекистан». 1974. – 316 с.
21. Промышленные сорта винограда Узбекистана. (Редкол. А. М. Негруль) Ташкент. Гос.изд-воузбекской ССР. – 1959 г. – 199 с.
22. Романов, И. Агробиологическая и хозяйственно-технологическая характеристика стандартных сортов винограда Молдавии. Изд-во «Карта молдовеняскэ» / И. Романов, Н. Талда, Г. Караджи. – Кишинев, 1968. – 258 с.
23. Ампелография Азербайджанской ССР. Азерб.гос-ое изд-во. Баку, 1973. – 492 с.
24. Столовые сорта винограда. – Режим доступа: https://razoom.mgutum.ru/pluginfile.php/64164/mod_resource/content.pdf – Дата доступа: 22.06.2022.
25. Навъҳои ангури Тоҷикистон. Б. Гафуров. – 2015. Изд-во «Кохи матлубот». 105 с.
26. Каримзода, Р. Р., Тохиров А. М., Сангинов С. С. Агротехника парвариши навъҳои ангури кишмишу мавишаванда ва технологияи хушконидаи онҳо. Душанбе. «Фархунда М». – 2022г. – 190 с. – С. 91–93.
27. Столовые сорта винограда Узбекистана. – Режим доступа: <https://www.activestudy.info/stoloye-sorta-vinograda-uzbekistana/> – Дата доступа: 7.12.2021 г.
28. Виноградарство Таджикистана / И. Ф. Кириллов [и др.]. – Душанбе: «Ирфон», 1969. – 244 с.
29. Навъҳои ояндадори ангури шимолӣ Тоҷикистон. Бахшт Суғдӣ ба номи В. В.Мичурини иттиҳодияи илмӣ-истеҳсолии «Боғпарвар». Хулянд. – 2001. – 10 с.
30. Кишмишные сорта винограда Узбекистана. Режим доступа: <https://www.activestudy.info/kishmishnye-sorta-vinograda-uzbekistana/> – Дата доступа: 7.12.2021 г.
31. Ганич, В. А. Среднеазиатские сорта винограда как источники для селекции на крупноплодность. / В. А. Ганич, С. И. Красохина // Русский виноград. Том. 10, 2019. С. 7–16 – Режим доступа: www.rusvine.ru/wp-content/uploads/2019/12/том-10-7-16.pdf – Дата доступа: 22.06.2022 г.
33. Трошин, А. П. Виноград. Иллюстрированный каталог. Районированные, перспективные, тиражные сорта / А. П. Трошин, П. П. Радчевский. – Ростов на Дону: Феникс, 2010. – 271 с.
33. Устинов, В. Н. Любительский виноградник: практическое пособие / В. Н. Устинов, А. В. Русовская. – Минск. Лазур-рак. 2014. – 207 с.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

И. П. КОЗЛОВСКАЯ

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: k_irina@tut.by

Е. А. ГОЛОВАТАЯ

УО «Белорусский государственный университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: katerina-golovataya@yandex.ru

(Поступила в редакцию 14.09.2022)

Формирование различных структурных элементов в каждую из фаз роста и развития зерновых культур определяет величину урожая и его качество. Существует тесная взаимосвязь между фазами роста, этапами органогенеза и элементами продуктивности. Одним из основных условий программирования урожая является регистрация вегетативного состояния культуры. Анализ динамики роста и развития зерновых культур базируется на фенологических наблюдениях, при которых фиксируются сроки наступления фаз от посева до уборки урожая, определяется ряд качественных показателей для всесторонней оценки полноценности роста и развития растений. Проведение таких исследований должно осуществляться с использованием высокопроизводительных и точных методов.

Нами разработан и зарегистрирован электронный ресурс «Компьютерное определение площади ассимиляционного аппарата зерновых» (рег. номер 1142229145 от 17.07.2022 г.) Он позволяет определять площадь ассимиляционного аппарата зерновых культур с высокой точностью, выполнять большое количество исследований с минимальными затратами времени. Может быть использован при определении листового индекса, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза, дыхания растений и их транспирации. Применение разработанной нами компьютерной программы существенно упрощает оценку роста и развития зерновых культур в динамике, выявление сопряженности и степени варьирования основных количественных признаков, влияющих на продуктивность зерновых культур при разной плотности ценоза, проведение оценки биологического потенциала растений и их продуктивности.

Ключевые слова: электронный ресурс, компьютерное определение, Java (JRE), изображение растения, ассимиляционный аппарат, зерновые культуры, динамика роста и развития растений, листовой индекс, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза.

The formation of various structural elements in each of the phases of growth and development of grain crops determines the size of the crop and its quality. There is a close relationship between growth phases, stages of organogenesis and productivity elements. One of the main conditions for harvest programming is the registration of the vegetative state of the crop. The analysis of the dynamics of growth and development of grain crops is based on phenological observations, in which the timing of the phases from sowing to harvesting is fixed, a number of quality indicators are determined for a comprehensive assessment of growth and development of plants. Such studies should be carried out using high-performance and accurate methods.

We have developed and registered the electronic resource "Computer determination of the area of the assimilation apparatus of grain crops" (registration number 1142229145 dated July 17, 2022). It allows you to determine the area of the assimilation apparatus of grain crops with high accuracy, to perform a large number of studies with minimal time. It can be used to determine leaf index, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity, plant respiration and transpiration. The use of the computer program developed by us greatly simplifies the assessment of the growth and development of grain crops in dynamics, the identification of conjugation and the degree of variation of the main quantitative traits that make up the productivity of grain crops at different densities of the cenosis, and the assessment of the biological potential of plants and their productivity.

Key words: electronic resource, computer definition, Java (JRE), plant image, assimilation apparatus, grain crops, plant growth and development dynamics, leaf index, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity.

Введение

Стратегия устойчивого обеспечения населения республики Беларусь продовольствием до 2030 года определена Доктриной национальной продовольственной безопасности. В рамках ее реализации зерновые культуры рассматриваются как важнейшая группа возделываемых растений, дающих зерно – основной продукт питания человека, сырьё для многих отраслей промышленности и корма для сельскохозяйственных животных [1].

Мировой опыт растениеводства показывает, что наибольшая биологическая продуктивность зерновых колосовых культур достигается при высокой интенсивности фотосинтеза за счет максимального использования фотосинтетической активной солнечной радиации (ФАР), при сбалансированном питании растений макро- и микроэлементами, благоприятном диапазоне температур и влажности почвы.

В жизненном цикле растения проходят ряд этапов органогенеза. Внешне они проявляются через фенологические фазы – последовательные этапы индивидуального развития, характеризующиеся

четко выраженными внешними морфологическими признаками, связанными с образованием новых органов (листьев, стеблей, соцветий, цветков, плодов) [2].

Формирование различных структурных элементов в каждую из фаз роста и развития растений определяет величину урожая и его качество. Началом фазы считают тот момент, когда в нее вступает не менее 10 % растений, полным наступлением фазы – когда ее достигли 75 % растений в посевах. Так как существует тесная взаимосвязь между фазами роста, этапами органогенеза и элементами продуктивности, регистрация вегетативного состояния культуры является одним из основных условий программирования урожая [3].

Рост и развитие растений, формирование урожая во многом предопределяется способностью растений использовать солнечную энергию для синтеза органического вещества и зависит от количества фотосинтетически активной солнечной радиации. Исходя из современного уровня урожайности, сельскохозяйственные культуры в европейской части усваивают примерно 1 % ФАР [3].

Один из наиболее информативных показателей эффективности использования ФАР растениями – интенсивность фотосинтеза. При этом часть поглощенной энергии в ходе газообмена (фотосинтеза и дыхания) запасается в биомассе. Процессы формирования биомассы, ее количества, качества, энергоемкости обусловлены, прежде всего, совокупностью многочисленных высокоэнергетических процессов фотосинтетической деятельности, совершаемой за счет прихода не только приходящей, но и поглощаемой и используемой лучистой энергии солнца [4].

Оценка динамики роста и развития зерновых культур базируется на фенологических наблюдениях, при которых фиксируются сроки наступления фаз от посева до уборки урожая, определяется ряд качественных показателей, которые дают возможность оценить полноценность роста и развития растений.

Важнейшим качественным показателем, характеризующим физиологическое состояние растений, активность ростовых процессов, является чистая продуктивность фотосинтеза – прирост сухой массы растений в граммах за определенное время (сутки), отнесенный к единице площади листовой поверхности. Ее учитывают путем периодического отбора проб растений, у которых определяют общую массу, массу отдельных органов и площадь листьев [5, 6].

Помимо этого, при изучении дыхания растений и их транспирации получаемые величины рассчитывают на единицу листовой поверхности, что влечет необходимость ее многократного измерения во время вегетации растений.

У зерновых колосовых культур фотосинтезирующими органами, наряду с листьями, являются стебель и колос (на тех этапах онтогенеза, когда он содержит хлорофилл). Поэтому для получения объективной информации о фотосинтетических процессах у зерновых культур необходимо определение площади всего ассимиляционного аппарата растений.

Основная часть

Для определения площади листового аппарата традиционно используют несколько методов, каждый из которых имеет существенные недостатки.

Метод нанесения контуров листьев на миллиметровую бумагу – метод точен, но очень продолжителен по времени. На определение площади одного листа тратится от 10 до 15 минут. При таких темпах работ часть анализируемого материала неизбежно теряет тургор, что не позволяет получить сопоставимые результаты и существенно снижает точность.

Метод промеров основан на том, что из каждой пробы методом случайной выборки выбирают по 10 зеленых листьев, взвешивают их и определяют площадь методом линейных измерений по длине (Д) и наибольшей ширине (Ш). Данный метод подходит для зерновых и других культур с линейной формой листьев, точность определения низкая.

Метод определения площади листа по его параметрам основан на сопоставлении фигуры листа с некоторой простой геометрической фигурой, достаточно хорошо совпадающей с конфигурацией данного листа.

Метод высечек. Это наиболее доступный и продуктивный метод, особенно ценный в полевых опытах. Суть его в следующем. Отбирают среднюю пробу растений, быстро срезают листья и определяют их массу. Затем из каждого листа выбивают сверлом определенного диаметра несколько высечек, объединяют вместе и устанавливают их массу. Диаметр сверла выбирают в зависимости от размеров листовой пластинки и ее поверхностной плотности.

Планиметрический метод. Средний образец пробы листьев взвешивают и раскладывают на движущейся ленте электронного прибора – планиметра. Прибор определяет площадь листьев в санти-

метрах квадратных. Этот метод позволяет измерить достаточно быстро и точно площадь листьев, однако планиметры не получили широкого распространения из-за специфичности их использования.

Метод сканирования с использованием специальных графических редакторов. Этим методом можно определить площадь листьев растений без погрешности на их увядание, но для работы требуется специальное оборудование [7, 8].

Таким образом, методики, традиционно используемые для определения площади листовой поверхности, являются, как правило, довольно громоздкими, требуют значительных затрат времени, специального оборудования, и не дают необходимой точности.

Если учесть, что для всесторонней оценки роста и развития зерновых культур необходимо проводить исследования в течение всего вегетационного периода, и при большом объеме исследований требуется скорость и высокая точность, существующие методы не отвечают таким требованиям.

К современным точным и высокопроизводительным способам следует отнести метод определения площади листового аппарата растений [9], который адаптирован для работы с листовым салатом и другими культурами, имеющими сложную форму листа.

Учитывая несомненную научную и практическую ценность определения площади ассимиляционного аппарата зерновых культур, очевидна необходимость разработки простого и производительного метода определения этого показателя.

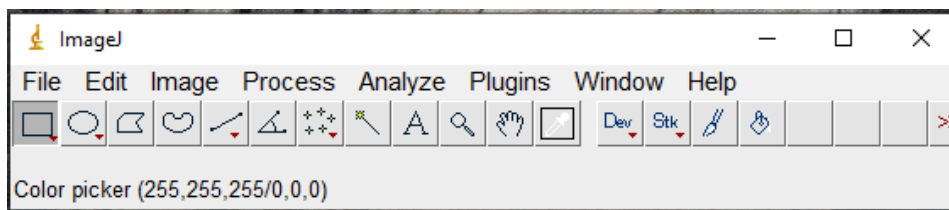
Разработанное нами программное приложение сочетает в себе положительные стороны каждого из вышеперечисленных методов.

Для работы приложения необходимо, чтобы на компьютере была установлена среда выполнения Java (JRE). Скачать установочный файл можно здесь: <https://www.java.com/en/download/manual.jsp> (для Windows).

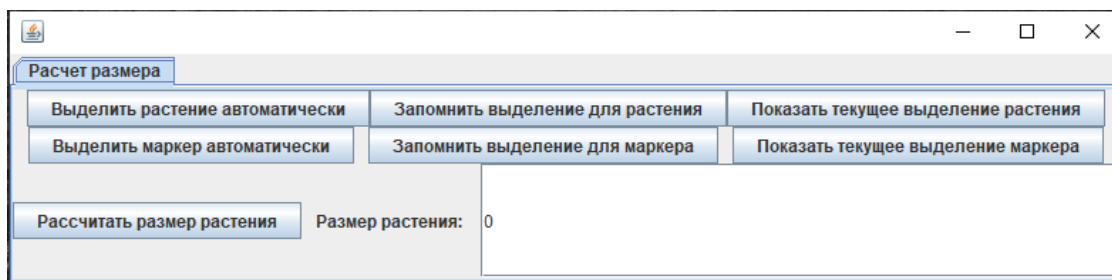
	Windows Online filesize: 2.15 MB	Instructions	After installing Java, you may need to restart your browser in order to enable Java in your browser.
	Windows Offline filesize: 72.39 MB	Instructions	
	Windows Offline (64-bit) filesize: 83.03 MB	Instructions	
If you use 32-bit and 64-bit browsers interchangeably, you will need to install both 32-bit and 64-bit Java in order to have the Java plug-in			

Папку «imagej-leaf-size» нужно извлечь из архива, зайти в нее и затем запустить ImageJ.exe.

При первом запуске программы необходимо указать, где в системе находится файл javaw.exe. Обычно он находится по пути: «C:\Program Files\Java\jre-X.X.X\bin». После успешного запуска откроется 2 окна: основная панель программы и плагин для определения размера (рис. 1).



а)

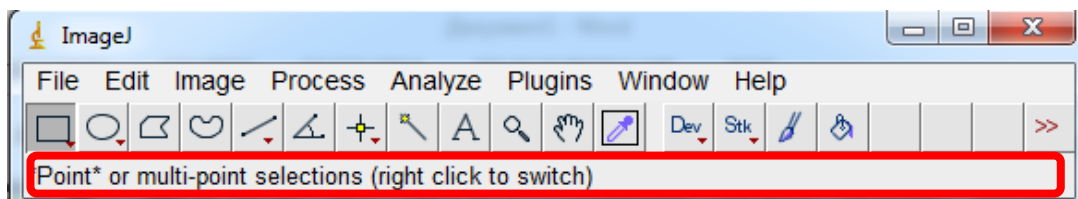


б)

Рис. 1. Интерфейс: а) основная панель, б) плагин для определения размера

Затем необходимо открыть изображение растения, которое получают с помощью фотокамеры мобильного телефона. Открыть изображение в программе можно двумя способами:

1) Перетащить изображение мышкой на свободное место под кнопками (выделено красным цветом).

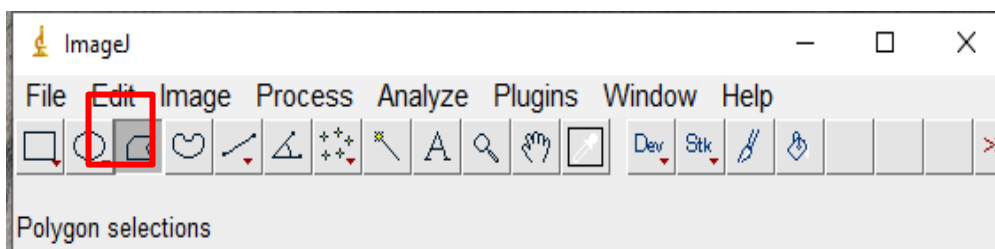


2) В главном меню выбрать File->Open->выбираете нужное изображение.

После открытия изображения можно применять к нему различные эффекты из основного меню, а также использовать возможности плагина. Плагин работает только с фотографиями листа на белом фоне с красным маркером.

Чтобы обозначить контур растения, необходимо использовать кнопку «Выделить растение автоматически».

Если выделение неправильно отработало, можно выбрать на основной панели инструмент «Polygon selections». После выбора данного инструмента выделить контур вручную проведением отдельных коротких отрезков.



Затем целесообразно воспользоваться кнопкой «Запомнить выделение для растения». В дальнейшем можно просмотреть сохраненный результат, нажав на кнопку «Показать текущее выделение растения». Пример выделения растения:

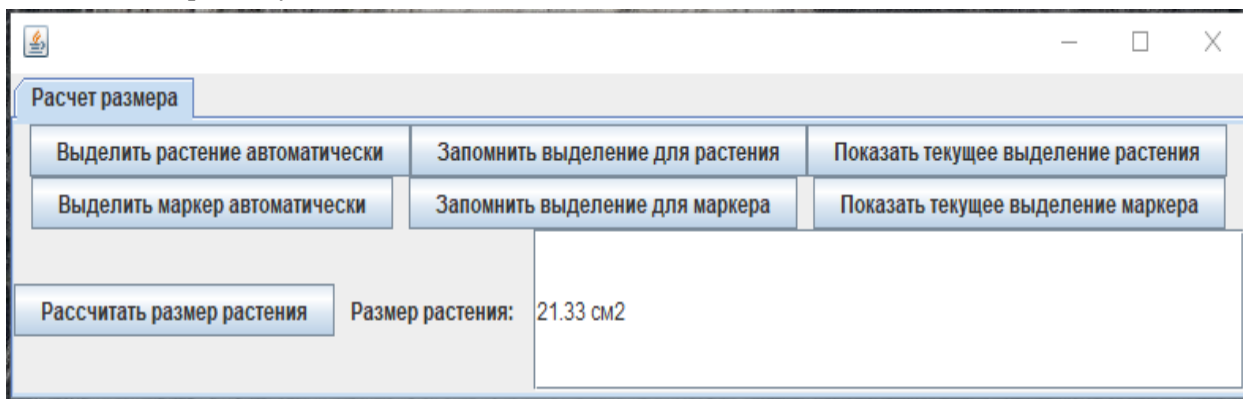


Выделение маркера происходит аналогичным образом. Для осуществления выделения необходимо нажать кнопку «Выделить маркер автоматически», для сохранения результата – «Запомнить выделение для маркера», для просмотра – «Показать текущее выделение маркера». При необходимости можно воспользоваться инструментами с основной панели.

Пример выделения маркера:



Для расчета размера растения необходимо воспользоваться кнопкой «Расчитать размер растения». В поле правее будет выведено числовое значение в см².



Заключение

Электронный ресурс «Компьютерное определение площади ассимиляционного аппарата зерновых» (рег. номер 1142229145 от 17.07.2022 г.) позволяет определить площадь ассимиляционного аппарата зерновых культур с высокой точностью, выполнить большое количество исследований с минимальными затратами времени. Может быть использован при определении листового индекса, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза, дыхания растений и их транспирации. Позволит оценить рост и развитие зерновых культур в динамике, выявить сопряжённость и степень варьирования основных количественных признаков, слагающих продуктивность зерновых культур при разной плотности ценоза, провести оценку биологического потенциала растений и их продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доктрина национальной продовольственной безопасности Беларуси до 2030 года: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 декабря 2017 г., №962 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017. – № 5/44566.

2. Сайдышева, Г. В. Последствие органических и нетрадиционных удобрений на динамику изменения ассимиляционной поверхности листьев и формирование урожайности яровой пшеницы / Г. В. Сайдышева. // Молодой ученый. – 2012. – № 8 (43). – С. 410–413. – URL: <https://moluch.ru/archive/43/5253/> – Дата обращения: 17.08.2022.
3. Стадии развития зерновых культур (код BBCH) // [Электронный ресурс] / Код доступа: <https://www.cropscience.bayer.ru/stadii-razvitiia-ziernovykh-kul-tur-kod-bbch/> – Дата обращения: 18.08.2022.
4. Влияние света на рост растений и эффективность удобрений // [Электронный ресурс] / Код доступа: <https://agroarchive.ru/sistema-udobreniya/881-vliyanie-sveta-na-rost-rasteniy-i-effektivnost-udobreniy.html> / – Дата обращения: 18.08.2022.
5. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков / Моргун В. В. [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2010. – Т. 42. – № 5. – С. 371–392.
6. Полуэктов, Р. А. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур / Р. А. Полуэктов, Э. И. Смоляр, В. В. Терлеев, А. Г. Топаж. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. – 396 с.
7. Зависимость продуктивности фотосинтеза от внутренних факторов // [Электронный ресурс] /Код доступа: https://studme.org/399304/agropromyshlennost/zavisimost_produkktivnosti_fotosinteza_vnutrennih_faktorov / – Дата обращения: 18.08.2022.
8. Определение площади листьев. Справочник химика 21 // [Электронный ресурс] / Код доступа: <https://www.chem21.info/info/1900455/> – Дата обращения: 18.08.2022.
9. Козловская, И. П. Определение площади листового аппарата растений / И. П. Козловская, Е. А. Головатая, Е. А. Сакова // Электронный регистр: рег. номер N 1271712977 от 21.09.2017 г.

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА И КИСЛОТНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ РАЗНОЙ ЭРОДИРОВАННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВОГО СЕВОБОРОТА

Н. Н. ЦЫБУЛЬКО, И. А. ЛОГАЧЕВ, В. Б. ЦЫРИБКО, А. М. УСТИНОВА

Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь, 220108, e-mail: nik.nik1966@tut.by; ia_logachev@list.ru;
m029@yandex.by; brissa_erosion@mail.ru

(Поступила в редакцию 14.09.2022)

В полевых опытах изучено влияние известкования и применения органических удобрений на агрохимические показатели дерново-подзолистых почв разной эродированности и продуктивности зернового севооборота. Установлено, что за пятилетнюю ротацию зернового севооборота при применении минеральной системы удобрения содержание гумуса в незэродированной и эродированных почвах уменьшается на 0,04–0,11 %. Органоминеральная система удобрения с внесением под вторую и четвертую культуры севооборота органических удобрений в дозах по 40 т/га способствует существенному повышению обеспеченности почв гумусом. В конце ротации пятилетнего севооборота без проведения известкования почв степень кислотности их значительно возрастает. известкование почв под вторую и четвертую культуры в севообороте увеличивает pH_{KCl} с переходом из одной группы кислотности в другую.

Известкование почв под две культуры севооборота на фоне NPK не обеспечивает значительного увеличения его продуктивности. Применение под две культуры севооборота органических удобрений в дозах по 40 т/га способствует существенному повышению общей продуктивности севооборота – на 5,9–6,5 ц/га зерновых единиц в зависимости от эродированности почвы. Наиболее эффективной системой удобрения в севообороте является органоминеральная система с известкованием, которая обеспечивает на почвах разной степени эродированности прибавки 7,0–9,5 ц/га зерновых единиц, а в среднем по почвенно-эрозионной катене – 8,2 ц/га зерновых единиц.

Ключевые слова: эродированные почвы, система удобрения, известкование, органические удобрения, минеральные удобрения, севооборот, продуктивность.

In field experiments, the effect of liming and the use of organic fertilizers on the agrochemical parameters of soddy-podzolic soils of different erodedness and the productivity of grain crop rotation was studied. It has been established that over a five-year rotation of the grain crop rotation with the use of a mineral fertilizer system, the humus content in non-eroded and eroded soils decreases by 0.04–0.11 %. The organomineral fertilizer system with the introduction of organic fertilizers under the second and fourth crops of the crop rotation in doses of 40 t/ha contributes to a significant increase in the provision of soils with humus. At the end of a five-year crop rotation without liming the soils, their degree of acidity increases significantly. Liming soils for the second and fourth crops in the crop rotation increases pH_{KCl} with the transition from one acidity group to another.

Liming of soils for two crops of crop rotation against the background of NPK does not provide a significant increase in its productivity. The use of organic fertilizers for two crops of crop rotation in doses of 40 t/ha contributes to a significant increase in the overall productivity of the crop rotation – by 0.59–0.65 t/ha of grain units, depending on soil erosion. The most effective fertilizer system in crop rotation is the organomineral system with liming, which provides an increase of 0.70–0.95 t/ha of grain units on soils of varying degrees of erosion, and an average of 0.82 t/ha of grain units on soil erosion catena.

Key words: eroded soils, fertilization system, liming, organic fertilizers, mineral fertilizers, crop rotation, productivity.

Введение

На территории Беларуси эрозия почв – один из основных факторов их деградации, что вызвано как природными условиями, так и антропогенным воздействием – распространением склонового рельефа и высокой распаханностью сельскохозяйственных земель. Водно-эрозионные процессы вызываются талыми и ливневыми водами и проявляются на склонах в виде смыва верхней части почвенного покрова (плоскостная и струйчатая эрозия) или в виде размыва в глубину (линейная эрозия). Водная эрозия преобладает в северной и центральной частях республики (Витебская область – 9,9 % от общей площади пахотных земель, Могилевская – 8,9 %, Минская – 8,6 %, Гродненская – 8,1 %) [1, 2].

Эрозия приводит к разрушению верхнего, наиболее плодородного гумусового слоя и формированию почв разной степени смытости с ухудшенными агрохимическими показателями. Изменения агрохимических свойств смытых почв связаны с выносом тех или иных элементов питания, а также припахиванием нижних горизонтов в связи со смывом почв.

Смытые почвы существенно отличаются от полнопрофильных прежде всего уменьшенными запасами и содержанием гумуса, что больше всего ухудшает их плодородие. Снижение запасов гумуса обуславливается уменьшением его содержания и мощности гумусового горизонта, а также приближением к поверхности менее гумусированных горизонтов почвы.

Различия в кислотности (pH_{KCl}) как несмытых, так и в разной степени смытых почв связаны с влиянием особенностей почвообразующих пород и их гранулометрического состава, то есть реакция почвенного раствора эродированных почв определяется теми породами, на которых они сформировались, и глубиной их выщелачивания. Поэтому по градации кислотности разные по смытости почвы могут входить в одну группу с несмытыми почвами [1].

Потери гумуса и элементов питания, ухудшение агрофизических, биологических и агрохимических свойств отрицательно сказывается на производительной способности почв и урожайности воз-

делываемых на них сельскохозяйственных культур. В наибольшей степени реагируют на эродированность почвы пропашные культуры, урожайность которых снижается на слабосмытых почвах на 20 %, на среднесмытых – на 40 и на сильносмытых почвах – на 60 %. Недоборы урожая зерновых и зернобобовых культур на слабоэродированных почвах в среднем составляют 12 %, на среднеэродированных – 28 и на сильноэродированных почвах – 40 %. Продуктивность многолетних трав может уменьшаться в зависимости от эродированности почвы на 5–30 % [3, 4].

Основная часть

Исследования проводили в 2018–2021 годах в полевом опыте на стационаре «Стоковые площадки» Института почвоведения и агрохимии, расположенном в ОАО «Щомыслица» Минского района. Стационар заложен по геоморфологическому профилю (катене) от водораздельной равнины до нижней части склона. Склон южной экспозиции крутизной 5–7°.

Объектом исследований являлись в разной степени эродированные дерново-палево-подзолистые почвы, сформированные на лессовидных суглинках. На водораздельной равнине расположена неэродированная почва, в верхней части склона – среднеэродированная почва, в средней части склона – сильноэродированная почва.

Средние значения основных агрохимических показателей, исследуемых дерново-подзолистых легкосуглинистых почв разной степени эродированности перед закладной опыта следующие: неэродированная: рН_{KCl} – 5,61, гумус – 2,13 %, P₂O₅ – 231 мг/кг почвы, K₂O – 238 мг/кг почвы; среднеэродированная: рН_{KCl} – 5,57, гумус – 1,93 %, P₂O₅ – 250 мг/кг почвы, K₂O – 229 мг/кг почвы; сильноэродированная: рН_{KCl} – 5,54, гумус – 1,40 %, P₂O₅ – 221 мг/кг почвы, K₂O – 203 мг/кг почвы.

Исследования проводили в зерновом севообороте: озимая пшеница (2017 г.) – овес (2018 г.) – яровой рапс (2019 г.) – яровая пшеница (2020 г.) – озимая рожь (2021 г.). Стоит отметить, что в 2017 г. озимая пшеница использовалась как уравнильный посев, поэтому отбор образцов на урожайность по всем вариантам опыта не проводился.

Схема опыта включала следующие варианты систем удобрения и известкования почв:

1 – минеральная (минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур);

2 – минеральная + известкование (минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур, а также 6,5 т/га доломитовой муки с осени под овес и яровую пшеницу);

3 – органоминеральная (подстилочный навоз 40 т/га с осени под овес и яровую пшеницу, минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур);

4 – органоминеральная + известкование (подстилочный навоз 40 т/га с осени под овес и яровую пшеницу, минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур, а также 6,5 т/га доломитовой муки с осени под овес и яровую пшеницу).

Перед закладной полевой опыт (2017 г.) неэродированная почва характеризовалась повышенным содержанием гумуса (2,13 %), среднеэродированная почва – средним содержанием (1,93) и сильноэродированная почва – низким содержанием (1,40 %). За пятилетний зерновой севооборот на минеральной (NPK) системе удобрения содержание его снизилось на неэродированной почве до 1,92–1,93 % (на 0,08–0,11 %), на среднеэродированной почве – до 1,86–1,89 % (на 0,04–0,07 %), на сильноэродированной почве – до 1,32–1,33 % (на 0,07–0,08 %) (табл. 1).

Таблица 1. Влияние органических удобрений и известкования на содержание гумуса и степень кислотности дерново-подзолистых почв разной степени эродированности

Система удобрения	Содержание гумуса, %		рН _{KCl}	
	2017 г.	2021 г.	2017 г.	2021 г.
Неэродированная почва				
Минеральная	2,13	2,02	5,61	5,05
Минеральная + известкование	2,13	2,05	5,62	6,21
Органоминеральная	2,13	2,22	5,62	5,10
Органоминеральная + известкование	2,13	2,24	5,60	6,19
Среднеэродированная почва				
Минеральная	1,93	1,86	5,57	5,18
Минеральная + известкование	1,93	1,89	5,55	6,22
Органоминеральная	1,93	2,00	5,59	5,13
Органоминеральная + известкование	1,93	2,00	5,56	6,20
Сильноэродированная почва				
Минеральная	1,40	1,33	5,55	5,01
Минеральная + известкование	1,40	1,32	5,56	6,18
Органоминеральная	1,40	1,50	5,54	5,16
Органоминеральная + известкование	1,40	1,51	5,53	6,21

На органоминеральной системе удобрения, где под вторую и четвертую культуры севооборота применяли по 40 т/га органических удобрений, наоборот наблюдалось увеличение обеспеченности почв гумусом. На незэродированной почве содержание его увеличилось до 2,22–2,24 % (на 0,09–0,11 %), на среднеэродированной почве – до 2,00 % (на 0,7 %) и на сильноэродированной почве – до 1,55–1,57 % (на 0,09–0,10 %).

Перед закладной полевого опыта (2017 г.) как незэродированная, так и эродированные почвы по степени кислотности характеризовались слабокислой реакцией с pH_{KCl} – 5,53–5,62. За пятилетнюю ротацию севооборота в вариантах, где не проводилось известкование почв pH_{KCl} их снизилась до 5,01–5,16, что соответствует кислой реакции по принятой градации [5]. В вариантах, где проводили известкование под вторую и четвертую культуры в севообороте наблюдалось снижение степени кислотности. Реакция почвенной среды характеризовалась как близкая к нейтральной – pH_{KCl} 6,18–6,22.

В наших исследованиях из возделываемых культур наибольшую продуктивность обеспечила озимая рожь, которая колебалась в зависимости от эродированности почв и систем удобрения от 52,1 до 75,6 ц/га зерна. У яровой пшеницы и овса урожайность была несколько ниже и составила соответственно 45,5–57,5 ц/га и 30,5–46,3 ц/га. Урожайность ярового рапса колебалась от 16,5 до 24,3 ц/га масло-семян (табл. 2).

Таблица 2. Влияние органических удобрений и известкования на продуктивность культур севооборота

Система удобрения	Овес		Яровой рапс		Яровая пшеница		Озимая рожь	
	*1	2	1	2	1	2	1	2
Незэродированная почва								
Минеральная	35,8	–	19,3	–	49,6	–	65,9	–
Минеральная + известкование	43,2	7,4	19,5	0,2	50,2	0,6	66,1	0,2
Органоминеральная	44,2	8,4	23,2	3,9	53,6	4,0	75,6	9,7
Органоминеральная + известкование	46,3	10,5	24,3	5,0	57,5	7,9	75,5	9,6
Среднеэродированная почва								
Минеральная	33,6	–	17,0	–	48,3	–	62,9	–
Минеральная + известкование	40,3	6,7	17,7	0,7	48,7	0,4	63,6	0,7
Органоминеральная	40,2	6,6	20,8	3,8	53,5	5,2	70,7	7,8
Органоминеральная + известкование	44,2	10,6	21,8	4,8	53,7	5,4	70,6	7,7
Сильноэродированная почва								
Минеральная	30,5	–	16,5	–	45,5	–	52,1	–
Минеральная + известкование	35,6	5,1	17,1	0,6	48,3	2,8	53,4	1,3
Органоминеральная	35,9	5,4	19,2	2,7	52,9	7,4	62,6	10,5
Органоминеральная + известкование	38,2	7,7	21,2	4,7	53,0	7,5	69,9	17,8
<i>HCP₀₅</i>								
Фактор А (система удобрений)	2,71		2,80		2,29		7,15	
Фактор Б (эродированность)	2,35		2,43		1,98		6,20	

*Примечание: 1 – Урожайность в ц/га зерна, масло-семян, 2 – Прибавка к минеральной системе удобрения.

Урожайность овса на незэродированной почве сформирована в зависимости от систем удобрения от 35,8 до 46,3 ц/га зерна. Снижение ее на среднеэродированной почве колебалось от 2,1 до 4,0 ц/га, на сильноэродированной почве – от 5,3 до 12,6 ц/га.

Применение под овес доломитовой муки в дозе 6,5 т/га на фоне минеральной (NPK) обеспечило прибавку зерна на незэродированной, средне- и сильноэродированной почвах соответственно 7,4, 6,7 и 5,1 ц/га. Органоминеральная система удобрения (внесение под овес 40 т/га навоза) дала прибавки к минеральной системе удобрения 8,4, 6,6 и 5,4 ц/га, соответственно. Наиболее высокая продуктивность овса получена при внесении органических и минеральных удобрений и известковании почв, которая составила на незэродированной, средне- и сильноэродированной почвах соответственно 46,3, 44,2 и 38,2 ц/га, а прибавки к минеральной системе удобрения – 10,5, 10,6 и 7,7 ц/га.

Яровой рапс сформировал урожайность на незэродированной почве по вариантам опыта от 19,3 до 24,3 ц/га масло-семян. На средне- и сильноэродированной почве она была ниже соответственно на 1,8–2,5 и 2,4–6,0 ц/га.

Прибавки урожайности масло-семян ярового рапса от последствия внесения доломитовой муки были незначительными – 0,2–0,6 ц/га, а от последствия органических удобрений составили 2,7–3,9 ц/га. На органоминеральной системе удобрения с известкованием почв дополнительно получено на незэродированной, средне- и сильноэродированной почвах соответственно 5,0, 4,8 и 4,7 ц/га масло-семян.

Урожайность яровой пшеницы на незэродированной почве колебалась по вариантам систем удобрения от 49,6 до 57,5 ц/га зерна. Снижение ее на среднеэродированной почве изменялось от 0,1 до 4,4 ц/га, на сильноэродированной почве – от 0,7 до 4,5 ц/га.

Применение под яровую пшеницу доломитовой муки в дозе 6,5 т/га на фоне минеральной (NPK) было малоэффективным – прибавки зерна на незэродированной, средне- и сильноэродированной почвах составили соответственно 0,6, 0,4 и 2,8 ц/га. Это объясняется тем, что известкование проводилось под ранее возделываемую в севообороте культуру (овес). Органоминеральная система удобрения (внесение под овес 40 т/га навоза) дала прибавки к минеральной системе удобрения 4,0, 5,2 и 7,4 ц/га соответственно на незэродированной, средне- и сильноэродированной почвах. Близкие прибавки зерна получены при внесении органических и минеральных удобрений и известковании почв, которые составили 5,4–7,5 ц/га.

Озимая рожь сформировала урожайность на незэродированной почве по вариантам опыта от 65,9 до 75,5 ц/га зерна, на средне- и сильноэродированной почвах соответственно от 62,9 до 70,6 и от 52,1 до 69,9 ц/га.

Прибавки урожайности от последействия известкования почв были незначительными – 0,2–1,3 ц/га, а от последействия органических удобрений они составили на незэродированной, средне- и сильноэродированной почвах соответственно 9,7, 7,8 и 10,5 ц/га. На органоминеральной системе удобрения с известкованием почв прибавки на незэродированной и среднеэродированной почвах были такими же, как и на органической системе удобрения, а на сильноэродированной почве она составила 17,8 ц/га зерна.

С целью общей оценки продуктивности зернового севооборота в зависимости от применяемых в нем систем удобрения на почвах разной степени эродированности фактическая урожайность возделываемых культур (озимая рожь, яровая пшеница, овес, яровой рапс) переведена в зерновые единицы. Коэффициенты перевода зерна озимой ржи и яровой пшеницы приняты за 1,00, овса – 0,80, ярового рапса – 1,36 [5].

За ротацию севооборота продуктивность его на почве, не подверженной эрозии, составила в зависимости от применяемой системы удобрения от 42,6 до 50,8 ц/га зерновых единиц. На среднеэродированной почве снижение урожайности колебалось в пределах 2,2–3,5 ц/га зерновых единиц или на 5–7 %. На сильноэродированной почве она была ниже на 5,2–6,5 ц/га зерновых единиц или на 10–15 %. В среднем по почвенно-эрозионной катене продуктивность севооборота составила от 39,7 до 47,9 ц/га зерновых единиц (табл. 3).

Таблица 3. Влияние органических удобрений и известкования на продуктивность севооборота

Система удобрения	Урожайность в среднем за севооборот, ц/га зерновых единиц	Снижение урожайности на эродированных почвах, ц/га зерн. ед.	Прибавка урожайности к минеральной системе удобрения, ц/га зерн. ед.
Незэродированная почва			
Минеральная	42,6	–	–
Минеральная + известкование	44,4	–	1,8
Органоминеральная	49,1	–	6,5
Органоминеральная + известкование	50,8	–	8,2
Среднеэродированная почва			
Минеральная	40,3	2,3	–
Минеральная + известкование	42,2	2,2	1,9
Органоминеральная	46,2	2,9	5,9
Органоминеральная + известкование	47,3	3,5	7,0
Сильноэродированная почва			
Минеральная	36,1	6,5	–
Минеральная + известкование	38,4	6,0	2,3
Органоминеральная	42,6	6,5	6,5
Органоминеральная + известкование	45,6	5,2	9,5
В среднем по почвенно-эрозионной катене			
Минеральная	39,7	–	–
Минеральная + известкование	41,7	–	2,0
Органоминеральная	46,0	–	6,3
Органоминеральная + известкование	47,9	–	8,2

На минеральной (NPK) системе удобрения общая продуктивность севооборота составляла на почве, не подверженной эрозии, 42,6 ц/га зерновых единиц, на среднеэродированной почве – 40,3, на сильноэродированной почве – 36,1, и в среднем по почвенно-эрозионной катене – 39,7 ц/га зерновых единиц.

В варианте с известкованием почв под две культуры севооборота на фоне NPK прибавка урожайности в целом была незначительной – на незэродированной почве 1,8 ц/га зерновых единиц, на

среднеэродированной почве – 1,9, на сильноэродированной почве – 2,3 и в среднем по катене – 2,0 ц/га зерновых единиц.

Применение под две культуры севооборота органических удобрений в дозах по 40 т/га обеспечило существенное повышение общей продуктивности севооборота. Прибавка к минеральной системе удобрения составила на неэродированной почве 6,5 ц/га зерновых единиц, на среднеэродированной почве – 5,9 и на сильноэродированной почве – 6,5 ц/га зерновых единиц. В среднем по почвенно-эрозионной катене получено дополнительно 6,3 ц/га зерновых единиц.

Наиболее эффективной системой удобрения в севообороте была органоминеральная система с известкованием, которая обеспечила на почвах разной степени эродированности прибавки 7,0–9,5 ц/га зерновых единиц, а в среднем по почвенно-эрозионной катене – 8,2 ц/га зерновых единиц.

Заключение

За пятилетнюю ротацию зернового севооборота при применении минеральной системы удобрения содержание гумуса в неэродированной и эродированных почвах уменьшается на 0,04–0,11 %. Органоминеральная система удобрения с внесением под вторую и четвертую культуры севооборота органических удобрений в дозах по 40 т/га способствует существенному повышению обеспеченности почв гумусом.

В конце ротации пятилетнего севооборота без проведения известкования почв степень кислотности их значительно возрастает. Известкование почв под вторую и четвертую культуры в севообороте увеличивает $pH_{КС1}$ с переходом из одной группы кислотности в другую.

Известкование почв под две культуры севооборота на фоне НРК не обеспечивает значительного увеличения его продуктивности. Применение под две культуры севооборота органических удобрений в дозах по 40 т/га способствует существенному повышению общей продуктивности севооборота – на 5,9–6,5 ц/га зерновых единиц в зависимости от эродированности почвы. Наиболее эффективной системой удобрения в севообороте является органоминеральная система с известкованием, которая обеспечивает на почвах разной степени эродированности прибавки 7,0–9,5 ц/га зерновых единиц, а в среднем по почвенно-эрозионной катене – 8,2 ц/га зерновых единиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цыбулько, Н. Н. Эрозионная деградация почвенного покрова Беларуси / Н. Н. Цыбулько // Природные ресурсы. – 2006. – № 3. – С. 23–32.
2. Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; под общ. ред. В. В. Лапа, А. Ф. Черныша; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 170 с.
3. Цыбулько, Н. Н. Производительная способность почв, в разной степени подверженных эрозионной деградации / Н. Н. Цыбулько // Аграрная экономика. – 2018. – № 8. – С. 31–37.
4. Влияние эродированности дерново-подзолистых почв на продуктивность сельскохозяйственных культур (результаты длительных полевых опытов) / Н. Н. Цыбулько [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 2 (67). – С. 7–17.
5. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ КОМПЛЕКСА ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ПИГМЕНТОВ МИКРОЗЕЛЕНИ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ И ГОРОХА ОВОЩНОГО

А. М. ПАШКЕВИЧ, А. И. ЧАЙКОВСКИЙ

РНИДПУ «Институт плодородства»,
аг. Самохваловичи, Республика Беларусь, 223013

Ж. А. РУПАСОВА, В. С. ЗАДАЛЯ, Л. В. ГОНЧАРОВА, 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

(Поступила в редакцию 19.09.2022)

За последние годы во всем мире наблюдается устойчивое повышение интереса общества к здоровым и сбалансированным продуктам питания. Микрозелень капусты белокочанной и гороха овощного в этом отношении является источником широкого спектра полезных веществ и отличается более высоким их содержанием, по сравнению с аналогичными товарными овощами. Вместе с тем информация о технологических аспектах выращивания, к которым, в первую очередь, относятся интенсивность освещения, об их связи с хлорофиллами *a* и *b*, β -каротином и ксантофиллами микрозелени промышленных сортов и гибридов овощных культур недостаточна. По этой причине особую актуальность обретает выявление оптимальной интенсивности светодиодного освещения в культуре микрозелени капусты белокочанной и гороха овощного, обеспечивающей наиболее высокое накопление комплекса фотосинтезирующих пигментов и определяющих вкусовые качества данной продукции. Приведены результаты исследования влияния интенсивности светодиодного освещения (50, 100, 150, 200 и 250 мкм/м² сек) на содержание в образцах микрозелени капусты белокочанной и гороха овощного хлорофиллов *a* и *b*, β -каротина и ксантофиллов. Установлено, что наиболее насыщенным фондом фотосинтезирующих пигментов в рамках эксперимента характеризовались образцы микрозелени капусты при интенсивности светодиодного освещения 100 и особенно 50 мкм/м²сек, тогда как наиболее обедненным – при 250 и особенно при 150 мкм/м²сек. В отличие от микрозелени капусты, наиболее насыщенным фондом фотосинтезирующих пигментов характеризовались образцы микрозелени гороха при интенсивности светодиодного освещения 150 и в большей степени 100 мкм/м²сек, тогда как наиболее обедненным – при 50 и особенно при 200 мкм/м²сек, выбранной в качестве контроля.

Ключевые слова: микрозелень, белокочанная капуста, горох овощной, фотосинтезирующие пигменты, хлорофиллы, каротиноиды, интенсивность освещения, светодиоды.

In recent years, there has been a steady increase in public interest in healthy and balanced foods around the world. Microgreens of white cabbage and vegetable peas in this respect are a source of a wide range of useful substances and are distinguished by their higher content compared to similar commercial vegetables. At the same time, information on the technological aspects of cultivation, which primarily includes the intensity of illumination, on their relationship with chlorophylls *a* and *b*, β -carotene and xanthophylls of microgreens of industrial varieties and hybrids of vegetable crops, is insufficient. For this reason, the identification of the optimal intensity of LED lighting in the culture of microgreen cabbage and vegetable peas, which provides the highest accumulation of a complex of photosynthetic pigments and determines the taste of these products, is of particular relevance. The results of studying the effect of LED illumination intensity (50, 100, 150, 200 and 250 $\mu\text{m}^2/\text{sec}$) on the content of chlorophylls *a* and *b*, β -carotene and xanthophylls in microgreen samples of white cabbage and vegetable peas are presented. It was found that the most saturated stock of photosynthetic pigments in the experiment was present in samples of cabbage microgreens at an LED illumination intensity of 100 and especially 50 $\mu\text{m}^2/\text{s}$, while the most depleted at 250 and especially at 150 $\mu\text{m}^2/\text{s}$. In contrast to cabbage microgreens, samples of pea microgreens were characterized by the most saturated fund of photosynthetic pigments at an LED illumination intensity of 150 and, to a greater extent, 100 $\mu\text{m}^2/\text{s}$, while the most depleted was at 50 and especially at 200 $\mu\text{m}^2/\text{s}$, which was chosen as a control.

Key words: microgreens, white cabbage, vegetable peas, photosynthetic pigments, chlorophylls, carotenoids, light intensity, LEDs.

Введение

В связи со значительным увеличением в последние годы спроса у населения республики на продукцию микрозелени овощных культур, в том числе капусты белокочанной и гороха овощного, как источника широкого спектра полезных веществ, особую актуальность обретает совершенствование технологии ее производства, направленное на улучшение производственных и качественных показателей. Общеизвестно, что важнейшую роль при выращивании микрозелени в контролируемых условиях защищенного грунта играет световой режим, одной из основных характеристик которого является плотность потока фотонов, определяющая интенсивность излучения [1]. При этом ответная реакция растительного организма при адаптации к условиям световой среды проявляется не только в изменениях морфофизиологических показателей, но и в перестройке его светособирающего комплекса [2], находящей свое отражение в соответствующей трансформации фонда фотосинтезирующих пигментов.

тов ассимилирующих органов. С целью установления влияния интенсивности светодиодного освещения на его основные характеристики, в образцах микрозелени капусты белокочанной и гороха овощного в 2022 г. в РУП «Институт овощеводства» были проведены производственные эксперименты с использованием ряда режимов светодиодного освещения при выращивании данной продукции.

Основная часть

Исследования выполнены в условиях светокультуры с использованием светодиода (FLORA LED 300/2/4 производства РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси») при интенсивности освещения 50, 100, 150, 200 и 250 мкм/м² сек (мкм/ м² сек). В качестве контроля было принято значение интенсивности освещения, равное 200 мкм/м² сек, рекомендуемое Институтом Гипронисельпром Министерства сельского хозяйства РФ в качестве оптимального для зеленых и рассады ряда овощных культур.

Исследование пигментного фонда микрозелени капусты белокочанной на примере гибрида *Аватар F1* осуществляли в лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси с использованием следующих методов. В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание фотосинтезирующих пигментов – хлорофиллов *a* и *b* по методу Т. Н. Годнева [3, 4], β -каротина и суммы каротиноидов – по ГОСТ 8756.22-80 [5]; сухих веществ – по ГОСТ 31640-2012 [6]. Все измерения и определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований с использованием программы *Microsoft Office Excel 2007*.

Повариантный анализ состояния пигментного фонда пластид микрозелени капусты белокочанной, результаты которого приведены в табл. 1, показали, что суммарное содержание хлорофиллов в ее сухой массе было достаточно высоким и изменялось в рамках эксперимента в весьма широком диапазоне – 524,3–835,8 мг/100 г, в том числе хлорофилла *a* – 389,3–588,8 мг/100 г, хлорофилла *b* – 135,0–247,0 мг/100 г. При этом суммарное содержание каротиноидов варьировалось от 141,2 до 202,9 мг/100 г, в том числе β -каротина – от 39,8 до 63,8 мг/100 г, ксантофиллов – от 95,9 до 139,8 мг/100 г. Обращает на себя внимание, что максимальное количество как зеленых, так и желтых фотосинтезирующих пигментов в исследуемых образцах установлено при интенсивности светодиодного освещения 50 мкм/м² сек., тогда как минимальное – при 150 мкм/м² сек.

Таблица 1. Содержание хлорофиллов и каротиноидов (мг на 100 г сухой массы) в микрозелени капусты белокочанной при разной интенсивности светодиодного освещения

Интенсивность освещения, мкм/м ² сек	a		b		Хлорофиллы				a/b	
	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	a+b				$\bar{x} \pm s_x$	t
	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t
200 – Контроль	481,7 ±0,5		237,1±1,7		718,8±2,2				2,0±0,1	
50	588,8 ±2,4	43,0*	247,0±1,7	4,1*	835,8±4,2		24,8*		2,4±0,1 24,8*	
100	519,1 ±1,7	20,6*	186,8±2,9	-15,0*	705,8±4,6		-2,5		2,8±0,1 20,8*	
150	389,3 ±5,1	-17,9*	135,0±3,0	-29,4*	524,3±8,2		-23,0*		2,9±0,1 29,0*	
250	436,8 ±12,3	-3,6*	150,6±3,2	-23,8*	586,9±11,0		-11,8*		2,9±0,1 8,1*	
	сумма		β -каротин		ксантофиллы		β -каротин/ксантоф		Хлорофиллы/Каротиноиды	
	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t
200 – Контроль	163,9 ±0,2		39,8±0,6		124,1±0,7		0,3±0,01		4,4±0,1	
50	202,9 ±4,0	9,6*	63,1±0,5	31,4*	139,8±3,8	4,0*	0,5±0,01	10,3*	4,1±0,1 -2,8*	
100	183,2 ±3,2	6,1*	63,8±0,4	34,9*	119,4±3,6	-1,3	0,5±0,02	10,5*	3,9±0,1 -5,7*	
150	141,2 ±0,6	-39,5*	45,3±0,5	7,5*	95,9±1,0	-22,4*	0,5±0,01	12,7*	3,7±0,1 -9,0*	
250	150,1 ±1,3	-10,2*	47,2±0,1	13,5*	102,9±1,3	-14,0*	0,5±0,01	16,0*	3,9±0,1 -4,3*	

* – Статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

Что касается производных характеристик пигментного фонда пластид – соотношения количеств хлорофиллов *a* и *b*, а также хлорофиллов и каротиноидов, то, несмотря на их более высокую генетическую детерминированность по сравнению с количественными параметрами накопления фотосинте-

зирующих пигментов, для них также была показана отчетливая зависимость от исследуемого фактора. Это подтверждалось весьма широкими диапазонами их варьирования в рамках эксперимента в пределах 2,0–2,9 в первом случае и 3,7–4,4 во втором (табл. 1).

При этом диапазон варьирования соотношения количеств β -каротина и ксантофиллов соответствовал области значений 0,3–0,5, что свидетельствовало о приоритетной роли ксантофиллов в каротиноидном комплексе микрозелени капусты при заметном, причем сходном ее ослаблении по сравнению с контролем в остальных вариантах опыта, что указывало на усиление позиций наиболее ценного его компонента – β -каротина при изменении интенсивности светодиодного освещения.

Сопоставление анализируемых характеристик пигментного фонда микрозелени капусты в контроле и в вариантах опыта с разной степенью влияния исследуемого фактора на опытные растения выявило существенные различия как в содержании, так и в соотношении его основных компонентов.

Как следует из табл. 2, снижение интенсивности освещения до 150 мкм/м²сек относительно контроля (200 мкм/м²сек) приводило к наиболее выраженному в рамках эксперимента обеднению исследуемых образцов зелеными пластидными пигментами на 27 %, особенно хлорофиллом *b*, тогда как ее снижение до 100 мкм/м²сек не оказывало значимого влияния на общее их содержание, что обеспечивалось уравниванием темпов активизации накопления хлорофилла *a* и ослабления такового хлорофилла *b*, сопровождавшимся противоположными по знаку изменениями их содержания соответственно на 8 и 21 %. Однако дальнейшее снижение интенсивности освещения до 50 мкм/м²сек оказывало уже весьма заметное стимулирующее действие на биосинтез обеих форм данных пигментов, особенно хлорофилла *a*, что приводило к обогащению ими микрозелени капусты более чем на 16 % по сравнению с контролем. Увеличение же интенсивности освещения до 250 мкм/м²сек обуславливало сходное с установленным при интенсивности 150 мкм/м²сек обеднение микрозелени капусты хлорофиллами на 18 %, причем во всех рассмотренных случаях негативное воздействие исследуемого фактора на темпы биосинтеза хлорофилла *a* было намного слабее, чем хлорофилла *b*, следствием чего явились весьма выразительные сдвиги соотношения данных форм зеленых пигментов на 20–45 % относительно контроля, наибольшие при интенсивности освещения 150 и 250 мкм/м²сек и наименьшие при интенсивности 50 мкм/м²сек.

Что касается каротиноидов, то в характере изменений их общего содержания в микрозелени капусты в зависимости от исследуемого фактора прослеживались закономерности, аналогичные установленным для хлорофиллов (см. табл. 2). Так, лишь в вариантах опыта с интенсивностью освещения 50 и 100 мкм/м²сек наблюдалось увеличение содержания желтых пигментов на 24 и 12 % относительно контроля при отставании от него на 14 и 8 % в вариантах с интенсивностью 150 и 250 мкм/м²сек.

Таблица 2. Относительные различия с контролем вариантов опыта с разной интенсивностью светодиодного освещения по содержанию хлорофиллов и каротиноидов в сухом веществе микрозелени капусты белокочанной, %.

Интенсивность освещения, мкм/м ² сек	Хлорофиллы				Каротиноиды				Хлорофиллы ÷ Каротиноиды	Совокупный эффект*)
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	<i>a÷b</i>	сумма	β -каротин	Ксантофиллы	β -карот. ÷ ксантофиллы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
50	+22,2	+4,2	+16,3	+20,0	+23,8	+58,5	+12,7	+66,7	-6,8	+137,7
100	+7,8	-21,2	-	+40,0	+11,8	+60,3	-	+66,7	-11,4	+58,7
150	-19,2	-43,1	-27,1	+45,0	-13,9	+13,8	-22,7	+66,7	-15,9	-112,2
250	-9,3	-36,5	-18,4	+45,0	-8,4	+18,6	-17,1	+66,7	-11,4	-71,1

Примечание: Прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$; *) – Совокупный эффект установлен путем сложения данных столбцов 2, 3, 4, 6, 7 и 8, с учетом их знака.

Несмотря на сходство профилирующих тенденций в характере влияния интенсивности светодиодного освещения на содержание в исследуемых образцах зеленых и желтых пластидных пигментов, во всех вариантах опыта темпы биосинтеза хлорофиллов были несколько ниже, а каротиноидов – выше, чем в контроле, что подтверждалось отставанием от него соотношения их количеств на 7–16 %. Заметим, что во всех вариантах опыта в комплексе желтых пигментов отмечена активизация накопления β -каротина на 14–60 % по сравнению с контролем, наиболее значительная при интенсивности освещения 50 и 100 мкм/м²сек, сопровождавшаяся только в первом случае усилением накопления ксантофиллов на 13 %. С увеличением же интенсивности воздействия данного фактора наблюдалось либо нивелирование различий с контролем в содержании данных соединений (100 мкм/м²сек.), либо отставание от него в этом плане на 17–23 % (150 и 250 мкм/м²сек.).

Несмотря на разнонаправленный характер изменения темпов биосинтеза восстановленных и окисленных форм желтых пигментов в зависимости от интенсивности светодиодного освещения, не выявлено межвариантных различий в величине позитивных сдвигов соотношения их количеств относи-

тельно контроля, что указывает на устойчивость качественного состава каротиноидного комплекса микрозелени капусты к исследуемому фактору.

Таким образом, выявленные межвариантные различия в составе пигментного комплекса пластид микрозелени капусты свидетельствовали о существенном влиянии на его формирование интенсивности светодиодного освещения. С целью выявления последней, обеспечившей максимальное и минимальное накопление фотосинтезирующих пигментов по сравнению с контролем, для каждого варианта опыта были определены суммарные значения относительных размеров положительных и отрицательных различий с ним по общему количеству хлорофиллов и каротиноидов, а также по содержанию основных форм данных групп пигментов. Возвращаясь к табл. 2, нетрудно убедиться, что только при снижении интенсивности освещения до 100 и в большей степени до 50 мкм/м²сек. были установлены на 59–138 % более высокие, чем при 200 мкм/м²сек, принятой в качестве контроля, значения совокупности обозначенных признаков, что свидетельствовало о большей насыщенности пигментного фонда продукции данных вариантов опыта. На наш взгляд, это указывало на более значительные, чем у контрольных растений, потенциальные возможности микрозелени данных вариантов опыта к осуществлению в ней синтетических процессов. Вместе с тем при снижении интенсивности освещения до 150 мкм/м²сек установлено наибольшее в эксперименте отставание данного показателя от контроля, что однозначно свидетельствовало о наиболее значительном ослаблении фотосинтетической функции у растений этого варианта опыта. Заметим, что подобное, хотя и менее выраженное отставание от контроля в этом плане установлено и на фоне максимальной интенсивности светодиодного освещения.

В соответствии со снижением совокупного эффекта, указывающим на обеднение пигментного фонда микрозелени капусты под действием исследуемого фактора, было проведено распределение вариантов опыта с разной интенсивностью освещения, выраженной в мкм/м²сек, следующим образом:

$$50 > 100 > 200 > 250 > 150.$$

Таким образом, наиболее насыщенным фондом фотосинтезирующих пигментов в рамках эксперимента характеризовались образцы микрозелени капусты при интенсивности светодиодного освещения 100 и особенно 50 мкм/м²сек, тогда как наиболее обедненным – при 250 и особенно при 150 мкм/м²сек.

Результаты аналогичных исследований с микрозеленью гороха овощного, приведенные в табл. 3, показали, что суммарное содержание хлорофиллов в ее сухой массе варьировалось в рамках эксперимента в диапазоне 589,1–693,1 мг/100 г, в том числе хлорофилла *a* – 424,7–489,8 мг/100 г, хлорофилла *b* – 163,9–203,3 мг/100 г. При этом суммарное содержание желтых пигментов в сухом веществе данной продукции изменялось от 109,8 до 186,3 мг/100 г, в том числе β -каротина – от 39,9 до 67,7 мг/100 г, ксантофиллов – от 62,7 до 135,4 мг/100 г.

Таблица 3. Содержание хлорофиллов и каротиноидов (мг на 100 г сухой массы) в микрозелени гороха овощного при разной интенсивности светодиодного освещения

Интенсивность осв-я, мкм/м ² с	Хлорофиллы									
	<i>a</i>		<i>b</i>		<i>a+b</i>		<i>a/b</i>			
	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>		
200 – Контроль	429,6±1,1		163,9±0,9		593,5±2,0		2,6±0,1			
50	479,4±0,5	42,7*	190,9±1,1	18,9*	670,3±1,5	30,4*	2,5±0,1	-7,5*		
100	489,8±0,6	49,1*	203,3±0,6	35,0*	693,1±1,2	42,4*	2,4±0,1	-22,0*		
150	480,8±0,4	44,5*	192,4±0,7	24,4*	673,2±1,1	34,7*	2,5±0,1	-11,1*		
250	424,7±1,1	-2,5	164,4±0,5	0,4	589,1±0,4	-2,1	2,6±0,2	-2,1		
Интенсивность освещения, мкм/м ² с	Каротиноиды								Хлорофиллы/ Каротиноиды	
	сумма		β -каротин		ксантофиллы		β -каротин/ксантоф			
	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>		
200 – Контроль	109,8±0,1		47,1±0,5		62,7±0,3		0,8±0,01		5,4±0,1	
50	126,9±3,5	4,8*	45,3±0,3	-3,3*	81,6±3,3	5,8*	0,6±0,02	-8,9*	5,3±0,2	-0,7
100	186,3±3,1	24,9*	67,7±0,5	30,0*	118,6±3,6	15,6*	0,6±0,02	-7,4*	3,7±0,1	-27,9*
150	181,0±3,0	23,5*	45,6±0,3	-2,8*	135,4±3,3	21,8*	0,3±0,01	-26,5*	3,7±0,1	-27,4*
250	162,5±3,8	13,8*	39,9±0,2	-13,4*	122,6±4,1	14,7*	0,3±0,01	-24,5*	3,6±0,1	-19,4*

* – Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с контролем при *p*<0,05.

Заметим, что в микрозелени гороха, в отличие от микрозелени капусты, максимальные показатели накопления и зеленых, и желтых фотосинтезирующих пигментов были достигнуты при интенсивности освещения не 50, а 100 мкм/м²сек, тогда как минимальные – не при 150, а при 200 и 250 мкм/м²сек в первом случае и 200 мкм/м²сек во втором. При этом, как и в микрозелени капусты,

интенсивность светодиодного освещения оказала определенное влияние на производные характеристики пигментного фонда пластид, что подтверждалось заметным варьированием в рамках эксперимента соотношений количеств хлорофиллов и каротиноидов, хлорофиллов *a* и *b*, а также β -каротина и ксантофиллов, соответствовавших областям значений 3,6–5,4; 2,4–2,6 и 0,3–0,8 (табл. 3). Анализ данных соотношений однозначно указывал на приоритетную роль хлорофилла *a* в пуле зеленых пластидных пигментов и ксантофиллов в таковом желтых.

Повариантное сравнение исследуемых характеристик пигментного фонда пластид микрозелени гороха овощного вывило существенные различия как в содержании, так и в соотношении его основных компонентов (табл. 4). При этом, в отличие от микрозелени капусты, почти во всех вариантах опыта с более низкой, чем в контроле, интенсивностью светодиодного освещения наблюдалась активизация накопления зеленых пигментов на 13–17 %, более выраженная у хлорофилла *b*, нежели у хлорофилла *a* (соответственно на 17–24 % и 12–14 %), что обусловило хотя и незначительное, но все же достоверное снижение на 4–8 % соотношения их количеств относительно контроля. Лишь в единичном случае – при наибольшей в эксперименте интенсивности освещения в 250 мкм/м²сек значимых различий с последним у исследуемых характеристик комплекса зеленых пигментов не выявлено.

Что касается каротиноидов, то позитивное влияние исследуемого фактора на их общее содержание в микрозелени гороха в большинстве вариантов опыта оказалось заметно сильнее, чем у хлорофиллов, о чем свидетельствовала более выраженная активизация их накопления по сравнению с контролем, составившая 16–70 % и наиболее значительная на фоне интенсивности освещения 100 и 150 мкм/м²сек и наименьшая при 50 мкм/м²сек (табл. 4). Вместе с тем почти во всех вариантах опыта этот эффект был обусловлен исключительно усилением накопления ксантофиллов на 30–116 %, и лишь в единичном случае – в варианте с интенсивностью освещения 100 мкм/м²сек имела место активизация биосинтеза не только ксантофиллов, но и β -каротина. Тем не менее соотношение количеств данных компонентов каротиноидного комплекса, уступавшее контролю на 25–63 %, указывало на превышение темпов накопления ксантофиллов над таковыми β -каротина во всех вариантах опыта.

Показанные выше особенности трансформации пигментного фонда микрозелени гороха под действием исследуемого фактора, в свою очередь, как и у микрозелени капусты, обусловили даже более выраженное, чем у нее, усиление роли желтых пигментов, что подтверждалось более значительным (на 32 %) отставанием от контроля соотношения количеств хлорофиллов и каротиноидов (табл. 4). На наш взгляд, это могло быть связано с особой защитной функцией последних, предохраняющих светочувствительные хлорофиллы от фотодинамических повреждений.

Таблица 4. Относительные различия с контролем вариантов опыта с разной интенсивностью светодиодного освещения по содержанию хлорофиллов и каротиноидов в сухом веществе микрозелени гороха овощного, %

Интенсивность освещения, мкм/м ² сек	Хлорофиллы				Каротиноиды				Хлорофиллы ÷ Каротиноиды	Совокупный эффект*)
	a	b	a+b	a:b	сумма	β -каротин	ксантофиллы	β -карот. ÷ ксантофиллы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
50	+11,6	+16,5	+12,9	-3,8	+15,6	-3,8	+30,1	-25,0	-	+82,9
100	+14,0	+24,0	+16,8	-7,7	+69,7	+43,7	+89,2	-25,0	-31,5	+257,4
150	+11,9	+17,4	+13,4	-3,8	+64,8	-3,2	+115,9	-62,5	-31,5	+220,2
250	-	-	-	-	+48,0	-15,3	+95,5	-62,5	-33,3	+128,2

Примечание: Прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$; *) Совокупный эффект установлен путем сложения данных столбцов 2, 3, 4, 6, 7 и 8, с учетом их знака.

Таким образом, выявленные межвариантные различия в составе пигментного комплекса пластид микрозелени гороха свидетельствовали о существенном влиянии на него исследуемого фактора. С целью выявления интенсивности светодиодного освещения, обеспечившей максимальную и минимальную степень изменения темпов биосинтеза фотосинтезирующих пигментов относительно контроля, для каждого варианта опыта были определены суммарные значения относительных размеров положительных и отрицательных различий с последним по общему количеству хлорофиллов и каротиноидов, а также содержанию основных форм данных пигментов. Возвращаясь к табл. 4, нетрудно убедиться, что, в отличие от капусты белокочанной, значения совокупности обозначенных признаков у микрозелени гороха характеризовались положительной направленностью во всех вариантах опыта. При этом наиболее высокими, на 257 и 220 % превышавшими контрольный уровень, они оказались не при минимальной, как в эксперименте с капустой, интенсивности освещения, а при ее значениях 150 и особенно 100 мкм/м²сек, что свидетельствовало о наибольшей насыщенности ее ассимиляционного аппарата фотосинтезирующими пигментами именно в этих вариантах опыта. В соответствии со снижением данного показателя, указывающим на обеднение пигментного фонда пластид микрозелени гороха, а следовательно, и ослабление фотосинтетической функции, было проведено распределение вариантов опыта с разной интенсивностью освещения, выраженной в мкм/м²сек, следующим образом:

100 > 150 > 250 > 50 > 200.

Как видим, в отличие от микрозелени капусты белокочанной, наиболее насыщенным фондом фотосинтезирующих пигментов в рамках эксперимента характеризовались образцы микрозелени гороха при интенсивности светодиодного освещения 150 и в большей степени 100 мкм/м²сек, тогда как наиболее обедненным – при 50 и особенно при 200 мкм/м²сек, выбранной в качестве контроля.

Заключение

В результате исследования влияния интенсивности светодиодного освещения (50, 100, 150, 200, 250 мкм/м²сек) на содержание в образцах микрозелени капусты белокочанной и гороха овощного фотосинтезирующих пигментов (хлорофиллов *a* и *b*, β -каротина и ксантофиллов установлено следующее.

Снижение интенсивности освещения до 150 мкм/м²сек относительно контроля (200 мкм/м²сек) приводило к наиболее выраженному в рамках эксперимента обеднению микрозелени капусты зелеными пластидными пигментами на 27 % по сравнению с контролем, тогда как ее снижение до 100 мкм/м²сек уже не оказывало значимого влияния на их общее содержание, а дальнейшее снижение до 50 мкм/м²сек способствовало обогащению ими микрозелени более чем на 16 %. Увеличение же интенсивности освещения до 250 мкм/м²сек обуславливало сходное с установленным при интенсивности 150 мкм/м²сек обеднение микрозелени хлорофиллами на 18 %. При этом в динамике накопления в ней каротиноидов выявлены закономерности, аналогичные установленным для хлорофиллов, и лишь при интенсивности освещения 50 и 100 мкм/м²сек отмечена активизация их накопления на 24 и 12 % и его ослабление на 14 и 8 % при интенсивности 150 и 250 мкм/м²сек. Несмотря на сходство профилирующих тенденций в накоплении хлорофиллов и каротиноидов, во всех случаях темпы биосинтеза хлорофиллов были ниже, а каротиноидов – выше, чем в контроле, при наибольшей активизации накопления β -каротина на фоне интенсивности освещения 50 и 100 мкм/м²сек.

В соответствии со снижением содержания пластидных пигментов хлоропластов в микрозелени капусты, указывающем на потенциальное ослабление фотосинтетической функции, варианты опыта с разной интенсивностью светодиодного освещения, выраженной в мкм/м²сек, были распределены следующим образом:

50 > 100 > 200 > 250 > 150.

Таким образом, наиболее насыщенным фондом фотосинтезирующих пигментов в рамках эксперимента характеризовались образцы микрозелени капусты при интенсивности светодиодного освещения 100 и особенно 50 мкм/м²сек, тогда как наиболее обедненным – при 250 и особенно при 150 мкм/м²сек.

В отличие от капусты белокочанной, в микрозелени гороха овощного наибольшее содержание и зеленых, и желтых пластидных пигментов установлено при интенсивности освещения не 50, а 100 мкм/м²сек, тогда как минимальное – не при 150, а при 200 и 250 мкм/м²сек в первом случае и 200 мкм/м²сек во втором. При этом воздействие исследуемого фактора способствовало преимущественному усилению накопления первых на 13–17 % и вторых (в основном за счет ксантофиллов) на 16–70 %.

В соответствии со снижением содержания пигментов хлоропластов в микрозелени гороха, указывающим на потенциальное ослабление фотосинтетической функции, варианты опыта с разной интенсивностью светодиодного освещения, выраженной в мкм/м²сек, были распределены следующим образом:

100 > 150 > 250 > 50 > 200.

Таким образом, в отличие от микрозелени капусты, наиболее насыщенным фондом фотосинтезирующих пигментов в рамках эксперимента характеризовались образцы микрозелени гороха при интенсивности светодиодного освещения 150 и в большей степени 100 мкм/м²сек, тогда как наиболее обедненным – при 50 и особенно при 200 мкм/м²сек, выбранной в качестве контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оптимизация светодиодной системы освещения витаминной космической оранжереи / О. И. Коновалова [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина, 2016. – Т. 50, № 3. – С. 17–23.
2. Анисимов, А. А. Влияние узкополосного красно-синего освещения на пигментный комплекс некоторых декоративных растений / А. А. Анисимов. – Перспективы развития АПК в работах молодых ученых: материалы региональной научно-практической конференции молодых учёных, Тюмень, 5 февраля 2014 г. / Государственный аграрный университет Северного Зауралья; редкол.: О. М. Шевелёва (гл. ред.) [и др.]. – Тюмень, 2014. – С. 8–12.
3. Годнев, Т. Н. Хлорофилл: его строение и образование в растении / Т. Н. Годнев. – Минск: Изд-во Акад. наук БССР, 1963. – 318 с.
4. Фотосинтез. Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов / авт.-сост. Л. В. Кахнович. – Минск: Изд-во Белорус. гос. ун-та, 2003. – 88 с.
5. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина: ГОСТ 8756.22-80. Введ. 01.01.81. Дата последнего изменения 13.07.2017 – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 6 с.
6. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2-82. – Введен 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.

О ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ГУМУСА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

В. Б. ВОРОБЬЕВ, Н. А. КАЗАКЕВИЧ

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

(Поступила в редакцию 22.09.2022)

В статье представлены результаты изучения взаимосвязей между содержанием в почве подвижных соединений меди, цинка, железа, кадмия, свинца и марганца с одной стороны и содержанием в почве гумуса с другой. Приведены трендовые модели изменения содержания подвижных соединений тяжелых металлов в почве в зависимости от ее гумусированности. Показано, что в интервале гумусированности автоморфной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы от 1,5 до 5,0 % линия тренда, характеризующая взаимосвязь между содержанием в почве подвижной меди и гумуса имела вид перевернутой параболы. При этом наименьшее содержание в почве подвижных соединений меди (2,54 мг/кг) приходилось на учетные площадки с содержанием в почве гумуса 2,5–2,6 %, максимальное (5,42 мг/кг) – с содержанием гумуса около 5,0 %. В этом же интервале гумусированности почвы увеличение содержания гумуса на каждый 1,0 % сопровождалось увеличением содержания подвижных соединений цинка на 2,9 мг/кг ($Y=0,9116X^2-3,0296X+7,0857$, при $R^2=0,27$), уменьшением содержания подвижных соединений железа в среднем на 2134,1 мг/кг ($Y=-2134,1X+26030$, при $R^2=0,27$), а также увеличением содержания подвижных соединений кадмия на 0,0094 мг/кг ($Y=0,0094X+0,0055$, при $R^2=0,35$).

В интервале гумусированности почвы от 1,5 до 5,0 % содержание подвижных соединений свинца находилось в пределах от 5,07 до 7,28, марганца от 41 до 178 мг/кг, при этом корреляционных зависимостей данных показателей от содержания в почве гумуса выявлено не было.

Ключевые слова: тяжелые металлы, гумусированность почвы, пахотный горизонт, трендовая модель, коэффициент корреляции, уравнение регрессии.

The article presents the results of studying the relationship between the content of mobile compounds of copper, zinc, iron, cadmium, lead and manganese in the soil, on the one hand, and the content of humus in the soil, on the other. Trend models of changes in the content of mobile compounds of heavy metals in the soil depending on its humus content are presented. It is shown that in the range of humus content of automorphic soddy-podzolic light loamy soil from 1.5 to 5.0 %, the trend line characterizing the relationship between the content of mobile copper and humus in the soil looked like an inverted parabola. At the same time, the lowest content of mobile copper compounds in the soil (2.54 mg/kg) fell on the accounting plots with a humus content of 2.5–2.6 % in the soil, the maximum (5.42 mg/kg) – with a humus content of about 5.0 %. In the same interval of soil humus content, an increase in humus content by every 1.0 % was accompanied by an increase in the content of mobile zinc compounds by 2.9 mg/kg ($Y=0.9116X^2-3.0296X+7.0857$, at $R^2=0.27$), a decrease in the content of mobile iron compounds by an average of 2134.1 mg/kg ($Y=-2134.1X+26030$, at $R^2=0.27$), as well as an increase in the content of mobile cadmium compounds by 0.0094 mg/kg ($Y=0.0094X+0.0055$, with $R^2=0.35$).

In the range of soil humus content from 1.5 to 5.0 %, the content of mobile compounds of lead was in the range from 5.07 to 7.28, manganese – from 41 to 178 mg/kg, while there were no correlation dependences of these indicators on the content of humus in the soil.

Key words: heavy metals, soil humus content, plow horizon, trend model, correlation coefficient, regression equation.

Введение

К тяжелым металлам относятся химические элементы с атомной массой более 50 атомных единиц и удельным весом свыше 5 г/см³ [1]. Среди них довольно много микроэлементов, являющихся необходимыми и незаменимыми компонентами живых организмов. Такие элементы называются эссенциальными [2]. Они ускоряют и регулируют физиологические процессы и являются токсичными лишь при высоких концентрациях. В условиях Республики Беларусь наиболее распространенными являются такие эссенциальные элементы как медь, цинк, марганец, железо. При этом первые три из них используются в качестве микроудобрений. Их дефицит или избыток в организме человека снижает его устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды, нарушает работу иммунной и антиоксидантной защиты, повышает риск развития распространенных заболеваний, снижает качества жизни и эффективность лечебных мероприятий. Среди не эссенциальных загрязнителей окружающей среды широко встречаются свинец и кадмий, относящиеся к первому, то есть к высшему классу опасности.

Подавляющее большинство тяжелых металлов закрепляются в гумусово-аккумулятивном горизонте почвы. Они поглощаются поверхностью почвенных частиц, входят в состав кристаллических решеток глинистых минералов, находятся в растворенном и в газообразном состояниях, связываются органическим веществом и почвенными микроорганизмами [3].

Накопление в почве тяжелых металлов во многом зависит от уровня химизации земледелия, в частности от применения микроудобрений, минеральных и органических удобрений, средств защиты растений, известкования. При этом в Республике Беларусь минеральные удобрения производятся, как правило, из относительно чистого сырья и существенного влияния на накопление тяжелых металлов

не оказывают [4]. Что касается органических удобрений, то накоплению тяжелых металлов в почве способствуют лишь длительное систематическое применение высоких доз навоза и в первую очередь бесподстилочного. При этом на фоне регулярного применения больших доз органических удобрений происходит значительное изменение агрохимических свойств почвы. Меняется реакция среды, увеличивается содержание гумуса, изменяются концентрация и состав почвенного раствора, соотношение поглощенных катионов, образуются органоминеральные соединения, существенно отличающиеся миграционной способностью, что в конечном итоге сказывается на содержании в пахотном горизонте микроэлементов и тяжелых металлов в целом. Именно поэтому одной из задач наших исследований явилось определение взаимосвязей между содержанием в почве гумуса и содержанием подвижных соединений некоторых тяжелых металлов, а также выявление количественных показателей, характеризующих зависимость содержания тяжелых металлов от гумусового состояния почвы.

Основная часть

Исследования проводились методом учетных площадок [5]. Для этого в производственных посевах УКСП «Совхоз-комбинат «Горки» Горьковского района Могилевской области было подобрано поле, расположенное вблизи животноводческой фермы. Данное поле имеет ширину около 400 м и длину более 2 км, оно расположено вдоль автомобильной трассы на дерново-подзолистой почве, имеющей одинаковую историю, отличающуюся выровненным рельефом и автоморфным типом увлажнения. На этом поле длительное время регулярно вносятся органические удобрения. Из-за более высоких доз внесения органических удобрений вблизи животноводческой фермы и значительно меньших на удалении от неё в разных концах поля выделены участки со значительными различиями в гумусированности пахотного горизонта. На этих участках нами были заложено 29 учетных площадок, с которых отбирались образцы почвы для анализа на содержание гумуса и тяжелых металлов. Полученные результаты подвергнуты корреляционно-регрессионному анализу.

В наших исследованиях содержание гумуса в пахотном горизонте учетных делянок находилось в пределах от 1,59 до 5,3 %. При этом содержание подвижных соединений меди (имеющих особое значение в питании растений) колебалось от 2,12 до 5,95 мг/кг (рис. 1) и было максимальным на делянках с высоким содержанием гумуса, что в первую очередь объясняется большими дозами органических удобрений, а соответственно и большим количеством меди, поступающей с ними в почву. Взаимосвязь между содержанием в почве гумуса и содержанием подвижных форм меди характеризовалась коэффициентом аппроксимации (R^2) равном 0,79 и подчинялась уравнению регрессии $Y=0,4866X^2-2,4963X+5,7382$ (рис. 1).

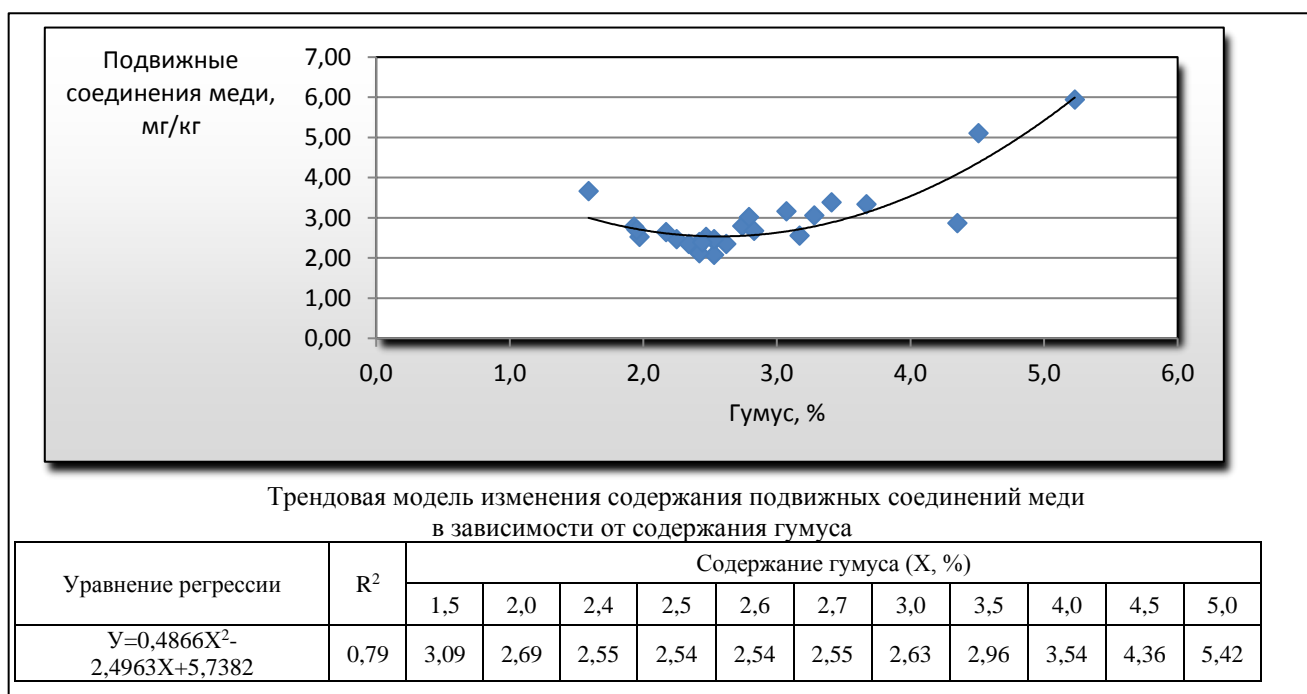
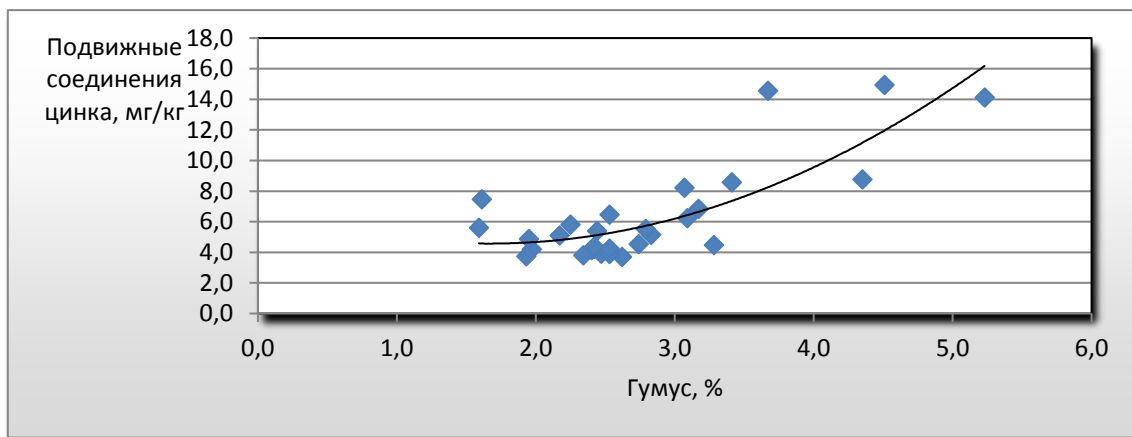


Рис. 1. Взаимосвязь между содержанием подвижных соединений меди (Y, мг/кг) и гумуса (X, %) в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Линия тренда, характеризующая взаимосвязь между содержанием в почве подвижной меди и гумуса имела вид перевернутой параболы. При этом наименьшее содержание в почве подвижных соединений меди приходилось на учетные площадки с содержанием в почве гумуса 2,5–2,6 %. Объяс-

няется это тем, что почва с таким содержанием гумуса отличается наибольшей продуктивностью [6, 7], а соответственно и более высоким выносом подвижных соединений меди с отчуждаемой с поля продукцией.

На этих же учетных площадках содержание в почве подвижных соединений цинка находилось в пределах от 4,59 до 14,73 мг/кг. Прослеживается четкая зависимость увеличения данного показателя по мере возрастания содержания в почве гумуса (рис. 2). Эта зависимость подчинялась уравнению регрессии $Y=0,9116X^2-3,0296X+7,0857$. В интервале гумусированности от 1,5 до 5,0 % увеличение содержания гумуса в пахотном горизонте почвы на 1 % сопровождалось увеличением содержания подвижного цинка в среднем на 2,9 мг/кг.

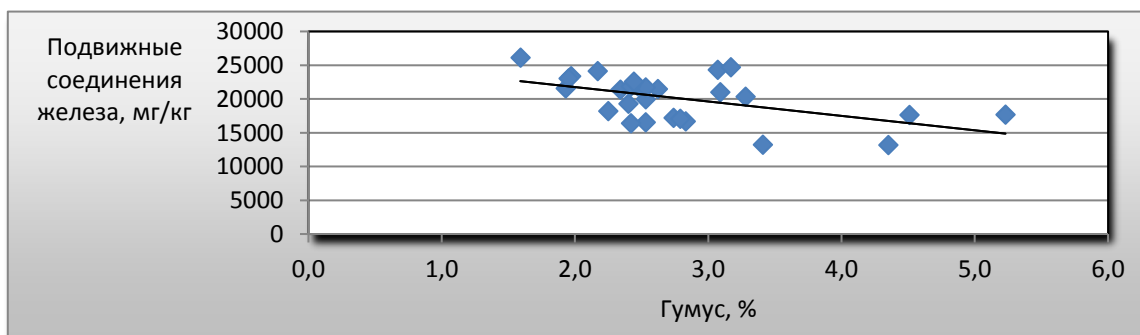


Трендовая модель изменения содержания подвижных соединений цинка в зависимости от содержания гумуса

Уравнение регрессии	R ²	Содержание гумуса (X, %)										
		1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$Y=0,9116X^2-3,0296X+7,0857$	0,67	4,59	4,57	4,57	4,59	4,67	5,21	6,20	7,65	9,55	11,91	14,73

Рис. 2. Взаимосвязь между содержанием подвижных соединений цинка (Y, мг/кг) и гумуса (X, %) в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

В этом же интервале гумусированности почвы суммарное содержание подвижных соединений двух-трехвалентного железа находилось в пределах от 22829 до 15360 мг/кг. Корреляционная связь данного показателя с содержанием в почве гумуса оказалась средней и отрицательной. Она характеризовалась коэффициентом корреляции равном $-0,52$ и подчинялась уравнению регрессии $Y=-2134,1X+26030$ (рис. 3).



Трендовая модель изменения содержания подвижных соединений железа в зависимости от содержания гумуса

Уравнение регрессии	R ²	Содержание гумуса (X, %)							
		1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$Y=-2134,1X+26030$	0,27	22829	21762	20695	19628	18561	17494	16427	15360

Рис. 3. Взаимосвязь между содержанием подвижных соединений железа (Y, мг/кг) и гумуса (X, %) в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Анализ этой связи показывает, что при содержании в почве гумуса от 1,5 до 5,0 % увеличение гумусированности почвы на 1 % сопровождалось уменьшением содержания в почве подвижных соединений железа в среднем на 2134,1 мг/кг.

Одной из возможных причин существенного снижения содержания подвижных соединений железа в почве по мере увеличения ее гумусированности является образование большего количества его органо-минеральных соединений, в том числе нерастворимых в воде гуматов и фульватов железа. Последние способны растворяться в воде лишь при кислой реакции среды. В этом случае они мигрируют за пределы пахотного горизонта с нисходящими токами воды и аккумулируются в иллювиальном горизонте. Кроме того, по мере увеличения содержания в почве гумуса возрастает биологическая активность почвы, увеличивается выделение почвенной биотой углекислого газа, что способствует снижению окислительно-восстановительного потенциала почвы и формированию большего количества закисных соединений железа, способных также вымываться из пахотного горизонта.

В наших исследованиях содержание подвижных соединений кадмия колебалось от 0,01 до 0,06 % и возрастало по мере увеличения содержания гумуса в почве (рис. 4). Кадмий образует умеренно устойчивые комплексы с разнообразными органическими соединениями. При этом в комплексе с фульвокислотами и гуминовыми кислотами связано от 4 до 40 % кадмия. Кроме того, от 2 до 27 % этого элемента мигрирует в почве в составе органических соединений типа липидов.

В нашем случае корреляционная связь между значением данного показателя и содержанием в почве гумуса была средней прямолинейной. Она характеризовалась коэффициентом корреляции 0,59 и уравнением регрессии $Y = 0,0094X + 0,0055$.

В интервале гумусированности почвы от 1,5 до 5,0 % при увеличении содержания в почве гумуса на 1 % содержание подвижных соединений кадмия возрастало в среднем на 0,0094 мг/кг.

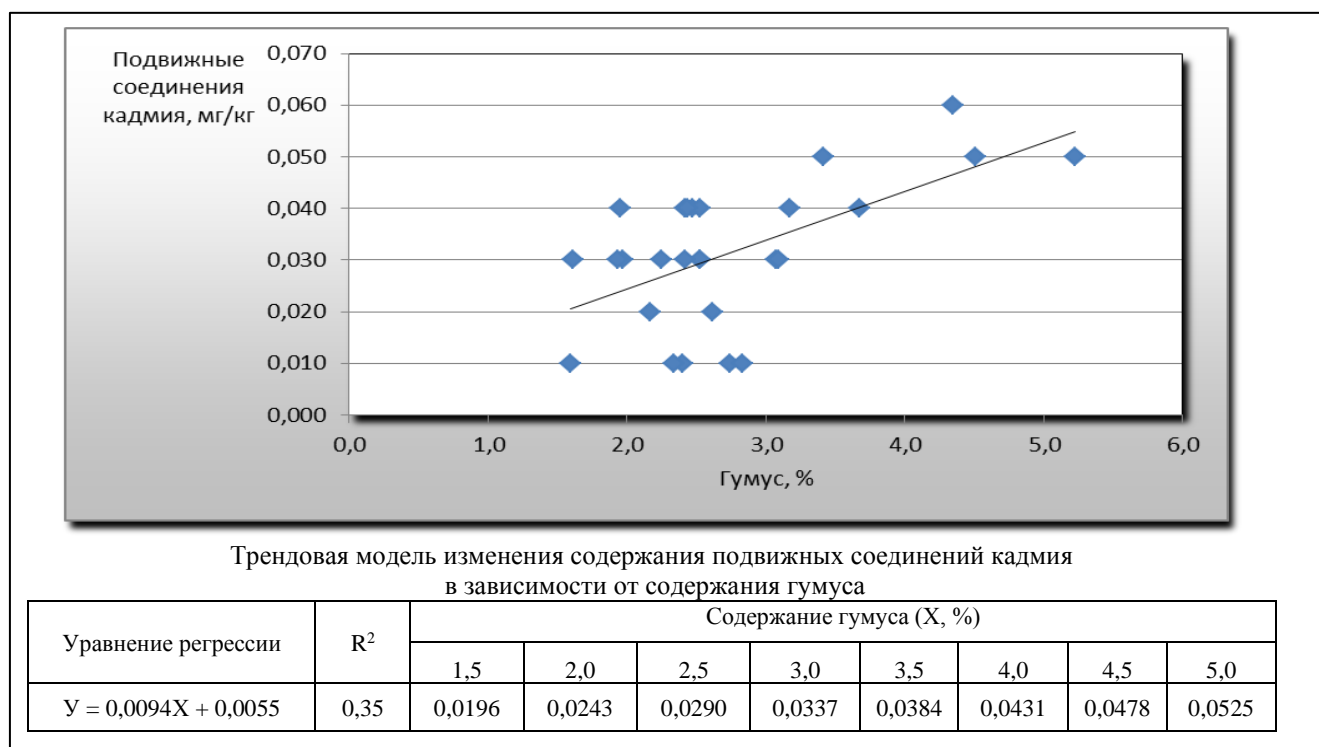


Рис. 4. Взаимосвязь между содержанием подвижных соединений кадмия (Y, мг/кг) и гумуса (X, %) в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Следует отметить, что в интервале гумусированности почвы от 1,5 до 5,0 % содержание подвижных соединений свинца находилось в пределах от 5,07 до 7,28, марганца от 41 до 178 мг/кг. При этом корреляционных зависимостей данных показателей от содержания в почве гумуса выявлено не было.

Заключение

В интервале гумусированности автоморфной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы от 1,5 до 5,0 % линия тренда, характеризующая взаимосвязь между содержанием в почве подвижных соединений меди и гумуса имела вид перевернутой параболы. При этом наименьшее содержание в почве подвижных соединений меди (2,54 мг/кг) приходилось на учетные площадки с содержанием в почве гумуса 2,5–2,6 %, максимальное (5,42 мг/кг) – с содержанием гумуса около 5,0 %.

В этом же интервале гумусированности почвы увеличение содержания гумуса на каждый 1,0 % сопровождалось увеличением содержания подвижных соединений цинка на 2,9 мг/кг ($Y=0,9116X^2-3,0296X+7,0857$, при $R^2=0,27$), уменьшением содержания подвижных соединений железа в среднем на 2134,1 мг/кг ($Y=-2134,1X+26030$, при $R^2=0,27$), а также увеличением содержания подвижных соединений кадмия на 0,0094 мг/кг ($Y = 0,0094X + 0,0055$, при $R^2=0,35$).

В интервале гумусированности почвы от 1,5 до 5,0 % содержание подвижных соединений свинца находилось в пределах от 5,07 до 7,28, марганца от 41 до 178 мг/кг, при этом корреляционная связь данных показателей с содержанием в почве гумуса отсутствовала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водяницкий, Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю. Н. Водяницкий. – Москва: ГНУ Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 2008. – 86 с.
2. Оберлис, Д. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных: монография / Д. Оберлис, Б. Харланд, А. В. Скальный. – СПб.: Наука, 2008. – 544 с.
3. Шеуджен, А. Х. Биогеохимия / А. Х. Шеуджен. – Майкоп, 2003. – 1027 с.
4. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
5. Воробьев, В. Б. Методика закладки полевого опыта на почве с различным уровнем содержания гумуса: рекомендации для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов учебных заведений агроэкологического профиля / В. Б. Воробьев, Г. В. Седукова. – 2018, Горки, РИО БГСХА. – 20 с.
6. Грищенко, И. Ю. Эффективность азотного удобрения в посевах ячменя при различных уровнях гумусированности агродерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / И. Ю. Грищенко, В. Б. Воробьев, С. Д. Курганская / Земляробства і ахова раслін. – № 4. – 2015. – С. 45–49.
7. Воробьев, В. Б. Трендовая модель изменения урожайности озимой пшеницы, возделываемой при разных дозах азотного удобрения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с различным содержанием гумуса / В. Б. Воробьев, В. В. Козлова // Вестник БГСХА. – 2017. – №3. – С. 100–104.

РОЛЬ САПОНИНОВ В ЗАЩИТЕ ТИЛАКОИДНОЙ МЕМБРАНЫ ОТ ХОЛОДОВОГО СТРЕССА

С. Б. ДАДАШЕВА, Р. А. ГАНИЕВА

¹Институт ботаники Национальной Академии Наук Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан, AZ1004, e-mail: sevil_fotosintez@mail.ru

(Поступила в редакцию 29.09.2022)

Исследованы состояния фотосинтетических пигментов хлорофилл а 663, хлорофилл а 680, хлорофилл b 645 и каротиноиды 445, 470, 500 в 7 дневных проростков пшеницы (Triticum aestivum L.), подвергнутых низкотемпературному стрессу, (4С) и протекторных свойств суммы сапонинов в данных условиях. Низкотемпературный стресс приводил к деструктивному изменению пигментов и их соотношению. Было показано что, низкотемпературный стресс изменяет количественное содержание как хлорофиллов, так и каротиноидов. Добавление в среду выращивания в условиях суммы сапонинов низкотемпературного стресса приводило к восстановлению соотношения формы хлорофилла и каротиноидов к норме. Возможно восстановление содержание пигментов связано со способностью сумма сапонинов нормализовать билипидный слой тилакоидных мембран разрушаемый низкотемпературным стрессом. Кроме того, наличие каротиноидов являющихся неферментативным антиоксидантом играет большую роль в защите тилакоидных мембран от повреждений.

Ключевые слова: пшеница, низкотемпературный стресс, спектры поглощения, фотосинтетические пигменты, реактивные формы кислорода, сапонины.

The states of photosynthetic pigments chlorophyll a 663, chlorophyll a 680, chlorophyll b 645, and carotenoids 445, 470, 500 in 7-day-old seedlings of wheat (Triticum aestivum L.) subjected to low-temperature stress (4 °C) and the protective properties of total saponins under these conditions were studied. Low-temperature stress led to a destructive change in pigments and their ratio. It has been shown that low-temperature stress changes the quantitative content of both chlorophylls and carotenoids. The addition of low-temperature stress to the growing medium under conditions of total saponins led to the restoration of the ratio of the form of chlorophyll and carotenoids to the norm. Perhaps the restoration of the content of pigments is associated with the ability of the sum of saponins to normalize the bilipid layer of thylakoid membranes, which is destroyed by low-temperature stress. In addition, the presence of carotenoids, which are non-enzymatic antioxidants, plays an important role in protecting thylakoid membranes from damage.

Key words: wheat, low-temperature stress, absorption spectra, photosynthetic pigments, reactive oxygen species, saponins.

Введение

Фотосинтез является мультилинейным процессом последовательных редоксреакций, происходящих, когда светособирающие хлорофилл-белковые комплексы (ХБК) тилакоидной мембраны, поглощая энергию фотонов передают ее в фотосинтетические реакционные центры (РЦ) [4]. Одной из причин, вызывающих нарушение фотосинтетической деятельности при стрессах, является повреждение мембранной системы хлоропластов. В условиях низкотемпературного стресса в растительном организме происходит ряд взаимосвязанных реакций, таких как накопление реактивных молекул кислорода и снижение фотосинтетической активности фотосистем [5]. Растения озимой ржи за счет реорганизации тилакоидной системы, а также благодаря отсутствию синтеза крахмала в хлоропластах, многократно увеличивали содержание растворимых сахаров в клетках, что обеспечивало высокую эффективность низкотемпературного закаливания этих растений [3]. Кроме того, при низких температурах нарушается активность ферментов участвующих в фотосинтезе, а также текучесть мембраны, что приводит к подавлению способности ХБК нормально функционировать [12]. Модификация транскрипции генов трансляции и транспорта белков для восстановления повреждений, вызванных низкими температурами, и индукции акклиматизации к ним приводит к изменениям размера, количества хлоропластов и содержания в них хлорофилла (Хл) [8]. Накопление каротиноидов (Кар) часто рассматривается как один из механизмов противодействия стрессу в организме [10]. В качестве гасителей триплетных состояний каротиноиды способны защищать фотосинтетический аппарат, подавляя образование высоко реактивных триплетных состояний Хл, как только они образуются. Отмечается усиление синтеза Кар свободными радикалами [11]. Известно, что Кар является мощным гасителем АФК, особенно форм синглетного кислорода [Middleton & Teramura, 1993]. Эффективность Кар в защите фотосистем вероятно связано с их функцией эффективного гасителя высокоэнергетического дробового излучения [Demmig-Adams, 1990]. Механизм, с помощью которого это достигается, впервые был предложен для включения фотохимического изменения состояния синглетного кислорода в триплетную форму при взаимодействии с удалением потенциально опасных кислородных радикалов, образующихся в фотоокислительных процессах [Krinsky, 1979].

Главным составляющим пигментной системы являются каротиноиды, которые выполняют ряд важнейших функций в процессе фотосинтеза, таких как защитную, а также фотопротекторную, т. е. в

условиях стресса предохраняют реакционные центры фотосистем (РЦ ФС) от потока энергии и липидную фазу тилакоидной мембраны от перекисления [2, 6, 9]. Абиотический стресс приводит к повышению активности системы антиоксидантной защиты, которая в свою очередь тушит реактивные молекулы кислорода, облегчая окислительное повреждение в растительной клетке [7]. Использование растений в традиционной медицине широко распространено, и растения по-прежнему являются крупным источником природных антиоксидантов [Miliaskas *et al.*, 2004]. Растения развили защитные ферментативные и неферментативные механизмы для удаления АФК. Такие молекулы, как глутатион, аскорбат и каротиноиды, сапонин-глицерризин обеспечивают неферментативную защиту [Scandalios, 1997; Smolikova *et al.*, 2015]. В данной работе исследовали суммарную роль сапонинов в защите пигментной системы тилакоидной мембраны в условиях низкотемпературного стресса в качестве главной составляющей пигментной системы, которой являются Кар.

Объектом исследования служили 7-дневные проростки пшеницы (*Triticum aestivum* L.), выращенные в факторостатных условиях, в водной среде (250Вт/м², 22 °С, влажность 80 %). Проростки растения подвергались низкотемпературному стрессу (4 °С) в течение 24 часов. Сумма сапонинов извлекалась из корней солодки (*Radix glycyrrhizae*) (1). В условиях низкотемпературного стресса на 24 часа в среду выращивания вносилась также сумма сапонинов в концентрации (5мкг/мл). Исследования проводились *in vivo*. Спектр поглощения пигментов определяли на спектрофотометре фирмы Fuye Cary 50 Scan Varian. Содержание хлорофилла определяли по величине поглощения на длинах волн: для Хл *a* – 663нм, 680нм и Хл *b* – 645нм; каротиноидов – 445, 470 и 500 нм. Статистическую обработку данных проводили по программе Excell.

Основная часть

Анализ спектров поглощения показал, что действие низкотемпературного стресса приводит к количественному уменьшению форм хлорофилла (Хл) поглощающих в области Хл *a*₆₆₃, Хл *a*₆₈₀ и Хл *b*₆₄₅. Наблюдалось уменьшение Хл *a*₆₈₀ на 44 %, Хл *a*₆₆₃ на 35 % и Хл *b*₆₄₅ на 27 % относительно контроля. В проростках, инкубированных в растворе, содержащих сапонины и переносящих низкотемпературный стресс, наблюдался положительный эффект в содержании исследуемых пигментов. В обработанных сапонинами проростках определялось увеличение пигментов: Хл *a*₆₈₀ на 64 %, Хл *a*₆₆₃ на 63 %, Хл *b*₆₄₅ –50 % (рис. 1).

Температурный стресс подавлял поглощающую способность каротиноидов. Наблюдалась наименьшая реакция Кар на низкую температуру относительно к Хл. Как видно из рис. 1 и 2, спектры поглощения ингибирование фотосинтетических пигментов можно коррегировать добавлением в среду протектора.

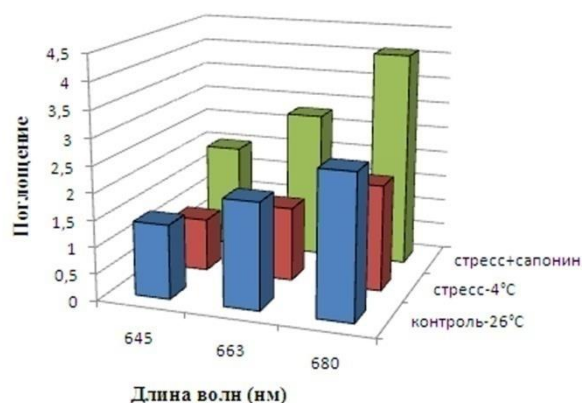


Рис. 1. Действие низкотемпературного стресса (4 °С) в течение 24 часов на состояние фотосинтетических пигментов Хл *a*₆₆₃, Хл *a*₆₈₀, Хл *b*₆₄₅ в листьях 7-дневных проростков пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и защита их суммой сапонинов, выделенных из корней солодки (*Radix glycyrrhizae*).

Как видно из таблицы, стрессовый фактор приводят к понижению величины отношения Хл *a*₆₆₃/Хл *b*₆₄₅. Хл *a*₆₈₀/Хл *b*₆₄₅. Это указывает на большую устойчивость Хл *b*₆₄₅ к данному стрессу. При добавлении протектора в среду выращивания проростков в условиях низких температур наблюдается тенденция к увеличению отношения Хл *a*₆₈₀/Хл *b*₆₄₅, что предполагает больший защитный эффект сапонины по отношению к Хл *a*₆₈₀.

Изменение величины отношения Хл $a_{663}/Хл b_{645}$, Хл $a_{680}/Хл b_{645}$ в листьях проростков пшеницы (*Triticum aestivum* L.), обработанных и необработанных сапонинами, в условиях низкотемпературного стресса

Длина волн, нм	Контроль	Стресс	Защита
Хл $a_{663}/Хл b_{645}$	1,3	1,2	1,4
Хл $a_{680}/Хл b_{645}$	1,8	1,4	2.1

Действие сапонинов восстанавливает поглощающая способность каротиноидов Кар 445 нм на 46 %, Кар 470 нм – 44 % и Кар 500 нм – 41 % относительно стресса (рис. 2). Защита пигментов суммой сапонинов (рис. 1 и 2) объясняется присутствием в фитохимическом составе флаваноидов с преобладанием ликуразида [19]. Восстановление исследуемых фотосинтетических пигментов возможно связано также со способностью каротиноидов, как неферментативных антиоксидантов, тушить свободные радикалы, образующиеся при низкотемпературном стрессе.

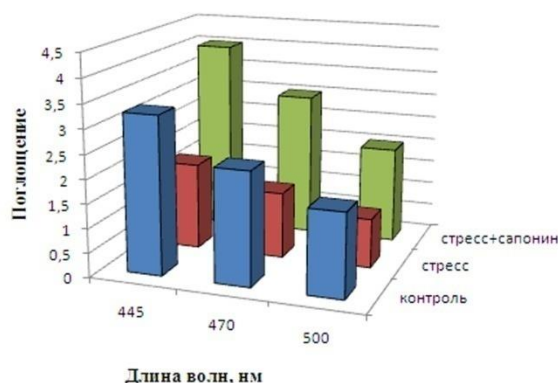


Рис. 2. Действие низкотемпературного стресса при (4°C) в течение 24 часов на состояние каротиноидов: Кар – 445, 470 и 500 нм в листьях 7-дневных проростков пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и защита их суммой сапонинов, выделенных из корней солодки (*Ra dix glycyrrhizae*)

Каротиноиды защищают фотосинтетический аппарат двумя способами: β -каротин (β -Кар) непосредственно гасит как триплетный хлорофилл $^3\text{Хл}^*$, так и синглетный кислород $^1\text{O}_2^*$. Накопление каротиноидов часто рассматривается как один из механизмов противодействия стрессу в организме (М 2000). В качестве гасителей триплетного состояния каротиноиды способны защищать фотосинтетический аппарат, подавляя высоко реактивное триплетное состояние хлорофилла. В условиях низкотемпературного стресса тилакоидная мембрана является основной мишенью для свободных радикалов, которые приводят к нарушению ее барьерной функции. В результате наблюдаются деструктивные количественные изменения в фотосинтетических пигментах. Наблюдаемое восстановление пигментных характеристик в присутствии суммы сапонинов в условиях холода, предполагается благодаря наличию в их фитохимическом составе свободных агликонов, которое может определять характер ее биологической активности.

Закключение

1. Показано, что низкотемпературный стресс приводит к повреждению тилакоидной мембраны и деструктивным изменениям пигментного аппарата.

2. Выявлена роль сапонинов, обладающих мембранно активными свойствами в защите тилакоидной мембраны от повреждений реактивных форм кислорода в условиях низкотемпературного стресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способ получения суммы сапонинов из корней аралии маньчжурской / В. А. Куркин [и др.] // Описание изобретения к патенту. – Режим доступа: <https://www.freepatent.ru/patents/2591081> – Дата доступа: 06.05.2022.
2. Каляга, Т. Г. Влияние почвенной засухи на содержание фотосинтетических пигментов в растениях ячменя сорта бровар. Журнал Белорусского государственного университета / Т. Г. Каляга, Н. В. Козел // Биология. – 2020. – Том. 3. – С. 46–53.
3. Попов, В. Н. Изменение ультраструктуры хлоропластов *Cucumis sativus* L. и *Secale Cereale* L. При низкотемпературном закаливании / В. Н. Попов, Н. В. Астахова // Физиология растений. – 2021. – Том 68. – С. 402–411.
4. Baker, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. Annual Review of Plant Biology, 2008, vol. 59, pp. 89–113.
5. Bychkov, I. A., Kudryakova N. V., Kuznetsov VI. V., Kusnetsov V. Cold Stress Activates the Expression of Genes of the Chloroplast Transcription Apparatus in Arabidopsis thaliana Plants. Environmental Science, Doklady. Biochemistry and biophysics, 2020, vol. 494, pp. 235–239.
6. Dadashova, S. B., Bayramova S. A., Kurbanova I. M. Protection of photosynthetic pigments from toxic action of copper by plant extracts. Advances in Biology & Earth Sciences, 2018, vol. 3, pp.107–113.
7. Finkel T. Signal transduction by reactive oxygen species. J. of Cell Biology, 2011, vol. 194, pp. 7–15.

8. Kurepin, L. V., Dahal K. P., Savitch L. V., Singh J., Bode R., Ivanov A.G., Hurry V., Hüner N. P.A. Role of CBFs as Integrators of Chloroplast Redox, Phytochrome and Plant Hormone Signaling during Cold Acclimation. *International Journal of Molecular Sciences*, 2013, vol. 14, pp. 12729–12763.
9. Ladygin, V. G. Spectral features and structure of chloroplasts under an early block of chlorophyll synthesis. *Biophysics*, 2006, vol. 51, pp. 635–644.
10. Mallick, N., Mohn, F. H. Reactive oxygen species: response of algal cells. *J. Plant Physiol.*, 2000, vol. 157, pp. 183–193.
11. Schroeder, W. A. & Johnson, E. A. Singlet oxygen and peroxy radicals regulate carotenoid biosynthesis in *Phaffia rhodozyma*. *J. Biol Chem.*, 1995b, vol. 270, pp. 18374–18379.
12. Yang Y.-J., Chang W., Huang W., Zhang Sh.-B., Hu H. The effect of chilling-light stress on photosystems I and II in three paphiopedilum species. *Botanical Studies*, 2017, vol. 58, pp. 53.
13. Middleton, E. M. & Teramura, A. H. (1993). The Role of Flavonol Glycosides and Carotenoids in Protecting Soybean from Ultraviolet-B Damage. *Plant Physiol.*, 103, pp. 741–752.
14. Demmig-Adams, B. (1990). Carotenoids and photoprotection in plants: a role for the xanthophyll zeaxanthin. *Biochim. Biophys. Acta.*, 1020, 1–24.
15. Krinsky, N. I. (1979). Carotenoid protection against oxidation. *Pure and Applied Chemistry*, 51, pp. 649–660.
16. Miliaskas, G., Venskutonis, P. R., Beek, T. A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food chemistry*, 85, pp. 231–237.
17. Scandalios, J. G. (1997). *Oxidative stress and molecular biology of antioxidants defenses*. Cold Spring Harbor Labor. Press. New-York.
18. Smolikova, G. H., Medvedev, C. C. (2015). Carotenoids: synthesis, diversity and functions. *Plant Physiology*, 62(4), 3–16.
19. Лекарственные растения Азербайджана / И. А. Дамиров [и др.]. – Баку: Из-во «Маариф», 1983. – 116 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕРО-КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ СУБТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЫ АЗЕРБАЙДЖАНА

Ш. З. ДЖАФАРОВА

Институт Почвоведения и Агрохимии Национальной Академии Наук Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан, АЗ.1073, email: shahla.jafarova@yandex.com

(Поступила в редакцию 29.09.2022)

Изучение биологических и агрохимических показателей имеет большое значение для экологической оценки земель Азербайджанской Республики. Учитывая слабую изученность биологических показателей серо-коричневых почв Ленкоранского района, исследования последних лет природных ценозов и агроценозов весьма актуально. Одним из ведущих направлений почвоведения на сегодняшний день является изучение развития современных почвенных процессов и почвенных режимов. В качестве индикаторов серо-коричневых почв в субтропическом климате Азербайджана определены доминирующие эдификаторы среди растительных групп и беспозвоночных. Изучение биологически диагностируемых параметров одновременно с агрохимическими показателями очень значимо для развития сельского хозяйства и экологической защиты почвы. Для изучения биологически диагностируемых показателей были выделены группы растений, доминирующих на территории, и группы беспозвоночных, основная деятельность которых связана с почвой. Наряду с различными агроценозами в статье представлены некоторые результаты агрохимических и биологических анализов, проведенных на необработанных почвах природных ценозов, и биологических анализов, проведенных на естественных почвах. Следует отметить, что видовые коричневые почвы были выделены С. А. Захаровым для светлых дубово-грабовых лесов, распрямленных на восточных и юго-восточных склонах Большого и Малого Кавказа. Наиболее типичные коричневые почвы под дубово-грабовыми лесами с хорошо развитым подлесным и ксерофильным травянистым покровом. Развитие коричневых почв на карбонатной коре выветривания, значительная активность вовлечения в биологический круговорот со следующим закреплением зольных элементов в почвах, обусловили высокую насыщенность их основаниями. Из-за относительно слабой изученности биологически диагностируемых параметров серо-бурых почв Азербайджана по сравнению с другими доминирующими типами почв, такие исследования в последние годы носят весьма актуальный характер.

Ключевые слова: гумификация, фитомасса, агроэкологические показатели, эдификаторы, углекислый газ.

The study of biological and agrochemical indicators is of great importance for the environmental assessment of the lands of the Azerbaijan Republic. Taking into account the poor knowledge of the biological indicators of the gray-brown soils of the Lankaran region, the study of natural cenoses and agrocenoses in recent years is very important. One of the leading areas of soil science today is the study of the development of modern soil processes and soil regimes. As indicators of gray-brown soils in the subtropical climate of Azerbaijan, the dominant edifiers among plant groups and invertebrates have been identified. The study of biologically diagnosed parameters simultaneously with agrochemical indicators is very important for the development of agriculture and the ecological protection of the soil. To study biologically diagnosable indicators, groups of plants that dominate the territory and groups of invertebrates, the main activity of which is associated with the soil, were identified. Along with various agrocenoses, the article presents some results of agrochemical and biological analyses carried out on uncultivated soils of natural cenoses, and biological analyses carried out on natural soils. It should be noted that specific brown soils were identified by S. A. Zakharev for light oak-hornbeam forests distributed on the eastern and southeastern slopes of the Greater and Lesser Caucasus. The most typical are brown soils under oak-hornbeam forests with well-developed undergrowth and xerophilous herbaceous cover. The development of brown soils on the carbonate weathering crust, a significant activity of involvement in the biological cycle with the subsequent fixation of ash elements in soils, led to their high saturation with bases. Due to the relatively poor knowledge of the biologically diagnosed parameters of the gray-brown soils of Azerbaijan in comparison with other dominant soil types, such studies have become very relevant in recent years.

Key words: humification, phytomass, agro-ecological indicators, edifiers, carbon dioxide.

Введение

Обострение экологической ситуации в Азербайджанской Республике и увеличение числа его последствий уже превратились в экологическую проблему. Рациональное использование почв требует изучения ведущих факторов процессов накопления и разложения органических остатков. Исследования проводились на серо-коричневых (каштановых) почвах полувлажных субтропиков Ленкораньского района. В связи со специфическими условиями климатической зоны изучение гидротермического режима почв представляет научный и практический интерес. Экспериментальные материалы были получены при изучении серо-коричневых почв Ленкораньского района, также определяли динамику фитомассы и микрофлоры. В результате проводимых в хозяйствах агротехнических мероприятий могут быть созданы оптимальные условия для жизни беспозвоночных (мезофауны), положительно влияющих на плодородие почв. Изучены приемы борьбы с сорняками на серо-коричневых почвах. В качестве индикаторов серо-коричневых почв в субтропическом климате Азербайджана определены доминирующие эдификаторы среди растительных групп и беспозвоночных. Изучение биологически диагностируемых параметров очень значимо для развития сельского хозяйства и эко-

логической защиты почвы. В статье отражены результаты двухлетних почвенных исследований. Исследования проводились в соответствии с общими правилами, принятыми в почвоведении.

Цель работы – показать, что изучение биологических показателей, а также агрохимических показателей почв является очень важным вопросом в развитии почвенной экологии в Азербайджане и гораздо более практичным при определении свойств и подтипов почв на основе биологических диагностических показателей.

Азербайджан имеет 9 из 11 мировых климатических зон, для которых характерно развитие уникальных и эндемичных типов почв. [1, 7]. Климат сухих субтропических степей, где преобладают серо-коричневые почвы и другие почвы сероземного типа, характеризуется более выраженной аридностью природных условий [2, 4, 6].

Одним из ведущих направлений почвоведения на сегодняшний день является изучение развития современных почвенных процессов и почвенных режимов. Важность этого направления определяется разработкой методов разработки почвенных процессов. [3, 5, 10]. Для установления особенностей взаимоотношений почв и растительных сообществ в различных условиях среды проводились почвенно-географические исследования и многолетние стационарные наблюдения в динамике почвообразовательных процессов. Это субтропическая зона с обилием осадков. Характерной чертой является густая речная сеть. Реки Ленкорань, Мастали, Вельвеле, Астара и другие. [11, 16]. Серо-коричневые почвы (Kastanozems) распространены в юго-западной части среднегорного пояса Ленкораньской зоны, на высоте 1500–2000 метров над уровнем моря. Эти почвы формируются в условиях фрагментарного рельефа и отличаются своеобразным горно-ксерофитным (фриганоидным) ландшафтом. Важнейшей особенностью является относительно разная стадия их развития, связанная главным образом с характером периодически переотложенных рыхлых отложений и динамикой рельефообразования [12, 14, 17]. Серо-коричневые почвы обладают наибольшей водопроницаемостью [20].

Одним из важнейших водно-физических свойств почв является водопроницаемость. Водопроницаемость определяет технику полива, характер промывки, водные режимы, характер развития эрозии, величину поливной борозды, струи. Экспериментальные материалы были получены при изучении серо-коричневых почв Ленкораньского и Джалилабадского района. Ленкораньская зона имеет свою уникальную флору и фауну. Объектом исследования являлись естественные ценозы под травянистой растительностью и агроценозы злаков. Также исследования проводились в долинах рек (в 2020–2022 гг.). Для субтропического пояса характерна несколько высокая среднегодовая температура воздуха: 12-13.2-14.2 °С, температура холодного месяца (январь) положительная 3,9–5,2 °С. Зима короткая и влажная, а лето длинное и сухое. Рассмотрение серо-коричневых почв как переходного звена между коричневыми и сероземными почвами позволило принципиально подойти к проблеме зональной смены и целостности субтропических почв. Были собраны гербарные материалы и определен флористический состав, взяты пробы почв из разрезов глубиной до 1.90 метра для лабораторного анализа. С целью выделения важной роли растительности в процессе почвообразования и особенно в образовании гумуса определяли поверхностный фитокомплекс и корневую массу растений в разные сезоны года. Количество фитомассы определяли дважды в год в период максимального развития вегетации (вторая декада мая). Надземную часть растений собирали с 1 м² площади. Для этих почв характерно наличие достаточно мощного темноокрашенного гумусового горизонта А [13, 15].

Мощность этого горизонта 0–20 см, тяжелосуглинистый, комковатый, мицеллярно-карбонатный, слабоуплотненный. Гумусовый горизонт постепенно переходит в относительно малогумусовый горизонт А/В. Изучение природных и культурных ценозов показало, что существует тесная связь между абиотическими и биотическими факторами. Биологическая продуктивность прямо пропорциональна сумме температур выше 10 °С [18, 19].

Для изучения продуктивности, гидротермальной системы, микрофлоры и микрофауны природных серо-бурых почв юго-восточной зоны Азербайджана использованы современные методы. На каждом выбранном участке закладывались грунтовые разрезы на глубину материнской породы. На определенных участках были взяты пробы для анализа почвы. Гравитационный анализ воды (краткий и полный) по Е. В. Аринушкиной, водно-физические свойства (гигроскопическая влага) – Н. А. Качиньскому; абсорбированные основания – по К. К. Гедройтс; карбонаты CaCO₃ и CO₂ – кальциметром; содержание общего азота и гумуса – по Тюрину; методом рН-ионметра-рН-метра. Изучение CO₂ проводили на неудобряемом варианте с поверхности почвы методом закрытых камер. Анализ газовых проб проводили в день отбора с использованием газовых хроматографов. Для моделирования дыхания почвы использовалась процессно-ориентированная имитационная модель DNDC

(DeNitrification-Decomposition), разработанная для оценки параметров биогеохимических циклов в агроэкосистеме. При удобрении почвы использовался метод Шилова. Лизиметр помещали на опытное поле до внесения минеральных удобрений. По этой причине был заложен участок глубиной 1 м и шириной 80 см, а под растениями поставлены лизиметры, в стене каждого участка вырыты ямы глубиной 80 см, соответствующие размерам участка. лизиметр. Установленные таким образом лизиметры работают несколько лет и не мешают агротехнике. Поглощенный аммиак, нитратный азот, фосфор и калий определяли при анализе отфильтрованной воды в лизиметрах.

Основная часть

Изучение запасов растительной массы и ее химического состава в соотношении между надземной и корневой массами степной растительности Азербайджана как экологического фактора почвообразования имеет большое значение. Экологические условия формирования растительного покрова почв степной зоны Азербайджана. Растения играют исключительно важную роль в почвообразовании. Растительность является наиболее информативным компонентом при изучении геосистем разного масштаба. Растительность определяет особенности геосистем и их структурно-функциональную организацию, включая процессы создания, преобразования и миграции вещества, энергии и информации. Трагакантовые группы фриганоидных групп растений также широко распространены в этих почвах. Среди этих групп растений преобладают *Astragalus Hohenackeri*, *Astragalus Meyer*, *Stiva Szovitsiana*, *Acantholimon Hohenakeri*, *Euphorbia Szovitsii* и другие эфемерные растения, такие как *Vicia faba*, *Taraxacum officinale*, *Artemisa vulgaris*, *Anthemis candidissima*, *Veronica vulgaris*, *Galium tricornutum*, *Cynodon dactylon*, *Daucus carota*, *Trifolium medicagym*, *Avena sativa*, *Apium graveolens*, *Carpinus L.*, *Zelkova spach*, *Parratia persica*, *Trifolium resupinatum*, *Lippia nodiflora*, *Paspalum L.*, *Salsol sola*, *Juncus littoralis*, *Quercus castaneifalid* и другие. Исследования последних двух лет показали, что вследствие эрозии произошли некоторые изменения плодородия и гидротермического режима серо-бурых почв.

В природном ценозе при температуре 17–32 °С и влажности (9–22 % W) количество беспозвоночных и микроорганизмов колеблется соответственно в пределах 10.7–19 экз/м² и 3.1–4·10⁶ г/почвы. На агроценозе злаков численность беспозвоночных отмечается в температурном (15–30 °С) и влажностном (16–28.7 % W) интервалах с относительным увеличением численности микроорганизмов до 4.5–5.3·10⁶ г/почвы отмечается незначительное снижение численности беспозвоночных до 12.4–15 экз/м². Водные свойства этих почв находятся в тесной зависимости от наличия в почве гумуса и коллоидов, от структуры и микроагрегатного состояния почвы, а также от механического состава. Гигроскопическая влажность – 7.27–7.78 %, а в нижних горизонтах – 5.25–6.27 %.

Максимальная молекулярная влагоемкость составляет 19.08–22.47 %. Средняя скорость поглощения на серо-бурых почвах за первый час наблюдений составляет 3.7–10.6 мм в минуту. Общее количество воды, поглощенное за 6 часов, составляет 583–257 мм. Содержание физической глины 50–67 %. Количество поглощенных оснований высокое: в верхнем горизонте 30–44 экв. на 100 г/почвы. Выявлено достаточно однородное распределение основных оксидов по профилю почвы. Не происходит выщелачивания и выноса каких-либо оксидов из минеральной части почвы. Количество подвижных аморфных соединений в необрабатываемых почвах природных ценозов выше, чем в почвах агроценозов, где выращиваются зерновые культуры.

В таблице ниже приведены агрохимические свойства некоторых образцов почв, взятых из природных ценозов Ленкораньского и Джалилабадского районов.

Таблица 1. Некоторые показатели плодородия природных ценозов на серо-бурых почвах

Области	Глубина, см	Гумус %	Общий фосфор %	Na %	Общий азот %	Соли	pH
Ленкорань	0–20	2.79	0.19	2.35	0.207	29.36	7.8
	20–35	1.77	0.13	2.12	0.140	25.41	7.9
	35–55	1.21	0.08	2.87	0.110	22.85	7.5
	55–85	0.57	0.06	2.13	0.072	18.79	7.4
	85–110	0.23	0.03	2.10	0.051	16.43	7.5
Джалилабад	0–13	1.32	0.11	2.45	0.116	19.40	7.6
	13–39	1.02	0.08	2.23	0.089	17.20	7.5
	39–77	0.78	0.04	3.71	0.060	15.40	7.3

Изменения количества натрия, подвижного фарфора, минеральных солей, гумуса в зависимости от глубины представлены в табл. 1. За весь период вегетации с каждого гектара в год от массы урожая (500 г) берется до 70 кг фосфора с га) и соответствующая вегетативная часть. Фосфора на гектар значительно меньше, чем азота, как в абсолютном количестве, так и в почве. Особое значение и актуаль-

ность имеет сравнительное изучение возможных изменений некоторых физико-химических и биологических свойств в природных и агроценозах.

Таблица 2. Биологическая активность почвы

Генетические горизонты и глубина, см	Органический углерод %	Водорастворимый гумус %	Скорость разложения целлюлозы, %	Температура, °С
AI 'a 0–27	1.1	0.026	12	1.2–26
AI " 27–50	0.8	0.021	11	1.3–27

Растительность любой природно-климатической зоны формирует первичную продукцию солнечной энергии. Выявленное количество разложившегося растительного вещества связано не только с состоянием фитоструктуры, но и с другими биологическими особенностями изучаемых почв. Особое внимание при этом уделяется групповому и видовому составу почвенной биоты и их деятельности, от которых зависят сложные стадии трансформации (гумификация и разложение) остатков фитомассы. Исследования, проведенные на целинном ценозе, показали, что при таком гидротермическом состоянии почвы преобладающей группой являются насекомые, среди которых преобладают наиболее приспособленные к этим условиям представители жесткокрылых.

Согласно данным многолетних полевых измерений, интенсивность CO_2 из 1 кг почвы на глубине 0–25 см за 1 час выделилось 7.0 мг CO_2 , на глубине 6.7 мг CO_2 20–50 см. Из характерной пробы почвенных культур заложенных серо-бурых почв с глубины 0–25 см выделено 13.6 мг/ч CO_2 , с глубины 25–50 см – 11.0 мг/ч. В орошаемых серо-бурых почвах агроценоза пробы, отобранные с глубины 0–25 см и с глубины 25–50 см, выделяли CO_2 17.5 и 10.8 мг/ч. С увеличением глубины количество углекислого газа уменьшается.

Воды этих рек являются оросительными, в их составе которых преобладает карбонат кальция. В речных отложениях содержание поглощенных оснований, напротив, не меняется. Содержание катионов Mg^{+2} и Ca^{+2} составляет 4.3 мг/экв и 8.6 мг/экв. Среднегодовая влажность 75 % годовое количество осадков 600–900 мм. Среднегодовая скорость ветра 2.0 м/с. Ca^{+2} и Mg^{+2} в горно-луговых почвах постепенно увеличивается от верхних горизонтов 0.01–0.002 %, к нижним 0.026–0.003 %. Для повышения продуктивности в агроценозах поля следует отдавать предпочтение органическим и минеральным веществам, обеспечивать питательными веществами почвы.

В результате проведенных исследований установлено, что количество биогенных веществ в воде, профильтрованной лизиметром, относится к удаленной части баланса. Наибольшее ежегодное вымывание минеральных удобрений в лизиметры наблюдалось при применении высоких норм. Из удобрений было выщелочено 713-9/29 % минерального азота 0.80–1.06 % фосфора 3.60–8.59 % калия.

При внесении минеральных удобрений количество минерального азота в лизиметровой воде было высоким в первый период промывки, N/NH_3 1.00 мг/л, N/NO_3 1.4 мг/л в фильтрованной воде от внесения минеральных удобрений, в норме N_{150} после внесения в качестве подкормки азотных удобрений этот показатель во второй период составил 0.98 (1,38 мг/л). При высокой норме внесения минеральных удобрений ($\text{N}_{150}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$) годовое количество минерального азота ($\text{N}/\text{NH}_3+\text{N}/\text{NO}_3$) составило всего 38/20 мг, фосфора 15/47 мг, калия 50/11 мг. При переводе этих показателей в гектары соответственно 5.39; 2.21 (7.17 ц/га).

Заключение

Содержание Na^+ также возрастает от верхних горизонтов 2.38 % к нижним, составляя 3.09 %. На агроценозе кормовых растений содержание катионов Ca^{+2} и Mg^{+2} по профилю значительно выше, чем в целинных почвах природного ценоза. Суммарное количество Na^+ и K^+ увеличивается как в верхних, так и в нижних горизонтах. В горно-луговых почвах естественных и окультуренных ценозов pH изменяется в пределах 7,3–7,8. Определены доминирующие эдификаторы среди групп растений как индикаторы серо-коричневых почв.

Поэтому земледелие положительно влияет на почвенные процессы. Корнеплоды овощей и злаков определяют высокую продуктивность надземной массы. Применение тех или иных химических средств для защиты растений, выращиваемых в агроценозах, от вредителей не должно оказывать негативного влияния на полезную почвенную. Используя в хозяйствах современные, передовые, агротехнические, поливные технологии, можно поддерживать стабильную биологическую активность и плодородие почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев, М. П. Морфогенетические характеристики, номенклатура и таксономия почв Азербайджана / М. П. Бабаев, В. Х. Гасанов, С. М. Гусейнова. – Баку, 2011. – 448 с.
2. Басиоуни, А. Ферментативная эффективность нимберцидина экстракта нима против фосфатаз в некоторых тканях пустынного локуса *Schistocerca gregaria* / А. Басиоуни. – 2021. – Том 4, выпуск 1. – С. 127–147.

3. Буссе, М. Кристиан П. Глобальные изменения и лесные почвы. Развитие почвоведения / М. Буссе, П. Кристиан // Книжная серия Elsevier Volume 36. 2019. pp. 120–150.
4. Бенджамин, Г. Дж. Влияние органического углерода почвы на физическое поведение почвы. Европейский журнал почвоведения / Г. Дж. Бенджамин. – Швейцария, 2013. – С. 133–149.
5. Чопде, С., Рупеш Д. Формирование наночастиц путем сушки нанораспылением и ее применение в нанокапсулировании пищевых биоактивных ингредиентов / С. Чопде, Д. Рупеш // Журнал сельскохозяйственных и пищевых исследований. – Том 2. – 2020. – С. 109–116.
6. Кастелини, М. Педотрансферные функции для оценки кривой водоудерживающей способности сицилийских почв / М. Кастелини // Архив агрономии и почвоведения. Тейлор и Фрэнсис. Том 65, № 10. – Великобритания, Лондон, 2019. – С. 123–134.
7. Гасанова, Т. А. Формирование фитомассы серо-бурых почв в аридных экосистемах Азербайджана / Т. А. Гасанова. Г. Ф. Аскерова // Вестник науки и практики. – 2021. – Том 7. – Выпуск 9. – С.110–115.
8. Гасанова, Т. А. Комплексы (экогруппы) беспозвоночных, фитомасса и динамика микробиологической популяции и их значение при диагностике серо-бурых почв Азербайджана / Т. А. Гасанова // Универсальный журнал сельскохозяйственных исследований, ISSN: 2332-2268. DOI: 10.13189/ujar.2021.090301. Том 3 Номер 4 /2015. Издательство Horizon Researches, США. Калифорния. – С. 130–134.
9. Гасанова, Т. А. Почвенно-мелиоративные особенности бассейна р. Киш / Т. А. Гасанова, А. Б. Гасанов // Летопись аграрных наук. – Грузия, 2021, т. 2, с. 19 N 2, ISSN 1512-1887 С. 126–135.
10. Гасанова, Т. А. Значение биодиагностики и орошения серо-коричневых почв / Т. А. Гасанова, Г. И. Мамедова // Универсальный журнал сельскохозяйственных исследований. Издательство Horizon Research, Ltd. Индексация НРД, CAS, Scopus. ISSN: 2332-2268. DOI: 10.13189/ujar.2021.090301 Том 9, №3. стр. 63–69 США, Калифорния. https://www.hrpub.org/journals/article_info.php?aid=11006.
11. Гасанова, Т. А. Применение ИКТ для исследования влияния разливов реки Киш на агроэкологические показатели оросительных вод и почв природных сенозов / Т. А. Гасанова // Научные журналы Южного Кавказа Черноморский научный журнал академических исследований. Гюльстан DOI: 10.36962, Т 59/02, 2021 г., С. 68–74.
12. Гасанова, Т. А. Основы удобрений на серо-луговых почвах Гедабекского района Азербайджана / Т. А. Гасанова // Материалы XXVIII Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ 2021». Раздел «Биология, экология растений». МАКС Пресс. – Москва, 2021.
13. Джафарова, Ш. З. Морфогенетические и биоэкологические особенности почв Ширванской равнины Азербайджанской Республики / Ш. З. Джафарова // Открытый журнал почвоведения, Vol. 3 № 4, 2013. С. 199-202. doi: 10.4236/ojss.2013.34023.
14. Джафарова, Ш. З. Современный характер плодородия горнолесных бурых почв Губа-Хачмазской зоны Азербайджанской Республики / Ш. З. Джафарова // Журнал сельскохозяйственных наук и техники, Том 1, № 2, июнь 2015 г., паб. Дата: 28 мая, США, Бостон, 2015. С. 95–100.
15. Кёстель, Дж. Взаимосвязь между содержанием органического углерода в почве и распределением размеров пор для пахотного верхнего слоя почвы с большим разнообразием свойств почвы / Дж. Кёстель, Н. Джарвис / Европейский журнал почвоведения. Швейцария. – 2022. – С. 67–83.
16. Мамедова, С. З. Экологическая оценка и мониторинг почв Ленкоранского района Азербайджана / С. З. Мамедова. – Баку: «Вяз», 2006. – 370 с.
17. Мамедов, Э. Э. Оценка и картографирование свойств поверхностных почв Кавказских гор, Азербайджан с использованием данных дистанционного зондирования высокого разрешения / Э. Э. Мамедов // Геодерма. – 2021. – Том 26. – С. 110–122.
18. Напрасникова, Е. В. Экологическая, микробиологическая и биохимическая характеристика почвенного покрова в условиях агротехногенного загрязнения / Е. В. Напрасникова, Л. П. Макарова // Известия Иркутского государственного университета. Биология, экология В 5. 2012. – №2. – С. 19–26.
19. Самедов, П. А. Экогруппы беспозвоночных и их биодиагностическое значение. Труды Общества почвоведов Азербайджана / П. А. Самедов. – Баку: «Вяз», 2016. – С. 60–63.
20. Терехова, И. А. Биотестирование почв: подходы и проблемы / И. А. Терехова // Почвоведение. – 2011. – № 2. – С. 190–198.

КОРРЕЛЯЦИЯ ПРИЗНАКОВ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ПЛОДОВ КОНСТАНТНЫХ ОБРАЗЦОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО В ГРУНТОВЫХ ТЕПЛИЦАХ

Н. А. НЕВЕСТЕНКО

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

(Поступила в редакцию 03.10.2022)

В селекции многих сельскохозяйственных растений используется возможность отбора образцов с высокими значениями хозяйственно ценных признаков на основе сравнительно легко определяемых биометрических признаков растений. В статье представлены результаты изучения корреляционной зависимости между признаками урожайности, морфологическими характеристиками растений и плодов, биохимическим составом плодов и показателями дегустационной оценки константных образцов перца сладкого. Установлены сильные положительные корреляционные взаимосвязи между товарной и общей урожайностью ($r = 1,00$); продуктивностью (общая и товарная урожайность) и массой плода ($r = 0,72-0,73$); массой и шириной плода ($r = 0,83$); числом камер и шириной плода ($r = 0,83$); оценкой внешнего вида и шириной плода ($r = 0,72$), а также толщиной стенок перикарпия ($r = 0,75$). Выявлена положительная связь средней силы массы плода с высотой растения ($r = 0,60$), количеством боковых побегов ($r = 0,49$), степенью облиственности ($r = 0,37$), числом камер ($r = 0,64$), толщиной перикарпия ($r = 0,60$), оценкой внешнего вида ($r = 0,54$) и консистенцией мякоти плода ($r = 0,42$). Отбор на высокую урожайность сопряжен с отбором высоких растений, с большим количеством боковых побегов, значительной степенью облиственности, высокой массой и шириной плода. В селекции на раннеспелость необходимо отдавать предпочтение образцам с меньшим количеством боковых побегов, имеющим узкие и длинные плоды с небольшой толщиной стенок перикарпия. При проведении дегустации высокую оценку внешнего вида получили образцы с крупными кубовидными плодами, имеющие большую толщину перикарпия.

Ключевые слова: перец сладкий, корреляция, биометрические характеристики, хозяйственно ценные признаки, биохимический состав плодов, показатели качества плода.

In the breeding of many agricultural plants, the possibility of selecting samples with high values of economically valuable traits based on relatively easily determined biometric plant traits is used. The article presents the results of a study of the correlation between yield characteristics, morphological characteristics of plants and fruits, the biochemical composition of fruits, and indicators of tasting evaluation of constant samples of sweet pepper. Strong positive correlations between commercial and total yields were established ($r = 1.00$); productivity (total and commercial yield) and fruit weight ($r = 0.72-0.73$); fruit weight and width ($r = 0.83$); the number of chambers and the width of the fruit ($r = 0.83$); assessment of the appearance and width of the fruit ($r = 0.72$), as well as the thickness of the walls of the pericarp ($r = 0.75$). A positive relationship was found between the average strength of the fruit mass and the height of the plant ($r = 0.60$), the number of side shoots ($r = 0.49$), the degree of foliage ($r = 0.37$), the number of chambers ($r = 0.64$), the thickness of pericarp ($r = 0.60$), appearance ($r = 0.54$) and texture of the fruit pulp ($r = 0.42$). Selection for high yields is associated with the selection of tall plants, with a large number of lateral shoots, a significant degree of foliage, high weight and width of the fruit. In breeding for early maturity, it is necessary to give preference to samples with a smaller number of side shoots, which have narrow and long fruits with a small thickness of the walls of the pericarp. During the tasting, samples with large cuboid fruits with a large thickness of the pericarp received a high appraisal of their appearance.

Key words: sweet pepper, correlation, biometric characteristics, economically valuable traits, biochemical composition of fruits, fruit quality indicators.

Введение

Интерес к изучению корреляции в биологии появился в начале XIX в. и связан с применением Ж. Л. Кювье принципа сравнительной анатомии для восстановления облика ископаемых позвоночных животных, а также с опубликованием Э. Ж. Сент-Илером закона равновесия органов. Ж. Л. Кювье, руководствуясь знаниями о соотношении частей организма, утверждал, что «ни одна из частей организма не может измениться без того, чтобы не изменялись другие, и, следовательно, каждая из них, взятая отдельно, указывает и дает остальные» [1].

В 1846 году французский физик О. Браве впервые разработал коэффициент корреляции [2]. Изучив измерения частей тела и роста, Ф. Гальтон независимо заново открыл концепцию корреляции в 1888 году и продемонстрировал ее применение в изучении наследственности, антропологии и психологии [3]. Основываясь на идеях, предложенных О. Браве и Ф. Гальтоном, англичанин К. Пирсон в конце XIX в. разработал математическую теорию корреляции [4].

Исследования по селекции сельскохозяйственных растений во второй половине XIX в. и начале XX в. часто включали анализ стохастических связей между признаками и подтверждали важность учения об отборе.

Развитие биометрических методов к началу XX века дало новый импульс для широкого использования корреляций в практической селекции. Корреляционный анализ различных признаков растений представлен в работах В. В. Колкунова. Исследователь установил тесную взаимосвязь между размером клеток листа, засухоустойчивостью и другими особенностями растений. Основываясь на этом,

была сформулирована теория анатомо-физиологической корреляции засухоустойчивости растений и выдвинут принцип отбора устойчивых к недостатку влаги растений по величине клеток устьиц [5].

При выведении новых сортов зерновых культур А. А. Сапегин и др. использовали метод анализа сопряженных (коррелятивных) признаков. Так, в расщепляющихся потомствах межвидовых гибридов (*Tr. aestivum* × *T. compactum*) была установлена тесная корреляция между плотностью колоса, с одной стороны, и длиной колосковых и цветковых чешуй, плотностью верхушки колоса, длиной зерен, их числом и весом – с другой [6].

Экспериментальные работы Ю. А. Филипченко были сосредоточены на проблеме наследственности и изменчивости количественных признаков различных форм мягких пшениц, обладающих рядом ценных хозяйственных особенностей, легко учитываемых количественными методами. В качестве приоритетного признака для отбора высокоурожайных образцов был предложен индекс плотности колоса [7].

Корреляционный анализ не потерял своей значимости и в настоящее время.

Большой опыт по изучению корреляционных зависимостей и применению их в практической селекции накоплен учёными-зерновиками [8–11]. При проведении селекционной оценки образцов голозерного овса в условиях Волго-Вятского региона Русакова И. И. с соавторами установили, что в благоприятные для развития овса по количеству осадков и температуре годы проявляются достоверные положительные корреляции урожайности с высотой растения, длиной и продуктивностью метелки, числом колосков и зерен в ней [8].

Д. В. Пушкарев совместно с другими исследователями на яровой мягкой пшенице выявили сильную положительную взаимосвязь между массой зерна в колосе и урожайностью зерна ($r = 0,71$); среднюю положительную связь – между урожайностью зерна и массой 1000 зерен ($r = 0,54$), числом зерен в колосе ($r = 0,62$) [9].

В своих исследованиях Н. А. Дуктова и Н. А. Кузнецова выявили зависимость урожайности растений пшеницы твердой от влияния множества факторов и определили среднюю корреляцию с продуктивной кустистостью ($r = 0,532$), количеством колосков ($r = 0,587$) и зерен ($r = 0,676$) в колосе и тесную связь с массой зерна главного колоса ($r = 0,753$) [10].

В. М. Трипутин [и др.], проводя оценку биометрических показателей озимой тритикале в условиях Омской области, определили, что с урожайностью наиболее тесно связана масса зерна с растения ($r = 0,611$), продуктивность растения наиболее тесно связана с продуктивной кустистостью ($r = 0,805$), на продуктивность колоса наибольшее влияние оказывает его озернённость ($r = 0,856$) [11].

Изучению корреляций между хозяйственно ценными признаками овощных культур, значению этих связей для селекционной работы посвящены исследования многих специалистов, работающих с овощными культурами [12–15].

Анализируя результаты корреляционного анализа признаков урожайности, лежкости и биохимического состава плодов томата, Е. Ю. Иванцова и А. В. Кильчевский установили, что общую и товарную урожайность объединяет сильная положительная корреляционная связь; средняя положительная связь выявлена между содержанием сахаров в плодах полной степени зрелости и содержанием сухих веществ в молочных плодах [12].

С. В. Жаркова при изучении признаков растений лука репчатого, выявила тесную прямую положительную связь продуктивности с массой луковицы и шириной листа. Установлена высокая положительная связь ($r > 0,7$) между признаками «товарная урожайность» и «общая урожайность» ($r = 0,94$); средний уровень положительной связи ($r = 0,5–0,7$) отмечен между товарной урожайностью и шириной листа, товарной урожайностью и массой луковицы, общей урожайностью и шириной листа, массой луковицы и шириной листа [13].

В селекционной работе с фасолью Н. Г. Казыдуб была определена высокая корреляция массы бобов и семян с растения ($r = 0,85 \pm 0,06$) и средняя – между массой бобов и их количеством на растении ($r = 0,54 \pm 0,002$), а также массой 1000 семян ($r = 0,52 \pm 0,01$) [14].

В исследованиях И. Г. Кохтенковой и В. В. Скорины изучались коэффициенты корреляции между основными фенотипическими признаками у чеснока озимого. Было выявлено, что урожайность не связана с количеством зубков в луковице ($r = -0,075$). Установлена высокая положительная зависимость между массой луковицы и массой зубка ($r = 0,811$), высотой ($r = 0,755$) и диаметром луковицы ($r = 0,760$) [15].

Таким образом, в селекции многих сельскохозяйственных растений используется возможность отбора образцов с высокими значениями хозяйственно ценных признаков на основе сравнительно легко определяемых биометрических признаков растений. Анализ структуры корреляционных связей позволяет установить диагностические признаки для раннего или менее трудоёмкого по исполнению от-

бора [16], особенно в тех случаях, когда прямая оценка селективируемого признака по каким-либо причинам затруднена [17].

Коэффициенты корреляции (r) варьируют в диапазоне от $-1,00$ до $+1,00$. Положительное значение показателя свидетельствует о совместном возрастании величин, а отрицательное – об обратной связи [18]. Следует учитывать, что использование в селекционном процессе коэффициентов корреляции может быть эффективным, если между признаками существует близкая к прямолинейной зависимость, а также в случаях, когда абсолютная величина коэффициента корреляции достаточно велика [19].

Цель исследований, представленных в данной публикации, заключалась в определении корреляционных связей между основными хозяйственно ценными признаками и показателями качества плода у константных образцов перца сладкого, выращенного в грунтовых теплицах.

Основная часть

Экспериментальные данные, используемые для проведения корреляционного анализа, получены в 2015–2018 годах на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии в рамках совместного с ГНУ «Институт генетики и цитологии» НАН Беларуси проекта «Разработать молекулярно-генетические методы маркер-сопутствующей селекции перца сладкого по генам качества плодов и устойчивости к болезням и создать сорт для пленочных теплиц» и частично опубликованы [20, 21].

Проведено комплексное изучение биометрических признаков растений и плодов, биохимических и дегустационных характеристик плодов, оценены элементы урожайности 25 константных образцов перца сладкого. Статистическую обработку результатов по выявлению корреляционной связи проводили с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 10.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что у изучаемых образцов перца сладкого в условиях защищенного грунта степень сопряженности признаков может быть разной по силе: от слабой до сильной, а корреляции имеют как положительное, так и отрицательное направление (табл. 1).

Одним из значимых селекционных признаков является ранняя урожайность перца, особенно в тех условиях произрастания (например, северо-восточная часть Республики Беларусь), где среднеспелые и позднеспелые сорта и гибриды не всегда полноценно вызревают. В работе с перцем сладким Шилина М. В. определила, что повышение раннеспелости было сопряжено с уменьшением массы плода и толщины стенок перикарпия [22].

В исследованиях Бухаровой А. Р. между признаками «средняя масса плода» и «ранний урожай» также была отмечена стабильно отрицательная корреляция с невысокой степенью сопряженности (коэффициент изменялся от $-0,325$ до $-0,464$) [23].

Нами установлена обратная корреляционная связь средней силы между ранней урожайностью и количеством боковых побегов ($r = -0,47$), шириной плода ($r = -0,31$). Выявлена прямая функциональная связь между товарной и общей урожайностью ($r = 1,00$), что также отмечается Моисеевой М. О. [24].

Важными элементами, влияющими на урожайность, у растений перца сладкого являются масса плода, толщина стенок перикарпия и форма плода. В работах Шилиной М. В., Patel P. N. et al., Моисеевой и др., авторы выявили сильную и среднюю взаимосвязь урожайности и массы плода [22, 24, 25]. Нами выявлена положительная взаимосвязь между общей и товарной урожайностью и массой плода ($r = 0,72-0,73$), степенью облиственности ($r = 0,65$), шириной плода ($r = 0,61-0,62$), высотой растения ($r = 0,63-0,64$), количеством боковых побегов ($r = 0,49$) и толщиной перикарпия плода ($r = 0,41$).

Масса плода, его биометрические и дегустационные показатели имеют важное хозяйственное значение. Обычно в селекционном процессе при визуальной оценке проводят позитивный отбор по размеру плода и его массе без учета сопряженных признаков. Однако, для успешного проведения отбора, необходимо знать взаимосвязь массы плода с другими характеристиками.

Нами выявлена тесная положительная связь массы и ширины плода ($r = 0,83$); положительная связь средней силы с высотой растения ($r = 0,60$), количеством боковых побегов ($r = 0,49$), степенью облиственности ($r = 0,37$), числом камер ($r = 0,64$), толщиной перикарпия ($r = 0,60$), оценкой внешнего вида ($r = 0,54$) и консистенцией мякоти плода ($r = 0,42$), подобную зависимость также отмечают в своих исследованиях М. В. Шилина, V. Y. Todorova и др., О. Н. Пышная и др. [22, 26, 27]. Отрицательная корреляция массы и длины плода ($r = -0,57$) в наших экспериментах связана с преобладанием крупных кубовидных плодов у изучаемых образцов.

Таблица 1. Корреляционная зависимость количественных признаков перца сладкого в среднем за 2015–2018 гг.

Изучаемые признаки	1. Ранняя урожайность, кг/м ²	2. Товарная урожайность, кг/м ²	3. Общая урожайность, кг/м ²	4. Масса плода, г	5. Высота растений, см	6. Количество боковых побегов, шт	7. Степень облиственности, баллы	8. Число камер, шт	9. Ширина плода, см	10. Длина плода, см	11. Толщина перикарпия, мм	12. Внешний вид, баллы	13. Плотность кожицы, баллы	14. Консистенция мякоти плода, баллы	15. Аромат мякоти плода, баллы	16. Вкус плода, баллы	17. Качество плода, баллы	18. Содержание сухого вещества, %	19. Содержание каротина, мг/кг	20. Содержание витамина С, мг/100 г	21. Содержание растворимых углеводов, %	
1	1,00																					
2	0,05	1,00																				
3	0,04	1,00	1,00																			
4	-0,26	0,72	0,73	1,00																		
5	0,02	0,63	0,64	0,60	1,00																	
6	-0,47	0,49	0,49	0,49	0,41	1,00																
7	-0,04	0,65	0,65	0,37	0,62	0,45	1,00															
8	-0,19	0,50	0,49	0,64	0,20	0,61	0,22	1,00														
9	-0,31	0,62	0,61	0,83	0,42	0,61	0,34	0,83	1,00													
10	0,23	-0,30	-0,29	-0,57	-0,02	-0,36	0,07	-0,72	-0,78	1,00												
11	-0,17	0,41	0,41	0,60	0,13	0,49	0,14	0,65	0,79	-0,66	1,00											
12	-0,13	0,34	0,34	0,54	0,17	0,48	0,00	0,62	0,72	-0,75	0,75	1,00										
13	-0,05	0,17	0,16	0,15	-0,11	0,02	-0,19	0,29	0,33	-0,34	0,39	0,26	1,00									
14	-0,11	0,20	0,16	0,42	-0,18	0,21	-0,19	0,57	0,55	-0,67	0,65	0,62	0,52	1,00								
15	-0,32	-0,05	-0,02	0,06	-0,29	0,25	-0,10	0,23	0,31	-0,41	0,35	0,43	0,04	0,24	1,00							
16	-0,05	0,15	0,13	0,04	-0,26	0,06	0,11	0,17	0,26	-0,24	0,28	0,21	0,49	0,44	0,57	1,00						
17	-0,08	0,23	0,23	0,18	0,06	0,39	0,30	0,19	0,25	-0,16	0,37	0,42	0,23	0,30	0,36	0,59	1,00					
18	0,16	-0,29	-0,27	-0,42	-0,15	-0,26	-0,03	-0,40	-0,46	0,45	-0,33	-0,43	-0,41	-0,46	0,08	0,03	-0,07	1,00				
19	0,18	-0,17	-0,18	-0,23	0,15	-0,32	0,30	-0,43	-0,39	0,47	-0,43	-0,59	-0,24	-0,36	-0,48	-0,20	-0,34	0,23	1,00			
20	0,33	-0,14	-0,16	-0,31	-0,19	-0,06	-0,20	0,05	-0,23	0,14	-0,01	0,01	-0,08	0,20	-0,07	-0,04	0,01	0,27	-0,22	1		
21	0,36	-0,02	-0,02	-0,09	0,12	-0,19	0,03	-0,08	-0,13	0,19	-0,06	-0,10	-0,27	-0,21	-0,09	-0,05	-0,11	0,66	0,14	0,41	1	

Число камер плода имеет обратную связь с длиной плода ($r = -0,72$) и прямую – с шириной плода ($r = 0,83$), а также – с толщиной перикарпия ($r = 0,65$).

Аналізу корреляційних залежностей між елементами урожайності, біометричними характеристиками рослин і плодів перця сладкого, з однієї сторони, і біохімічними показателями плодів, з другої сторони, присвячені єдиничні дослідження. В роботах М. О. Моїсєєвої були установлені середні позитивні кореляційні зв'язи між вмістом каротина і вітаміна С ($r = 0,300$); середні негативні кореляційні зв'язи – між вмістом вітаміна С і числом бокових побігів на рослині ($r = -0,450$), вмістом вуглеводів і періодом вегетації ($r = -0,370$) [24].

В наших дослідженнях виявлена пряма середня зв'язь ранньспелості з вмістом в плодах вітаміна С і розчинимих вуглеводів ($r = 0,33-0,36$); довжини плода – з вмістом сухої речовини і каротина ($r = 0,45-0,47$); вмісту розчинимих вуглеводів – з накопиченням вітаміна С і сухої речовини ($r = 0,41-0,66$).

Вперше в Республіці Білорусь була вивчена кореляція комплексу ознак рослин і плодів перця сладкого (урожайності, морфологічних характеристик, біохімічного складу плодів) і дегустационних характеристик. Виявлена висока позитивна спряженість між оцінкою зовнішнього виду плода і шириною плода ($r = 0,72$), товщиною стінок перикарпія ($r = 0,75$), а також висока негативна – з довжиною плода ($r = -0,75$). Консистенція м'якоти плода в середній ступені корелювала з товщиною стінок перикарпія, шириною і масою плода ($r = 0,42-0,65$), і була негативно спряжена з довжиною плода ($r = -0,67$). Середня позитивна кореляція встановлена між смаком плода з однієї сторони і консистенцією м'якоти ($r = 0,44$), щільністю шкірки ($r = 0,49$), ароматом м'якоти плода ($r = 0,57$), з другої сторони. Тесної залежності між елементами урожайності, біометричними характеристиками рослин і плодів, біохімічним складом плодів перця сладкого і дегустационною оцінкою в наших дослідженнях не виявлено.

Заключення

Встановлені сильні позитивні кореляційні зв'язи між товарною і загальною урожайністю ($r = 1,00$); продуктивністю (загальна і товарна урожайність) і масою плода ($r = 0,72-0,73$); масою і шириною плода ($r = 0,83$); числом камер і шириною плода ($r = 0,83$); оцінкою зовнішнього виду і шириною плода ($r = 0,72$), а також товщиною стінок перикарпія ($r = 0,75$).

Таким чином, відбір на високу урожайність спряжений з відбором високих рослин, з великою кількістю бокових побігів, значною ступенню облиственності, високою масою і шириною плода. В селекції на ранньспелість необхідно надавати перевагу зразкам з меншою кількістю бокових побігів, маючим узкі і довгі плоди з невеликою товщиною стінок перикарпія. При проведенні дегустации високу оцінку зовнішнього виду отримали зразки з великими кубовидними плодами, маючими велику товщину перикарпія.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кювье, Жорж-Леопольд-Кретьен-Фредерик-Дагобер // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). – СПб., 1890–1907.
2. Браве, О. Математический анализ вероятностей ошибок в положении точки. / Mémoires Par Divers Savants à l'Académie des Sciences de l'Institut de France. Sciences Mathématiques et Physiques. 1846, 9: 255–332.
3. Bulmer M. Galton's law of ancestral heredity. Heredity (Edinb). 1998 Nov;81 (Pt 5):579-85. doi: 10.1046/j.1365-2540.1998.00418.x. PMID: 9988590.
4. Pearson, K. VII. Mathematical contributions to the theory of evolution. – III. Regression, heredity, and panmixia //Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, containing papers of a mathematical or physical character. – 1896. – №. 187. – С. 253–318.
5. Тищенко, В. Н. Генетические основы адаптивной селекции озимой пшеницы в зоне лесостепи / В. Н. Тищенко, Н. М. Чекалин. – Полтава, 2005. – 250 с.
6. Гибридологический анализ сопряженных (коррелятивных) признаков пшеницы / А. А. Сапегин [и др.]. – Одесса: Типография акционерного Южно-Русского общества Печатного дела, 1916. – 455–544 с.: табл. - (Записки Императорского общества сельского хозяйства южной России; т. 86, кн. 2).
7. Филиппенко, Ю. А. Изменчивость и методы ее изучения. Основы биологической вариационной статистики. – Москва-Ленинград: ГИЗ, 1923 г. – 240 с. Русакова, И. И. и др. Селекционная оценка образцов голозерного овса в условиях Волго-Вятского региона // Аграрная наука евро-северо-востока. – 2017. – №. 2 (57). – С. 4–11.
8. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях степной зоны Омской области / Д. В. Пушкарев [и др.] // Вестник ОмГАУ. 2018. – №3 (31).
9. Дуктова, Н. А. Проявление гетерозисного эффекта и характер наследования признаков продуктивности растения у внутривидовых гибридов пшеницы твердой / Н. А. Дуктова, Н. А. Кузнецова // Вестник Белорус. госуд. сельскохоз. акад. – 2018. – № 4. – С. 111–114.

10. Трипутин, В. М. Оценка биометрических показателей озимой тритикале в условиях Омской области / В. М. Трипутин, А. Н. Ковтуненко, Ю. Н. Кашуба // *Материалы заседания секции тритикале ОСХН РАН онлайн «Тритикале. Селекция, генетика, агротехника и технологии переработки сырья»*. – Ростов-на-Дону, 2021. – С. 116–122.
11. Иванцова, Е. Ю. Корреляционный анализ признаков урожайности, лежкости и биохимического состава плодов томата (*Lycopersicon esculentum mill*) / Е. Ю. Иванцова, А. В. Кильчевский // *Молекулярная и прикладная генетика*. – Минск: Право и экономика, 2009. – Т. 10. – С. 7–12.
12. Жаркова, С. В. Корреляционный анализ признаков продуктивности лука репчатого и его использование в практической селекции / С. В. Жаркова // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 2009. – № 12 (62). – С. 9–14.
13. Казыдуб, Н. Г. Селекция и семеноводство фасоли в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. док. с. х. наук: / Н. Г. Казыдуб. – Тюмень, 2013. – 35 с.
14. Кохтенкова, И. Г. Корреляционная зависимость между фенотипическими признаками у коллекционных сортобразцов чеснока озимого / И. Г. Кохтенкова, В. В. Скорина // *Вестник БГСХА: науч.-метод. журн.* – 2021. – №2. – С. 113–116.
15. Пивоваров, В. Ф. Экологические основы селекции и семеноводства овощных культур / В. Ф. Пивоваров, Е. Г. Добруцкая. – М., 2000. – 592 с.
16. Singh M. Lentils: Potential Resources for Enhancing Genetic Gains / M. Singh. – Academic Press, 2018. – 245 p.
17. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 336 с.
18. Жученко, А. А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиоценоз) / А. А. Жученко. – Кишинёв: Штиинца, 1980. – 588 с.
19. Изучение перспективных линий перца сладкого по хозяйственно ценным признакам в пленочных теплицах / Н. А. Невестенко [и др.] // *Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы: к 115-летию со дня рождения академика А. Р. Жебрака «Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси»: материалы III Междунар. науч. конф. Минск, 23–25 ноября 2016 г. / НАН Беларуси, Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси, Общественное объединение «Белорус. о-во генетиков и селекционеров»*. – Минск, 2016. – С. 133.
20. Селекция перца сладкого для пленочных теплиц / М. М. Добродькин [и др.] // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвященный 100-летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы. – Санкт-Петербург, Россия, 2019. – С. 910.
21. Шилина, М. В. Фенотипические корреляции между некоторыми признаками у перца сладкого и возможности их использования в селекции / М. В. Шилина // *Вестник Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта*. – 2002. – № 4(26). – С. 101–105. – EDN VVCVER.
22. Бухарова, А. Р. Отдаленная гибридизация перца в селекции на гетерозис и адаптивность в условиях центрального региона России: автореф. дис. док. с. х. наук: / А. Р. Бухарова – Мичуринск, 2009 – 50 с.
23. Моисеева, М. О. Анализ корреляционных связей между основными хозяйственно-ценными признаками у гибридов перца сладкого / М. О. Моисеева, Т. В. Никонович, А. В. Кильчевский // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. – №1. – С. 66–69.
24. Patel P. N. et al. Studies on genetic variability, correlation and path analysis in chillies (*Capsicum annum L.*) // *Research on Crops*. – 2009. – Т. 10. – №. 3. – С. 626–631.
25. Todorova, V. Y. Pevichanova G. T., Todorov Y. K. Correlation studies for quantitative characters in red pepper cultivars for grinding (*Capsicum annum L.*). *Capsicum and Eggplant Newsletter*. 2003. v. 22. – P.63–66.
26. Пышная, О. Н. Селекция перца / О. Н. Пышная, М. И. Мамедов, В.Ф. Пивоваров. – М.: Изд-во ВНИИССОК, 2012. – 248 с.

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ТРАВСТОЕВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА ТРАВΟΣМЕСИ И УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЙ

М. М. ЗАЙЦЕВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: maryiazaitsava20@gmail.com

(Поступила в редакцию 03.10.2022)

В статье изложены результаты трехлетних исследований по изучению влияния состава травосмеси на продуктивность и качество корма при различных условиях увлажнения. Установлено, что состав травосмеси оказывает значительное влияние на питательность и продуктивность бобово-злакового травостоя. Травостой клевера гибридного с овсяницей тростниковой и клевера гибридного с двукисточником тростниковым дали прибавку урожайности зеленой массы в среднем 25,68 и 28,48 т/га соответственно. Дополнительное орошение так же способствовало получению более высокой урожайности зеленой массы. Наибольшую прибавку при этом получили травосмеси клевера гибридного с двукисточником тростниковым и клевера гибридного с фестулолиумом – 12,02 и 12,06 т/га соответственно.

В связи с тем, что травостои отличались между собой составом, они так же характеризовались различной энергетической и питательной ценностью. Так, наибольшее содержание сырого протеина отмечалось в трехвидовых травосмесях (клевера гибридного с клевером луговым и тимофеевкой луговой и клевера гибридного с люцерной посевой и тимофеевкой луговой) – 132,9-135,2 г/кг сухого вещества. При дополнительном увлажнении эти же травосмеси показали высокие результаты – 136,5-139,4 г/кг сухого вещества. При этом наибольшее содержание клетчатки отмечено в двухвидовой травосмеси клевера гибридного и тимофеевки луговой при естественном увлажнении – 316,8 г/кг сухого вещества, а дополнительное увлажнение в большей степени повлияло на накопление клетчатки в травостое клевера гибридного и двукисточника тростникового – 310,6 г/кг сухого вещества.

Анализируя данные продуктивности изучаемых травосмесей, отмечено что, высокие результаты показали травосмеси клевера гибридного с овсяницей тростниковой и клевера гибридного с двукисточником тростниковым. При этом выход обменной энергии составил – 108,19 и 104,69 ГДж/га, 14,78 и 14,50 ц/га кормовых единиц и 108,19 и 104,69 МДж/га обменной энергии, соответственно.

Ключевые слова: клевер гибридный, тимофеевка луговая, двукисточник тростниковый, овсяница тростниковая, фестулолиум, люцерна посевная, клевер луговой, урожайность, кормовая питательность, сухое вещество, сырой протеин, сырая клетчатка, режимы орошения.

The article presents the results of a three-year study on the effect of grass mixture composition on productivity and forage quality under various moisture conditions. It has been established that the composition of the grass mixture has a significant impact on the nutritional value and productivity of the legume-grass herbage. The herbage of hybrid clover with tall fescue and hybrid clover with reed canary grass gave an increase in green mass yield on average by 25.68 and 28.48 t/ha, respectively. Additional irrigation also contributed to a higher yield of green mass. At the same time, grass mixtures of hybrid clover with reed canary grass and hybrid clover with festulolium received the greatest increase – 12.02 and 12.06 t/ha, respectively.

Due to the fact that herbage differed from each other in composition, they were also characterized by different energy and nutritional values. Thus, the highest content of crude protein was observed in three-species grass mixtures (hybrid clover with meadow clover and meadow timothy and hybrid clover with alfalfa and meadow timothy) – 132.9–135.2 g/kg of dry matter. With additional moisture, the same grass mixtures showed good results – 136.5–139.4 g/kg of dry matter. At the same time, the highest fiber content was noted in a two-species grass mixture of hybrid clover and meadow timothy with natural moisture – 316.8 g/kg of dry matter, and additional moisture had a greater effect on the accumulation of fiber in the herbage of hybrid clover and reed canary grass – 310.6 g/kg of dry matter.

Analyzing the data on the productivity of the studied grass mixtures, it was noted that high results were shown by grass mixtures of hybrid clover with tall fescue and hybrid clover with reed canary grass. At the same time, the yield of metabolizable energy was 108.19 and 104.69 GJ/ha, 1.478 and 1.450 t/ha of feed units, and 108.19 and 104.69 MJ/ha of metabolizable energy, respectively.

Key words: hybrid clover, meadow timothy, reed canary grass (*Phalaris arundinacea*), tall fescue (*Festuca arundinacea*), festulolium, alfalfa, red clover, productivity, fodder nutritional value, dry matter, crude protein, crude fiber, irrigation regimes.

Введение

В настоящее время в Республике Беларусь актуальна проблема чрезмерно высоких удельных затрат кормов, которые значительно превосходят зоотехнические нормы. Поэтому для обеспечения поголовья крупного рогатого скота необходимо производство высокоэнергетических сбалансированных кормов. При этом важная роль отводится травяным кормам. Согласно Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы, требуется производить высокоэнергетических сбалансированных кормов не менее 45 ц к.ед./условную голову, из них травяных кормов – не менее 38 ц к.ед./условную голову. При этом необходимо увеличить площадь посевов многолетних трав до 1 млн га, из которых 90 % должны составлять бобовые и бобово-злаковые травы. [1]. Расширение посевных площадей под многолетними травами требует разработки новых и совершенствования существующих технологических приемов возделывания с целью повышения продуктивности, устойчиво-

сти в посевах и улучшения качества заготавливаемых кормов, что является актуальной задачей на современном этапе развития АПК республики. Питательные качества и кормовая ценность многолетних трав зависят от химического состава травы, который в свою очередь, зависит от целого ряда факторов: ботанического состава, почвенно-климатических условий, условий увлажнения и т. д. [2].

При этом, наряду с широко распространенными бобовыми травами, такими как клевер луговой и люцерна, перспективно возделывать клевер гибридный [3].

Благодаря тому, что он более устойчив к временному переувлажнению, повышенной почвенной кислотности и тяжелому гранулометрическому составу, клевер гибридный играет важную продукционную, почвоулучшающую и средообразующую роль в природных и антропогенных кормовых агроэкосистемах [4]. Также преимуществом клевера гибридного является то, что при заготовке сена, потери от обламывания листьев, кормовая ценность которых выше, чем у других частей растений, гораздо меньше. Это объясняется тем, что листья клевера гибридного крепко держатся на черешках [5]. Так же многие исследователи отмечают, что клевер гибридный по своему химическому составу и содержанию питательных веществ не уступает клеверу луговому, но имеет несколько горьковатый вкус и его рекомендуют скармливать животным вместе с другими кормами или в составе травосмеси [5, 6, 7, 8].

Опыты доказывают, что посев клевера гибридного в смеси с клевером луговым и со злаковыми травами не только нейтрализует горьковатый вкус клевера гибридного, но и такие травосмеси зачастую превосходят по продуктивности и качеству корма.

Поэтому направление исследований по совершенствованию состава клеверо-злаковых травосмесей и выявлению среди них наиболее продуктивных имеет неограниченную перспективу.

Основная часть

Научно-исследовательская работа проводилась в УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2011–2014 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая слабоподзоленная легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины 1,1 м. Почва имеет среднюю степень окультуренности. Агротехнические показатели подпахотного 20–40 и пахотного 0–20 см слоя почвы следующие: рН в КСL 6,0–6,6, гидролитическая кислотность 1,17–0,86 мг.-экв. на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями 91–96 %, содержание гумуса (по Тюрину) 0,73–1,65 %, подвижных соединений P_2O_5 – 97–181 мг и K_2O – 164–192 мг на 1 кг почвы. Опыт заложен в четырехкратной повторности, с систематическим (последовательным) размещением вариантов со смещением по повторностям. Учетная площадь делянок – 25 м².

Для решения поставленных задач был заложен полевой опыт по изучению продуктивности клевера гибридного в одновидовом посеве и в составе бобово-злаковых травосмесей. Нормы высева трав рассчитаны в процентном отношении от нормы высева в чистом виде. Опыты заложены по следующей схеме: Фактор А. Клевер гибридный и травосмеси с его участием: 1) Клевер гибридный в одновидовом посеве (контроль); 2) Клевер гибридный + тимофеевка луговая; 3) Клевер гибридный + овсяница тростниковая; 4) Клевер гибридный + двукисточник тростниковый; 5) Клевер гибридный + фестулолиум; 6) Клевер гибридный + люцерна посевная + тимофеевка луговая; 7) Клевер гибридный + клевер луговой среднеспелый + тимофеевка луговая; Фактор Б. Водно-воздушный режим почвы: 1) Естественное увлажнение; 2) Орошение с предполивным порогом влажности почвы 75–80 % НВ. Травосмеси выращивались на фоне минеральных удобрений $P_{70}K_{110}$ (Р – в запас на 2 года; К – дробно: 60 кг/га – осенью и 50 кг/га д. в. – после первого укоса).

Орошение проводили при снижении влажности почвы ниже 75 % НВ в слое 0–40 см дождевальной установкой IRRILAND «Raptor». Проведение поливов позволило поддерживать влагозапасы почвы на вариантах с орошением на уровне не ниже 75 % НВ.

Учет урожайности проводили методом сплошного скашивания травостоя поделочно и взвешивания. Одновременно в металлические боксы отбирали растительные пробы для определения влажности и последующего расчета содержания сухого вещества. Боксы с пробами взвешивались и сушились в сушильном шкафу сначала при температуре 45–50⁰ (2 часа), а затем при температуре 105⁰С в течение 6 часов. После взвешивания проводили повторное досушивание в течение 2 часов и взвешивание. Окончательным принимался результат, когда разница между предыдущим и последующим взвешиванием не превышала 0,1г [9].

По содержанию питательных веществ растительные образцы анализировались в химико-экологической лаборатории УО БГСХА, где, согласно методикам, определялось: сухое вещество в зеленой массе – высушиванием в сушильном шкафу при температуре 105⁰С по ГОСТ 27548-97 п. 4;

п.7; содержание общего азота определяли титрометрическим методом по Кьельдалю с последующим перерасчетом на сырой протеин по коэффициенту 6,25; содержание сырого жира методом обезжиренного остатка по Сокслету, сырой клетчатки – по Кюршнеру и Ганеку в модификации кафедры агрохимии Российского государственного аграрного университета «МСХА им. К. А. Тимирязева», БЭВ, сбор кормовых единиц, обменной энергии, содержание энергетических кормовых единиц (ЭКЕ) и переваримого протеина – расчетным путем [10].

Анализ полученных результатов показал, что урожайность зеленой массы отличались между травосмесями и зависела от условий увлажнения (табл. 1). Так, наибольшую прибавку урожайности к одновидовому травостоею клевера гибридного дали травосмеси с овсяницей тростниковой и двухкосточником тростниковым – 25,6 т/га и 28,48 т/га, соответственно. При этом урожайность данных травостоев составила 52,61 и 55,41 т/га, соответственно. Условия увлажнения так же способствовали получению прибавки урожайности. Дополнительное орошение в среднем по всем травосмесям дало прибавку 3,05–12,06 т/га. При этом хорошо отзывались на дополнительное увлажнение травосмеси клевера гибридного с двухкосточником тростниковым и фестулолиумом.

Таблица 1. Прибавки урожайности травосмесей при разных условиях увлажнения, т/га

Варианты	Естественное увлажнение	Дополнительное увлажнение	Прибавка от орошения, т/га	Прибавка от травосмеси, т/га
Клевер гибридный (контроль)	26,93	36,00	+9,08	-
Клевер гибридный + тимофеевка луговая	34,94	37,99	+3,05	+8,01
Клевер гибридный + овсяница тростниковая	52,61	60,59	+7,98	+25,68
Клевер гибридный + двухкосточник тростниковый	55,41	67,43	+12,02	+28,48
Клевер гибридный + фестулолиум	38,89	50,95	+12,06	+11,96
Клевер гибридный + люцерна посевная + тимофеевка луговая	39,74	43,05	+3,32	+12,81
Клевер гибридный + клевер луговой + тимофеевка луговая	39,90	43,42	+3,52	+12,97

НСР₀₅: для состава травосмеси
для условий увлажнения

0,40
0,35

Полученные результаты показывают, что содержание питательных веществ широко варьирует в зависимости от состава травосмеси и условий увлажнений (табл. 2).

Таблица 2. Питательность и энергетическая ценность травостоев в зависимости от состава травосмеси и условий увлажнения, 2012–2014 гг.

Условия увлажнения	Варианты опыта	Содержание в 1 кг сухого вещества			
		Сырого протеина, г	Сырой клетчатки, г	Обменной энергии, МДж	Кормовых единиц
Естественное увлажнение	Клевер гибридный (контроль)	140,9	280,0	9,44	0,71
	Клевер гибридный + тимофеевка луговая	123,5	316,8	8,89	0,63
	Клевер гибридный + овсяница тростниковая	127,6	285,8	9,34	0,70
	Клевер гибридный + двухкосточник тростниковый	125,5	306,9	9,06	0,66
	Клевер гибридный + фестулолиум	109,9	282,0	9,26	0,69
	Клевер гибридный + люцерна посевная + тимофеевка луговая	135,2	311,8	9,02	0,65
	Клевер гибридный + клевер луговой + тимофеевка луговая	132,9	315,7	8,95	0,64
Дополнительное увлажнение	Клевер гибридный (контроль)	151,3	285,2	9,38	0,70
	Клевер гибридный + тимофеевка луговая	130,3	303,5	9,09	0,66
	Клевер гибридный + овсяница тростниковая	130,9	294,9	9,26	0,69
	Клевер гибридный + двухкосточник тростниковый	129,2	310,6	9,04	0,65
	Клевер гибридный + фестулолиум	110,9	295,9	9,11	0,66
	Клевер гибридный + люцерна посевная + тимофеевка луговая	139,4	293,7	9,29	0,69
	Клевер гибридный + клевер луговой + тимофеевка луговая	136,5	300,9	9,18	0,67

Следует отметить, что наибольшее содержание сырого протеина наблюдается в сухом веществе трехвидовых травостоев при естественном увлажнении. Травосмесь клевера гибридного с люцерной посевной и тимофеевкой луговой содержала 135,2 г/кг сухого вещества, клевер гибридный с клевером луговым и тимофеевкой луговой – 132,9 г/кг сухого вещества. Такая же закономерность отмечается и при дополнительном увлажнении. При этом наибольшее содержание клетчатки отмечено в

двухвидовой травосмеси клевера гибридного и тимофеевки луговой при естественном увлажнении – 316,8 г/кг сухого вещества, а дополнительное увлажнение в большей степени повлияло на накопление клетчатки травосмеси клевера гибридного и двукисточника тростникового – 310,6 г/кг сухого вещества.

Анализ данных по содержанию в изучаемых травосмесях обменной энергии и кормовых единиц показывает, что отдельные травосмеси обеспечивают получение высокоэнергетического корма, который по своим качественным показателям не значительно отстает от одновидового посева клевера гибридного. К таким травостоям можно отнести травосмесь клевера гибридного и овсяницы тростниковой – 9,34 МДж обменной энергии и 0,70 к.ед./кг сухого вещества, а также травосмесь клевера гибридного и фестулолиума – 9,26 МДж обменной энергии и 0,69 к.ед./кг сухого вещества. При дополнительном увлажнении высокое содержание обменной энергии и кормовых единиц было отмечено для трехвидовой травосмеси клевера гибридного, люцерны посевной и тимофеевки луговой – 9,29 МДж и 0,69 к.ед./кг сухого вещества, соответственно. Также высокими показателями характеризовалась травосмесь клевера гибридного и овсяницы тростниковой – 9,26 МДж обменной энергии и 0,69 к.ед./кг сухого вещества.

Полученные данные по выходу кормовых единиц и сырого протеина с 1 га показывают, что преимущество имеют двухвидовые травосмеси клевера гибридного с овсяницей тростниковой и двукисточником тростниковым. Так, прибавка травосмеси клевера гибридного с овсяницей тростниковой, по отношению к одновидовому посеву клевера гибридного составила, составила 4,28 тыс. к.ед./га при естественном увлажнении и 4,09 тыс. к.ед./га при дополнительном увлажнении. При этом прибавка сырого протеина составила 1,95 и 0,06 ц/га, соответственно. Также высокую продуктивность показала травосмесь клевера гибридного с двукисточником тростниковым, прибавка кормовых единиц которого, при естественном увлажнении, составила 3,78 тыс. к.ед./га, а при дополнительном увлажнении 4,02 тыс. к.ед./га, а от выхода сырого протеина 6,96 и 6,94 ц/га в зависимости от увлажнения. Прибавка кормовых единиц от дополнительного увлажнения, в среднем по всем вариантам составила 0,68–1,55 тыс. к.ед./га, а прибавка сырого протеина – 1,39–3,28 ц/га.

Таблица 3. Продуктивность травостоев с участием клевера гибридного, 2012-2014 гг.

Условия увлажнения	Варианты опыта	Сбор сухого вещества, т/га	Выход к.ед., тыс./га	Выход обменной энергии, ГДж/га	Выход сырого протеина, ц/га
Естественное увлажнение	Клевер гибридный (контроль)	5,35	3,81	50,48	7,54
	Клевер гибридный + тимофеевка луговая	7,68	4,85	68,26	9,49
	Клевер гибридный + овсяница тростниковая	11,58	8,09	108,19	14,78
	Клевер гибридный + двукисточник тростниковый	11,55	7,59	104,69	14,50
	Клевер гибридный + фестулолиум	8,35	5,73	77,36	9,18
	Клевер гибридный + люцерна посевная + тимофеевка луговая	8,4	5,47	75,78	11,35
	Клевер гибридный + клевер луговой + тимофеевка луговая	8,65	5,54	77,40	11,50
Дополнительное увлажнение	Клевер гибридный (контроль)	7,15	5,03	67,04	10,82
	Клевер гибридный + тимофеевка луговая	8,35	5,53	75,94	10,88
	Клевер гибридный + овсяница тростниковая	13,3	9,12	123,11	17,41
	Клевер гибридный + двукисточник тростниковый	13,85	9,05	125,16	17,76
	Клевер гибридный + фестулолиум	10,95	7,28	99,79	12,14
	Клевер гибридный + люцерна посевная + тимофеевка луговая	9,45	6,53	87,83	13,17
	Клевер гибридный + клевер луговой + тимофеевка луговая	9,53	6,42	87,47	13,01
НСР ₀₅ для травосмеси для условий увлажнения		0,20			
		0,12			

Немаловажное значение при возделывании сенокосных травосмесей имеет сбалансированность кормовой единицы переваримым протеином, которая должна составлять по зоотехническим нормативам не менее 105–110 г/к.ед. В наших исследованиях (табл. 4) полученный за 3 года исследований корм по этому показателю соответствует зоотехническим нормам и составляет 118,74–147,05 г/к.ед.

Исключение составила только травосмесь клевера гибридного и фестулолиума. Дополнительное увлажнение позволило увеличить этот показатель до 125,23–168,20 г/к.ед.

Таблица 4. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином

Условия увлажнения	Вариант опыта	Содержание в 1 кг сухого вещества		Обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином
		Переваримого протеина, г	Кормовых единиц	
Естественное увлажнение	Клевер гибридный (контроль)	94,70	0,64	147,05
	Клевер гибридный + тимофеевка луговая	79,32	0,63	125,53
	Клевер гибридный + овсяница тростниковая	82,92	0,70	118,74
	Клевер гибридный + двухкосточник тростниковый	81,10	0,66	123,41
	Клевер гибридный + фестулолиум	67,26	0,69	97,95
	Клевер гибридный + люцерна посевная + тимофеевка луговая	89,62	0,65	137,66
	Клевер гибридный + клевер луговой + тимофеевка луговая	87,63	0,64	136,80
Дополнительное увлажнение	Клевер гибридный (контроль)	103,93	0,62	168,20
	Клевер гибридный + тимофеевка луговая	85,27	0,66	128,87
	Клевер гибридный + овсяница тростниковая	85,84	0,69	125,23
	Клевер гибридный + двухкосточник тростниковый	83,51	0,65	127,81
	Клевер гибридный + фестулолиум	68,13	0,66	102,53
	Клевер гибридный + люцерна посевная + тимофеевка луговая	93,37	0,69	135,12
	Клевер гибридный + клевер луговой + тимофеевка луговая	90,78	0,67	134,69

Закключение

1. На основании проведенных исследований в 2012–2014 гг. нами было выявлено, что травосмеси клевера гибридного с овсяницей тростниковой и клевера гибридного с двухкосточником тростниковым обеспечивают получение более высокой урожайности зеленой массы и выхода сухого вещества по сравнению с одновидовым посевом клевера гибридного и другими изучаемыми травосмесями. Прибавка урожайности при этом составила 25,68 и 28,48 т/га.

2. В связи с тем, что травостои отличались между собой составом, они так же характеризовались различной энергетической и питательной ценностью. Основным критерием хозяйственной эффективности травосмесей является выход обменной энергии и кормовых единиц с 1 га посева. Использование двухвидовых травосмесей клевера гибридного с овсяницей тростниковой и клевера гибридного с двухкосточником тростниковым обеспечивает получение 8,09 и 7,59 тыс. к.ед/га обменной энергии, 14,78 и 14,50 ц/га кормовых единиц и 108,19 и 104,69 МДж/га обменной энергии соответственно.

3. Изучаемые варианты травостоев обеспечили получение сбалансированного по протеину зеленого корма. Так, за 3 года исследований обеспеченность переваримым протеином кормовой единицы была на уровне 118,74–147,05 г/к.ед. при естественном увлажнении и 125,23–168,20 г/к.ед при дополнительном увлажнении, что соответствует зоотехническим нормам. Исключением оказалась травосмесь клевера гибридного и фестулолиума, у которой обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином была на уровне 97,95–102,53 в зависимости от уровня увлажнения.

4. Существенную прибавку мы получили от дополнительного увлажнения. Так, дополнительную урожайность зеленой массы мы получили на уровне 3,05–12,06 т/га в зависимости от варианта опыта. При этом выход кормовых единиц увеличился на 12,7–32,0 % в зависимости от варианта опыта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 01 февраля 2021 г., №59 // Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь / – Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/documents/ab2025.pdf> <http://www.pravo.by> – Дата доступа: 20.10.2022
2. Шелюто, А. А. Технологии и эффективность производства кормов: пособие / А. А. Шелюто, В. Н. Шлапунов, Э. А. Петрович. – Минск: ГУ «Учебно-методический центр Минсельхозпрода», 2005. – 397 с.
3. Малораспространенные кормовые культуры в полевом кормопроизводстве / Б. В. Шелюто [и др.] // Вестник БГСХА, 2016. – №2. – С. 55–59.
4. Benefits of mixed grass-legume pastures and pasture rejuvenation using bloat-free legumes in western Canada / Khatiwada B., Acharya S. N., Larney F. J., Lupwayi N. Z., Smith E. G., Islam M. A., Thomas J. E. // Canadian Journal of Plant Science, 2020. – №100/5 – С. 463–476.

5. Дегунова, Н. Б. Использование агрофитоценозов двукисточника тростникового / Н. Б. Дегунова // Кормопроизводство. – 2000. – № 9. – С. 26–28.
6. Андреев, Н. Г. Луговоеводство / Н. Г. Андреев. – М.: Колос, 1981. – 383 с.
7. Янсонс, Ф. И. Многолетние травы в северо-западной зоне / Ф. И. Янсонс. – Л.: Колос, 1978. – 216 с.
8. Чекель, Е. И. Возделывание клевера лугового и гибридного / Е. И. Чекель, В. В. Суходольская, Л. В. Дервояд // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. мат. – Минск, 2007. – С. 210–218.
9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
10. Шелюто, А. А. Оценка энергетической эффективности технологий в кормопроизводстве: метод. пособие / А. А. Шелюто. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Горки: БГСХА, 2011. – 45 с.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В ГРУНТОВЫХ ТЕПЛИЦАХ ПЕРЦА СЛАДКОГО БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ

М. М. ДОБРОДЬКИН, Н. А. НЕВЕСТЕНКО, И. Г. ПУГАЧЕВА, А. М. ДОБРОДЬКИН

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

А. В. КИЛЬЧЕВСКИЙ

ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220027

(Поступила в редакцию 01.11.2022)

Концепция устойчивого развития овощеводства в Республике Беларусь является одной наиболее актуальных из народнохозяйственных задач, особенно в современных сложившихся условиях, остро встала проблема обеспечением как овощеводческих хозяйств, так и частного сектора высококачественным посевным материалом, расширения сортимента овощных культур в том числе перца сладкого способно нивелировать данную возникшую проблему, в овощеводстве защищенного и открытого грунта. Ценной в этом отношении культурой является перец сладкий – он превосходит все овощные культуры по содержанию витамина С, которое составляет до 300 мг на 100 г сырой массы. Перец богат каротином, рутином, витаминами группы В, сахарами (глюкозой, фруктозой, сахарозой), летучими эфирными маслами, минеральными солями, клетчаткой, белками, крахмалом, гемицеллюлозой, пектиновыми веществами. Непрерывный спрос и рост потребления перца требует увеличения урожайности и сортового разнообразия с учетом различных направлений использования плодов. Размер, форма, окраска плодов, толщина мякоти определяют способ использования перца сладкого.

Районированные сорта и гибриды перца сладкого Чырвоны Магнат, Алтын, Гарлачык Жоўты, Сакавиты F₁ и Шодры F₁ превосходили по товарной урожайности контрольные образцы на 2,00, 9,00, 4,00, 4,00, и 2,00 ц/га соответственно. Возделывание данных сортов и гибридов перца сладкого позволяет получить высокий дополнительный чистый доход (Чырвоны Магнат – 5,73 тыс. руб./га, Алтын – 25,67 тыс. руб./га, Гарлачык Жоўты 11,47 – тыс. руб./га, Сакавиты F₁ – 11,73 тыс. руб./га, и Шодры F₁ – 5,73 тыс. руб./га), а также повысить конкурентоспособность продукции.

Ключевые слова: перец сладкий, защищенный грунт, урожайность, биохимические признаки, экономическая эффективность, сортоиспытание, чистый доход.

The concept of sustainable development of vegetable growing in the Republic of Belarus is one of the most urgent of the national economic tasks, especially in the current prevailing conditions. There is an acute problem of providing both vegetable farms and the private sector with high-quality seed, and expanding the range of vegetable crops, including sweet pepper, is able to level this emerging problem in vegetable growing of protected and open ground. A valuable crop in this regard is sweet pepper – it surpasses all vegetable crops in the content of vitamin C, which is up to 300 mg per 100 g of fresh weight. Pepper is rich in carotene, rutin, B vitamins, sugars (glucose, fructose, sucrose), volatile essential oils, mineral salts, fiber, proteins, starch, hemicellulose, pectin substances. The continuous demand and growing consumption of pepper requires an increase in yield and varietal diversity, taking into account the various uses of the fruit. The size, shape, color of the fruit, the thickness of the pulp determine the way the sweet pepper is used.

Zoned varieties and hybrids of sweet pepper Chyrvony Magnat, Altyn, Garlachyk Zhovty, Sakavity F₁ and Shchodry F₁ surpassed the control samples in terms of commercial yield by 2.00, 9.00, 4.00, 4.00, and 2.00 t/ha, respectively. The cultivation of these varieties and hybrids of sweet pepper allows you to get a high additional net income (Chyrvony Magnat – 5.73 thousand rubles / ha, Altyn – 25.67 thousand rubles / ha, Garlachyk Zhovty – 11.47 thousand rubles / ha, Sakavity F₁ – 11.73 thousand rubles / ha, and Shchodry F₁ – 5.73 thousand rubles / ha), as well as to increase the competitiveness of products.

Key words: sweet pepper, protected ground, productivity, biochemical characteristics, economic efficiency, variety testing, net income.

Введение

Хозяйственной деятельностью при производстве сельскохозяйственной продукции, в условиях рыночных отношениях, выдвигает необходимость повышения эффективности производства и качества продукции, привлекательности товара и конкурентоспособности, снижения себестоимости и трудовых затрат, являющихся одним из факторов его успешного ведения [1]. Рост производства овощной продукции и снижение затрат на ее единицу зависят от использования новых технологических решений, позволяющих сократить издержки производства до уровня, гарантирующего получение прибыли. Применение ресурсосберегающих подходов позволяет обеспечить прибыль и снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Современное овощеводство испытывает проблему в ассортименте овощных культур, богатых биологически активными веществами, продукция которых пользуется рыночным спросом и имеет высокую реализационную цену [2, 3, 4]. Ценной в этом отношении является культура перца сладкого. Перец сладкий (*Capsicum annuum*) – ценная овощная культура, содержащая большое количество витаминов. Он превосходит все овощные культуры по содержанию витамина С, которое составляет до 300 мг на 100 г сырой массы. Перец богат каротином, рутином, витаминами группы В, сахарами (глюкозой, фруктозой, сахарозой), летучими эфирными маслами, минеральными солями, клетчаткой,

белками, крахмалом, гемицеллюлозой, пектиновыми веществами [4, 5]. Непрерывный спрос и рост потребления перца требует увеличения урожайности и сортового разнообразия с учетом различных направлений использования плодов. Размер, форма, окраска плодов, толщина мякоти определяют способ использования перца сладкого. Крупноплодные плоды, как правило, имеют толстую стенку и нежную консистенцию мякоти, что важно при употреблении в свежем виде в салатах или для заморозки, приготовления маринадов. Основополагающими факторами увеличения урожайности перца сладкого является внедрение в производство новых, более урожайных сортов с высоким качеством плодов, устойчивых к болезням и вредителям, дальнейшее совершенствование технологии и минимизация затрат на их выращивание, что позволит повысить урожайность и снизить его себестоимость. Исходя из вышеизложенного, целью наших исследований является расширение сортимента перца сладкого, основанное на создании высокоурожайных сортов и гибридов для защищенного грунта, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков и позволяющих получать дополнительный чистый доход, и повышать рентабельность производства.

Основная часть

Селекционная работа проводилась на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА совместно с ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» в течение 2014–2018 гг.

Материалом для исследований послужили константные линии, полученные в результате индивидуального отбора в селекционном питомнике, и гибридные комбинации перца сладкого, полученные в двух схемах скрещивания. Изучаемые линии и гибридные комбинации высаживались в трехкратной повторности по три растения на делянке. В качестве стандарта использовали сорт Тройка. Агротехника перца сладкого общепринятая для необогреваемых поликарбонатных теплиц. Высадка растений на постоянное место осуществлялась 70–80-дневной рассадой 25–30 мая.

В 2014–2015 гг. изучались 67 константных линий перца сладкого, в табл. 1 представлены средние значения признаков урожайности и биохимических характеристик плодов 24 лучших образцов. В среднем за два года исследований наибольшей товарной урожайностью характеризовались пятнадцать линий, превышающих стандарт Тройка (4,2 кг/м²) на 7–50 %. По комплексу хозяйственно ценных признаков выявлены линии: Линия 108/0, Линия 112/2, Линия 121/1, Линия 149/3, Линия 155/2 и Линия 158/1, обладающие высокими значениями ранней, товарной, общей урожайности, массы плода и биохимических компонентов. По результатам исследований три константные линии переданы в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» под названием Чырвоны Магнат, Алтын и Червонец. После успешного прохождения испытания в Государственный реестр сортов включены и рекомендованы для возделывания на территории Республики Беларусь с 2017 г. – Чырвоны Магнат, с 2018 г. – Алтын и Червонец (районирован для фермерских хозяйств и частного сектора) [6].

Таблица 1. Хозяйственно ценные признаки лучших константных линий перца сладкого в среднем за 2014–2015 гг.

Образец	Урожайность, кг/м ²			Масса плода, г	Биохимические признаки			
	ранняя	товарная	общая		сухое вещество, %	каротин, мг/кг	витамин С, мг/100 г	углеводы, %
Линия 80	0,0	5,4	5,6	171,0	6,6	8,8	125,0	6,4
Линия 99/2	0,1	5,0	5,0	143,0	7,3	8,3	150,4	5,9
Линия 108/0	0,6	5,4	5,6	164,0	8,0	7,5	187,8	5,5
Линия 112/2	0,3	4,9	4,9	186,0	8,5	13,3	223,2	6,6
Линия 121/1	0,5	4,1	4,3	134,0	8,0	8,5	214,3	6,3
Линия 121/2	0,4	4,2	4,7	96,0	8,2	10,1	211,5	5,8
Линия 122/2	0,3	4,3	4,4	114,0	7,4	8,4	170,8	5,2
Линия 123/1	0,1	4,0	4,3	136,0	8,2	16,9	209,7	5,6
Линия 124/2	0,5	5,2	5,5	169,0	6,5	8,9	172,3	4,8
Линия 129/1	0,7	4,3	4,5	155,0	6,0	7,5	228,0	4,1
Линия 132/2	0,3	3,6	3,8	146,0	6,8	6,8	143,5	4,9
Линия 135/0	0,4	5,1	5,4	169,0	6,6	8,2	189,4	5,5
Линия 140/1	0,4	4,7	4,8	161,0	7,5	8,5	172,6	5,3
Линия 142/0	0,3	4,6	4,9	118,0	8,3	6,8	147,3	5,4
Линия 149/3	0,8	6,3	6,4	175,0	7,5	8,9	215,3	6,0
Линия 155/1	0,4	5,5	5,7	164,0	7,5	6,4	126,7	5,7
Линия 155/2	0,8	5,3	5,5	163,0	10,3	10,1	194,3	7,7
Линия 158/1	1,0	6,1	6,2	179,0	7,4	8,6	205,6	5,4
Линия 160/0	0,4	4,3	4,6	147,0	8,1	8,2	175,7	6,5
Линия 161/2	0,4	4,0	4,1	150,0	7,9	8,8	157,5	5,8
Линия 172/0	0,4	5,0	5,2	129,0	9,0	7,6	229,4	5,1
Линия 175/1	0,5	4,9	5,2	154,0	6,2	7,9	178,6	4,3
Линия 176/1	0,5	4,8	5,1	120,0	6,9	9,7	216,8	5,2
Линия 176/3	0,4	4,5	4,5	138,0	8,5	8,5	206,1	6,3
Тройка (стандарт)	0,3	4,2	4,5	80,0	7,0	10,8	148,4	5,6

В 2016–2018 гг. продолжено испытание константных линий, отобранных по результатам 2014–2015 гг. исследований, средние результаты лучших линий и гибридных комбинаций, созданных в двух схемах скрещивания 1 x 8 и 8 x 1, отражены в табл. 2.

Таблица 2. Хозяйственно ценные признаки лучших константных линий и гибридных комбинаций перца сладкого в среднем за 2016–2018 гг.

Образец	Урожайность, кг/м ²			Масса плода, г	Биохимические признаки			
	Ранняя	Товарная	Общая		Сухое вещество, %	Каротин, мг/кг	Витамин С, мг/100 г	Углеводы, %
Линия 99/2	0,4	4,6	4,7	169,0	7,2	8,5	125,2	3,2
Линия 112/2	0,2	6,1	6,2	120,0	7,1	16,3	130,6	4,3
Линия 116/0	0,2	5,2	5,5	96,0	8,2	13,6	97,6	5,2
Линия 121/1	0,2	4,5	4,7	155,0	9,5	8,4	139,9	4,7
Линия 121/2	0,8	3,2	3,3	138,0	9,8	15,9	114,4	5,0
Линия 122/2	0,1	5,1	5,5	175,0	7,5	13,0	102,8	2,5
Линия 124/2	0,5	6,7	6,9	164,0	7,5	7,5	92,2	4,4
Линия 128/1	0,4	5,0	5,0	161,0	8,2	12,9	109,7	4,2
Линия 129/1	0,3	7,2	7,4	129,0	7,6	7,8	86,9	3,8
Линия 132/2	0,0	3,7	4,1	146,0	7,2	8,7	97,8	3,3
Линия 137/2	0,3	4,2	4,4	154,0	9,7	34,4	99,2	4,4
Линия 140/0	0,3	3,9	4,1	163,0	7,3	9,7	105,0	3,9
Линия 142/0	0,2	4,7	4,9	150,0	7,5	6,8	149,1	3,5
Линия 149/3	1,0	5,7	6,0	164,0	8,1	8,6	106,8	4,2
Линия 155/1	0,5	4,1	4,4	186,0	8,5	10,9	128,4	4,7
Линия 155/2	0,6	4,3	4,5	179,0	8,3	8,2	123,5	4,6
Линия 158/1	0,5	4,8	5,0	118,0	6,8	7,5	94,8	3,7
Линия 160/0	0,7	3,9	4,0	147,0	7,2	8,2	132,5	3,8
Линия 161/2	0,4	5,3	5,5	134,0	6,9	7,1	150,0	3,7
Линия 172/0	0,4	6,1	6,3	114,0	6,8	15,8	111,2	4,2
Линия 175/1	0,2	5,8	6,0	169,0	7,4	9,0	125,0	4,6
Линия 175/2	0,1	5,0	5,4	143,0	7,5	6,4	118,1	3,8
Линия 176/3	0,2	5,5	5,6	136,0	7,7	11,3	115,6	4,4
Линия 177/0	0,5	5,5	5,7	171,0	7,9	16,4	104,6	4,1
Линия 4511 x Линия 80	0,3	2,5	2,6	172,9	7,7	13,0	138,1	5,0
Линия 4511x Оранжевое наслаждение	0,9	4,3	4,4	146,7	8,3	13,7	119,8	4,6
Линия 4511x Сиреневый	0,4	3,2	3,3	147,9	7,7	15,4	137,8	4,7
Линия 4511x Шоколадная красавица	0,2	2,8	2,8	115,8	8,3	32,7	138,5	4,6
Линия 4511 x Л 160/10	0,8	5,0	5,0	175,4	8,3	16,3	139,2	5,0
Линия 4511 x Черный красавец	0,7	3,6	3,8	127,8	8,8	21,0	124,6	4,8
Линия 4511 x Желтый букет	0,6	4,2	4,3	162,1	7,9	31,5	112,5	4,4
Линия 4511 x Линия 140/0	0,3	3,6	3,7	154,9	8,2	20,0	144,4	4,8
Линия 80 x Линия 4511	0,4	4,2	4,4	136,6	7,8	24,8	118,5	3,9
Линия 140/0 x Линия 4511	0,2	3,4	3,5	136,9	8,8	25,7	124,8	4,4
Оранжевое наслаждение x Линия 4511	0,3	4,4	4,5	128,7	8,0	14,7	109,1	4,3
Сиреневый x Линия 4511	0,8	4,1	4,2	164,9	7,4	16,0	142,8	5,7
Шоколадная красавица x Линия 4511	0,6	4,8	4,9	169,0	8,1	17,7	128,4	4,4
Линия 160/10 x Линия 4511	0,9	4,2	4,2	122,4	7,3	13,7	105,9	4,2
Черный красавец x Линия 4511	0,9	3,8	3,9	136,6	8,9	14,9	105,8	4,9
Желтый букет x Линия 4511	0,4	5,7	5,9	158,9	7,8	13,3	126,8	4,5
Тройка (стандарт)	0,8	4,0	4,1	88,5	8,2	24,4	122,3	3,9

За три года исследований выявлены 20 константных линий и 9 гибридных комбинаций с высокой товарной урожайностью, превышающей стандарт Тройка (4,0 кг/м²) на 2,5–80,0 %. Отобраны лучшие по линии и гибридные комбинации: Линия 112/2, Линия 116/0, Линия 121/1, Линия 124/2, Линия 129/1, Линия 149/3, Линия 175/1, Линия 4511 x Линия 160/10, Шоколадная красавица x Линия 4511 и Желтый букет x Линия 4511, обладающие высокими значениями товарной и общей урожайности, массы плода, содержания сухого вещества, каротиноидов, витамина С и растворимых углеводов в плодах. По итогам исследований три константные линии и две гибридные комбинации переданы в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» под названиями: Горечкий Красный – в 2017 г., Гарлачык Жоўты и Карат – в 2018, Сакавиты F₁ и Щодры F₁ – в 2019 г. После тестирования в системе госсортоиспытания в Государственный реестр сортов включены и рекомендованы для выращивания в производстве: Горечкий Красный – с 2019 г., Гарлачык Жоўты и Карат – с 2020 г., Сакавиты F₁ и Щодры F₁ – с 2021 г. [6].

Результаты государственного сортоиспытания сортов и гибридов перца сладкого белорусской селекции представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты сортоиспытания перца сладкого на ГСХУ «Молодечненская СС»

Образец	Товарная урожайность, кг/м ²	Отклонение от контрольного сорта	Средняя масса плода, г	Дегустационная оценка, баллы	Дней от всходов до технической спелости
2016 год					
Мастер F₁ контроль	450,0		83	4,5	164
Чырвоны магнат	470,0	20,0	190	5,0	169
2017 год					
Кубик желтый контроль	590,0		180	4,5	176
Алтын	680,0	90,0	281	5,0	174
Червонец	450,0	-140,0	211	4,8	174
2018 год					
Тройка контроль	440,0		93	5,0	146
Горецкий красный	420,0	-0,2	68	4,8	146
2019 год					
Алтын контроль	450,0		138	5,0	175
Гарлачык жоўты	490,0	40,0	153	4,9	171
Чырвоны Магнат контроль	430,0		148	4,8	148
Карат	430,0	0,0	159	4,9	171
2020 год					
Мастер F₁ контроль	430,0		93	4,6	189
Сакавиты F ₁	470,0	40,0	150	4,9	190
Щодры F ₁	450,0	20,0	134	4,8	197

Основным показателем, по которому оценивается экономическая эффективность, является товарная урожайность. В 2016 году на Молодечненской СС испытывался сорт перца сладкого Чырвоны Магнат, превышение над контролем Мастер F₁ составило 20,0 ц/га. Дегустационная оценка на 0,5 балла выше, чем у стандарта и составила 5,0 баллов. Масса плода более, чем в два раза превышала значение стандарта и составила 190,0 г. В 2017 году на этой же станции испытывались сорта Алтын и Червонец. Алтын сформировал товарную урожайность 680,0 ц/га, что на 15 % больше, чем у стандарта Кубик желтый (590,0 ц/га). Червонец уступил контролю 140,0 ц/га. Однако, по массе плода и дегустационной оценке изучаемые сорта имели большие значения. Гарлачык жоўты и Карат испытывались в 2019 году в сравнении с контролем Алтын, превышение у Гарлачыка жоўтага составило 40,0 ц/га; значения средней массы плода, дегустационной оценки и продолжительности периода от всходов до технической спелости, находились на уровне контроля. Сорт Карат в сравнении с контролем Чырвоны Магнат не уступал по товарной урожайности.

Гибриды Сакавиты F₁ и Щодры F₁ испытывались в сравнении с гибридом Мастер F₁ в 2020 году. По результатам испытания Сакавиты F₁ и Щодры F₁ превысили контроль по товарной урожайности на 40,0 и 20,0 ц/га, по массе плода – на 57 и 41 г, по дегустационной оценке – на 0,3 и 0,2 балла, соответственно.

Районированные сорта и гибриды перца сладкого Чырвоны Магнат, Алтын, Гарлачык Жоўты, Сакавиты F₁ и Щодры F₁ превзошли по товарной урожайности контрольные образцы на 20,0, 90,0, 40,0, 40,0 и 20,0 ц/га соответственно. Это явилось основанием для расчета экономической эффективности возделывания сортов и гибридов в защищенном грунте [7] (табл. 4).

Таблица 4. Экономическая эффективность возделывания сортов и гибридов перца сладкого в защищенном грунте

Показатели	Мастер F ₁ (контроль)	Чырвоны Магнат	Сакавиты F ₁	Щодры F ₁	Кубик желтый (контроль)	Алтын	Алтын контроль	Гарлачык жоўты
Товарная урожайность ц/га	450,0 (2016 г.) 430,0 (2020 г.)	470,0	470,0	450,0	590,0	680,0	450,0	490,0
Превышение по отношению к контролю, ц/га	–	20,0	40,0	20,0	–	90,0	–	40,0
Стоимость 1кг продукции, руб	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Стоимость основной продукции по отношению к контролю, тыс. руб./га	135,00 (2016 г.) 129,00 (2020 г.)	135,00	129,00	129,00	177,00	177,00	135,00	135,00
Стоимость прибавки, тыс. руб./га	–	6,00	12,00	6,00	–	27,00	–	12,00
Стоимость продукции и прибавки, тыс. руб./га	135,00 (2016 г.) 129,00 (2020 г.)	141,00	141,00	135,00	177,00	204,00	–	147,00
Дополнительные затраты на сбор прибавки урожайности, тыс. руб./га	–	0,27	0,53	0,27	–	1,33	–	0,53
Стоимость продукции и прибавки с учетом дополнительных затрат, тыс. руб./га	135,00 (2016 г.) 129,00 (2020 г.)	140,73	140,47	134,73	177,00	202,67	135,00	146,47
Дополнительный чистый доход, тыс. руб./га	–	5,73	11,73	5,73	–	25,67	–	11,47

Полученный дополнительный чистый доход при возделывании сортов и гибридов перца сладкого в ценах 2022 г. составил: Чырвоны Магнат – 5,73 тыс. руб./га, Алтын – 25,67 тыс. руб./га, Гарлачык жоўты 11,47 – тыс. руб./га, Сакавиты F₁ – 11,73 тыс. руб./га, и Щодры F₁ – 5,73 тыс. руб./га.

Заклучение

Исследования 2014–2015 гг. позволили выделить лучшие по комплексу хозяйственно ценных признаков линии: Линия 108/0, Линия 112/2, Линия 121/1, Линия 149/3, Линия 155/2 и Линия 158/1. После успешного прохождения испытания в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» три константные линии под названиями Чырвоны Магнат, Алтын и Червонец включены в Государственный реестр сортов: Чырвоны Магнат – с 2017 г., Алтын и Червонец – с 2018 г.

На основании изучения комплекса хозяйственно ценных признаков константных линий и гибридных комбинаций в 2016–2018 гг. выделены: Линия 112/2, Линия 116/0, Линия 121/1, Линия 124/2, Линия 129/1, Линия 149/3, Линия 175/1, Линия 4511 x Линия 160/10, Шоколадная красавица x Линия 4511 и Желтый букет x Линия 4511. По результатам оценки в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» в Государственный реестр сортов Республики Беларусь включены и рекомендованы для производственного возделывания: Горецкий красный – с 2019 г., Гарлачык жоўты и Карат – с 2020 г., Сакавиты F₁ и Щодры F₁ – с 2021 г.

Районированные сорта и гибриды перца сладкого Чырвоны Магнат, Алтын, Гарлачык жоўты, Сакавиты F₁ и Щодры F₁ в процессе государственного сортоиспытания превосходили по товарной урожайности контрольные образцы на 20,0, 90,0, 40,0, 40,0, и 20,0 ц/га соответственно. Возделывание районированных сортов и гибридов перца сладкого позволяет получить высокий дополнительный чистый доход (Чырвоны Магнат – 5,73 тыс. руб./га, Алтын – 25,67 тыс. руб./га, Гарлачык жоўты 11,47 – тыс. руб./га, Сакавиты F₁ – 11,73 тыс. руб./га, и Щодры F₁ – 5,73 тыс. руб./га.), а также повысить конкурентоспособность продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добродькин, А. М. Экономическая эффективность возделывания в открытом и защищенном грунте гибридов томата с повышенной лежкостью плодов / А. М. Добродькин, М. М. Добродькин, И. Г. Пугачева, Т. В. Никонович, А. В. Кильчевский // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3. – С. 148–152.
2. Аутко, А. А. Концепция развития овощеводства в Республике Беларусь на период до 2015 года / А. А. Аутко, Н. П. Купреенко // Овощеводство = Vegetable growing: сб. науч. тр. / НАН Беларуси, РУП «Ин-т овощеводства». – Минск, 2010. – Вып. 17. – С. 7–20.
3. Моисеева, М. О. Изучение адаптивной способности и экологической стабильности перспективных гибридов перца сладкого / М. О. Моисеева, Т. В. Никонович, М. М. Добродькин, А. В. Кильчевский // Вестник БГСХА. – 2015. – № 3. – С. 115–118.
4. Современные технологии в овощеводстве: монография / А. А. Аутко [и др.]; ред. А. А. Аутко; рец.: В. Н. Шлапунов, Н. А. Ламан; НАН Беларуси, Ин-т овощеводства. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 490 с.
5. Борисов, В. А. Перец сладкий. Пищевые и целебные свойства / В. А. Борисов, С. Литвинов, А. В. Романова // Качество и лежкость овощей. – М., 2003. – С. 377–388.
6. Государственный реестр сортов / Справочное издание / Ответственный за выпуск: В. А. Бейня. – Минск, 2021, – 268 с.
7. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2010. – 24 с.

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

Л. М. АЛИСИЕВИЧ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160

(Поступила в редакцию 13.10.2022)

В современных условиях хозяйствования одним из приоритетных направлений аграрной политики Республики Беларусь является поиск путей качественного укрепления кормовой базы отрасли животноводства, в частности – решение проблемы дефицита растительного белка в рационах кормления сельскохозяйственных животных. Как известно, несбалансированность кормов по протеину негативно сказывается на продуктивности животных, приводит к перерасходу зернофуража, и, в конечном итоге, к снижению эффективности производства продукции животноводства. Это свидетельствует о том, что в настоящее время необходимо увеличивать в республике посевные площади и урожайность зернобобовых культур, которые являются важным источником растительного белка.

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния довсходового применения гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) на засоренность посевов и продуктивность зернобобовых культур. Установлено, что этот гербицид через 30 дней после химической прополки обеспечил биологическую эффективность в уничтожении сорняков 88,9–91,3 %, а через 60 дней – 88,6–90,8 %, что позволило повысить урожайность зернобобовых на 25,9–36,0 % в зависимости от вида возделываемой культуры.

Ключевые слова: зернобобовые культуры, гербициды, засоренность, урожайность

In modern economic conditions, one of the priorities of the agrarian policy of the Republic of Belarus is to find ways to qualitatively strengthen the fodder base of the livestock industry, in particular, to solve the problem of vegetable protein deficiency in the diets of farm animals. As you know, the imbalance of feed in terms of protein negatively affects the productivity of animals, leads to overspending of grain fodder, and, ultimately, to a decrease in the efficiency of livestock production. This indicates that at present it is necessary to increase the sown area and the yield of grain-leguminous crops in the republic, which are an important source of vegetable protein.

The article presents the results of studies on the effect of pre-emergence application of the herbicide Pulsar, water solution (1.0 l/ha) on the infestation of crops and the productivity of grain-leguminous crops. It was found that this herbicide 30 days after chemical weeding provided biological efficiency in the destruction of weeds of 88.9–91.3 %, and after 60 days – 88.6–90.8 %, which made it possible to increase the yield of grain-legumes by 25.9–36.0 % depending on the type of cultivated crop.

Key words: grain-leguminous crops, herbicides, weediness, yield.

Введение

Зернобобовые культуры имеют важное экономическое значение в сельскохозяйственном производстве Беларуси. Они являются незаменимыми источниками белка в кормлении животных. Недостаток растительного белка приводит к перерасходу кормовых ресурсов, недобору продукции животноводства и увеличению ее себестоимости, а также вызывает необходимость приобретения за рубежом в качестве белковой добавки значительного количества дорогостоящего соевого и подсолнечно-го шрота. Однако в настоящее время, по ряду причин, посевные площади зернобобовых культур в республике далеки от оптимальных, что связано, прежде всего, с невысокой их продуктивностью [5]. Одной из основных причин, сдерживающих получение высокой урожайности зернобобовых культур, является засоренность посевов [7]. При высокой численности в посевах сорняки снижают урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, усложняют проведение уборочных работ. Вредоносность сорных растений для зернобобовых культур значительно выше, чем для зерновых. Это связано с тем что зернобобовые в соответствии с биологическими особенностями в течение 4–5 недель после посева растут очень медленно, а сорняки за это время достигают высоты 16–20 см и более, что ухудшает рост и развитие зернобобовых культур. В результате их урожайность может снижаться на 30–50 % и более [6, 8]. При этом необходимо отметить, что, видовой состав сорного ценоза посевов зернобобовых культур влияет на уровень потерь урожайности и имеет сильную зависимость от количества сорняков и степени доминирования определенного вида [9, 10].

На современном этапе эффективная система защиты посевов от сорных растений является достаточно затратной, но без научно обоснованного подхода к выбору гербицидов и их применению, с учетом конкретных условий, невозможно получение высокой и стабильной урожайности зернобобовых культур. Современные средства защиты растений позволяют успешно решать эту проблему. Однако технология применения должна постоянно совершенствоваться, быть биологически обоснованной и экономически оправданной. Прежде всего, необходимо принимать во внимание, что зернобобовые культуры характеризуются повышенной чувствительностью к большинству гербицидов. В этой связи целью настоящих исследований являлось изучение эффективности применения гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) при возделывании зернобобовых культур (горох посевной, горох полевой,

люпин узколистный, люпин желтый, вика яровая), а также оценка их реакции на использование данного препарата.

Основная часть

Исследования проводили в 2016–2017 гг. и 2022 г. в Минской области Смолевичском районе на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,96–2,21 %, P_2O_5 – 225–252 мг/кг, K_2O – 278–344 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 6,0–6,2. Предшественник – озимые зерновые. После уборки предшественника и отрастания сорняков на опытном участке применяли гербицид на основе глифосата Торнадо (5,0 л/га). Через две недели после проявления гербицидного эффекта вносили фосфорно-калийные удобрения (P_{60} , K_{120}) и проводили вспашку. Азотные удобрения под зернобобовые культуры не вносили. Для посева использовали сорт гороха посевного – Миллениум, гороха полевого – Зазерский усатый, люпина узколистного – Жодинский, люпина желтого – Владко, вики яровой – Людмила. Норма высева у указанных выше культур составляла соответственно 1,3; 1,5; 1,5; 1,2; 2,5 млн шт. всхожих семян. Технология возделывания зернобобовых культур при проведении исследований осуществлялась в соответствии с отраслевыми регламентами [2, 3, 4]. Площадь делянки – 72 м², повторность – трехкратная.

На посевах зернобобовых культур применяли гербициды Гезагард, КС (3,0 л/га) – эталон и Пульсар, ВР (1,0 л/га). Эти препараты вносили через 3 дня после посева зернобобовых. Норма расхода рабочего раствора – 200 л/га. Учет засоренности посевов проводили количественно-весовым методом через 30 и 60 дней после применения гербицидов. Уборку изучаемых культур проводили в фазу полной спелости зерна комбайном Wintersteiger Delta. Статистическая обработка полученных данных проводилась методом дисперсионного анализа [1].

Погодные условия в период проведения исследований существенно различались по годам. Сумма активных температур за время вегетации зернобобовых культур (май – август) в 2016 г. была выше нормы на 8,2 %, а в 2017 г. – ниже на 1,7 %. В 2022 г. этот показатель превысил норму на 3,7 %. Количество атмосферных осадков за указанный выше период в 2016 г. было ниже нормы на 5,3 %, а в 2022 г. – на 13,7 %. В 2017 г. этот показатель превышал норму на 9,0 %. Гидротермический коэффициент (ГТК) в указанные выше годы за период вегетации зернобобовых культур был равен соответственно 1,38; 1,74; 1,34 при среднемноголетнем значении этого показателя в регионе, где проводили исследования, 1,57, 1,66, 1,55. Следовательно, вегетационный период в 2016 г. и 2022 г. характеризовался недостаточным увлажнением, а в 2017 г. – избыточным увлажнением, что оказало влияние на уровень продуктивности изучаемых зернобобовых культур.

Необходимо отметить, что опытные участки, на которых проводились исследования, характеризовались невысокой степенью засоренности. Численность сорняков при возделывании изучаемых зернобобовых культур без применения гербицидов находилась в пределах 47–90 шт./м². Видовой состав сорных растений был типичным для центральной агроклиматической зоны Республики Беларусь. В период проведения исследований преобладающими видами сорняков в посевах изучаемых зернобобовых культур являлись просо куриное, ярутка полевая, марь белая, виды горцев, фиалка полевая, удельный вес которых в сорном ценозе зернобобовых составлял соответственно 34,2–35,5 %; 13,8–17,0 %; 15,5–16,5 %; 12,1–13,4 %; 8,7–11,1 %. В посевах произрастали также звездчатка средняя, пикульник обыкновенный, подмаренник цепкий, пастушья сумка, падалица рапса, численность которых была значительно меньше по сравнению с указанными выше преобладающими видами сорняков.

Установлено, что через 30 дней после дождевого применения гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) гибель сорных растений в посевах гороха посевного в среднем за три года составила 90,5 %, их сырая масса снизилась на 92,8 % (табл. 1). В эталонном варианте, где применяли гербицид почвенного действия Гезагард, КС (3,0 л/га), эти показатели составили 84,5 и 87,9 % соответственно, что было ниже по сравнению с гербицидом Пульсар, ВР (1,0 л/га) на 6,0 и 4,9 %.

Использование гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) в посевах гороха полевого, также оказалось эффективным. Гибель сорных растений в этом случае составила 91,3 %, а снижение их массы – 93,4 %, что было выше на 5,9 и 5,8 % по сравнению с использованием гербицида Гезагард, КС (3,0 л/га).

Применение гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) в посевах люпина узколистного и люпина желтого позволило уменьшить численность сорных растений на 90,3 и 88,9 %, а их сырую массу на 92,4 и 91,5 % соответственно. Гибель сорняков в варианте, где для обработки посевов люпина узколистного применяли гербицид Гезагард, КС (3,0 л/га) составила 84,1 %, снижение их массы – 86,6 %. В посевах люпина желтого эти показатели составили 83,8 и 85,6 %. Следовательно, в этом случае гибель сорняков в посевах выше указанных культур было ниже по сравнению с применением гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) соответственно на 6,2 и 5,1 %, а снижение их сырой массы на 5,8 и 5,9 %.

Снижение численности сорняков в посевах вики яровой от применения гербицида Гезагард, КС (3,0 л/га) составила в среднем 83,0 %, что ниже на 5,9 % чем при использовании гербицида Пульсар,

ВР (1,0 л/га). Снижение сырой массы сорных растений в варианте с применением гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) составило 90,5%, а Гезагард, КС (3,0 л/га) – 84,7 %, т.е. на 5,8 % ниже.

Таблица 1. Влияние гербицидов на засоренность посевов зернобобовых культур через 30 дней после химической прополки (среднее за 3 года)

Вариант	Численность сорняков		Сырая масса сорняков	
	шт/м ²	снижение, %	шт/м ²	снижение, %
Горох посевной				
Контроль	66,3	–	324,2	–
Гезагард, КС (3 л/га)	10,3	84,5	39,1	87,9
Пульсар (1 л/га)	6,3	90,5	23,5	92,8
Горох полевой				
Контроль	68,7	–	334,2	–
Гезагард, КС (3 л/га)	10,0	85,4	41,3	87,6
Пульсар (1 л/га)	6,0	91,3	22,2	93,4
Люпин узколистный				
Контроль	69,3	–	336,5	–
Гезагард, КС (3 л/га)	11,0	84,1	45,0	86,6
Пульсар (1 л/га)	6,7	90,3	25,6	92,4
Люпин желтый				
Контроль	72,3	–	354,7	–
Гезагард, КС (3 л/га)	11,7	83,8	50,9	85,6
Пульсар (1 л/га)	8,0	88,9	30,3	91,5
Вика яровая				
Контроль	74,7	–	362,5	–
Гезагард, КС (3 л/га)	12,7	83,0	55,6	84,7
Пульсар (1 л/га)	8,3	88,9	34,6	90,5

Анализ засоренности посевов изучаемых зернобобовых культур через 60 дней после внесения гербицидов показал, что в среднем за годы исследований снижение численности сорняков в посевах гороха посевного при использовании гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) составило 90,8 %, а их сырой массы – 86,8 %. При возделывании гороха полевого эти показатели в данном варианте были равны соответственно 90,4 и 86,4 %, люпина узколистного 89,8 и 86,1 %, люпина желтого 88,9 и 83,7 %, вики яровой 88,6 и 83,6 %. Это свидетельствует о том, что гербицид Пульсар, ВР (1,0 л/га) превышал по гибели сорняков эталонный гербицид Гезагард, КС (3,0 л/га) при возделывании указанных выше культур на 7,5–8,9 %, а по снижению сырой массы на 8,3–10,2 % (табл. 2).

Таблица 2. Влияние гербицидов на засоренность посевов зернобобовых культур через 60 дней после химической прополки (среднее за 3 года)

Вариант	Численность сорняков		Сырая масса сорняков	
	шт/м ²	снижение, %	шт/м ²	Снижение, %
Горох посевной				
Контроль	40,0	–	197,6	–
Гезагард, КС (3 л/га)	6,7	83,3	42,5	78,5
Пульсар (1 л/га)	3,7	90,8	26,0	86,8
Горох полевой				
Контроль	41,7	–	205,4	–
Гезагард, КС (3 л/га)	7,7	81,5	47,0	77,1
Пульсар (1 л/га)	4,0	90,4	28,0	86,4
Люпин узколистный				
Контроль	42,3	–	211,1	–
Гезагард, КС (3 л/га)	8,0	81,1	50,9	75,9
Пульсар (1 л/га)	4,3	89,8	29,4	86,1
Люпин желтый				
Контроль	45,0	–	224,5	–
Гезагард, КС (3 л/га)	9,0	80,0	56,1	75,0
Пульсар (1 л/га)	5,0	88,9	36,7	83,7
Вика яровая				
Контроль	46,3	–	240,1	–
Гезагард, КС (3 л/га)	9,3	79,9	61,5	74,4
Пульсар (1 л/га)	5,3	88,6	39,3	83,6

Основным показателем эффективности элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур является их урожайность. Установлено, что в среднем за годы исследований, урожайность зерна гороха посевного в варианте без применения гербицидов составила 19,0 ц/га. При использовании гербицида Гезагард, КС (3,0 л/га), этот показатель был равен 23,0 ц/га, что на 4,0 ц/га или 21,1 % выше по сравнению с контролем. При применении гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) урожайность зерна гороха посевного составила 24,6 ц/га, т. е. прибавка по сравнению с контролем в этом случае была равна 5,6 ц/га, или 29,5 % (табл. 3).

Таблица 3. Влияние гербицидов на урожайность зернобобовых культур, ц/га

Вариант	Урожайность, ц/га				Прибавка	
	2016г.	2017г.	2022г.	Сред.	ц/га	%
Горох посевной						
Контроль	11,1	21,4	24,5	19,0	–	–
Гезагард, КС (3,0 л/га)	15,3	25,3	28,4	23,0	4,0	21,1
Пульсар, ВР (1,0 л/га)	15,9	28,1	29,8	24,6	5,6	29,5
НСР ₀₅	3,9	2,3	3,2			
Горох полевой						
Контроль	10,1	22,1	23,7	18,6	–	–
Гезагард, КС (3,0 л/га)	13,0	29,6	27,7	23,4	4,8	25,8
Пульсар, ВР (1,0 л/га)	14,1	32,7	29,0	25,3	6,7	36,0
НСР ₀₅	1,9	2,2	2,6			
Люпин узколистный						
Контроль	10,1	26,7	22,2	19,7	–	–
Гезагард, КС (3,0 л/га)	14,3	31,1	26,0	23,8	4,1	20,8
Пульсар, ВР (1,0 л/га)	15,3	32,0	27,1	24,8	5,1	25,9
НСР ₀₅	3,8	2,9	3,2			
Люпин желтый						
Контроль	8,9	16,3	11,9	12,4	–	–
Гезагард, КС (3,0 л/га)	11,7	19,2	13,9	14,9	2,5	20,2
Пульсар, ВР (1,0 л/га)	12,3	20,1	14,6	15,7	3,3	26,6
НСР ₀₅	2,5	2,7	1,5			
Вика яровая						
Контроль	8,1	16,2	18,6	14,3	–	–
Гезагард, КС (3,0 л/га)	11,7	18,9	22,2	17,6	3,3	23,1
Пульсар, ВР (1,0 л/га)	12,3	19,5	23,4	18,4	4,1	28,7
НСР ₀₅	2,6	1,8	2,7			

Аналогичная закономерность отмечалась и у гороха полевого, обеспечившего в сложившихся условиях при возделывании без применения гербицидов урожайность зерна 18,6 ц/га. В вариантах с использованием указанных выше гербицидов этот показатель возрастал соответственно до 23,4 и 25,3 ц/га, т. е. на 25,8 и 36,0 %.

У люпина узколистного урожайность в контрольном варианте составила 19,7 ц/га, а у люпина желтого – 12,4 ц/га. При довсходовом внесении гербицидов Гезагард, КС (3,0 л/га) и Пульсар, ВР (1,0 л/га) урожайность зерна люпина узколистного составила соответственно 23,8 и 24,8 ц/га, а люпина желтого 14,9 и 15,7 ц/га. Следовательно, под влиянием этих гербицидов прибавка урожайности по сравнению с контролем составила у люпина узколистного 4,1 и 5,1 ц/га (20,8 и 25,9 %), а у люпина желтого 2,5 и 3,3 ц/га (20,2 и 26,6 %).

Применение гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) при возделывании вики яровой также обеспечило более высокую урожайность зерна по сравнению с использованием гербицида Гезагард, КС (3,0 л/га). Этот показатель в данных вариантах составил соответственно 18,4 и 17,6 ц/га, что выше по сравнению с контролем на 4,1 и 3,3 ц/га, т. е. на 28,7 и 23,1 % соответственно.

Сопоставляя представленные выше результаты можно сделать вывод о том, что при невысокой степени засоренности посевов изучаемых зернобобовых культур в среднем за период исследований применение гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) повышало урожайность зерна по сравнению с использованием гербицида Гезагард, КС (3,0 л/га) у гороха посевного на 1,6 ц/га, у гороха полевого на 1,9 ц/га, у люпина узколистного на 1,0 ц/га, у люпина желтого на 0,8 ц/га, у вики яровой на 0,8 ц/га. Достоверными эти различия были лишь в 2017г. у гороха посевного и гороха полевого.

Закключение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при возделывании зернобобовых культур гербицид Пульсар, ВР (1,0 л/га) обеспечивает более высокую эффективность по сравнению с гербицидом Гезагард, КС (3,0 л/га). При довсходовом внесении гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) биологическая эффективность в уничтожении однолетних двудольных и однодольных сорняков составила через 30 дней после химической прополки 88,9–91,3 %, а через 60 дней – 88,6–90,8 %. Прибавка урожайности зерна по сравнению с контролем в этом случае была равна 3,3–6,7 ц/га (26,6 и 36,0 %) в зависимости от возделываемой культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Возделывание гороха на зерно. Отраслевой регламент / Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур. Сборник отраслевых регламентов. – Минск: РУП «Изд. дом «Белорусская наука», 2014. – С. 155–166.

3. Возделывание вики яровой на зерно и зеленую массу. Отраслевой регламент / Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур. Сборник отраслевых регламентов. – Минск: РУП «Изд. дом «Белорусская наука», 2014. – С. 167–173.
4. Возделывание люпина узколистного на зерно и зеленую массу. Отраслевой регламент / Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур. Сборник отраслевых регламентов. – Минск: РУП «Изд. дом «Белорусская наука», 2014. – С. 174–183.
5. Евсеенко, М. В. Влияние гербицида Глобал, ВР на засоренность посевов и урожайность гороха / М. В. Евсеенко, В. Ч. Шор, М. Н. Крицкий, Л. И. Гвоздова // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2018. – Вып. 54. – С. 50–56.
6. Евсеенко, М. В. Влияние гербицида Пульсар Флекс на засоренность посевов и урожайность гороха / М. В. Евсеенко, М. Н. Крицкий, В. Ч. Шор, В. Н. Войтова, Л. М. Алисиевич // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2022. – Вып. 58. – С. 34–42.
7. Пенязь, Е. В. Эффективность почвенных гербицидов в посевах гороха посевного / Е. В. Пенязь, А. А. Запрудский // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXIV Международной научно-практической конференции (Гродно, 23 марта, 14 мая 2021 года): к 70-летию образования университета / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет». – Гродно: ГГАУ, 2021. – [Вып.]: Агрономия. Защита растений. Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. – С. 176–178.
8. Халецкий, В. Н. Применение почвенных гербицидов и их смесей для борьбы с сорняками в посевах узколистного кормового люпина в условиях Брестской области / В. Н. Халецкий, Л. И. Пуховская // Селекция и защита растений. – 2004. – Т. 2. – С. 166–171.
9. Шор, В. Ч. Проблемы засоренности и защита гороха / В. Ч. Шор, М. Н. Крицкий, М. Н. Евсеенко // Наше сельское хозяйство. – 2021. – № 3. – С. 54–57.
10. Шор, В. Ч. Химическая защита гороха от сорняков / В. Ч. Шор, М. Н. Крицкий, М. Н. Евсеенко // Наше сельское хозяйство. – 2021. – № 5. – С. 16–22.

ВЛИЯНИЕ ЗЕЛЕННОГО УДОБРЕНИЯ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР НА УРОЖАЙНОСТЬ, ТОВАРНОСТЬ ПЛОДОВ ОГУРЦА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕМАТОД В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

М. Ф. СТЕПУРО, А. В. МИХНЮК

РУП «Институт овощеводства»,
аг. Самохваловичи, Республика Беларусь, 223013, e-mail: technology@belniio.by

Л. Г. КОГОТЬКО, И. Ю. ГРИЩЕНКО

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

(Поступила в редакцию 16.11.2022)

Основным производителем овощей в нашей стране является овощеводство защищенного грунта. Продукция данного сельхозпроизводства довольно дорогостоящая, что связано с высокими затратами на энергоносители, удобрения и пестициды. Температурные условия и повышенная влажность в теплицах позволяют вредным объектам развиваться практически непрерывно, что влечет за собой необходимость частого использования химических или биологических средств защиты. Среди наиболее опасных, вредоносных и экономически значимых вредителей в последнее время все чаще отмечают различных нематод. Около 50 % всех фитопаразитических микроскопических червей обитают в почве и, как правило, распространяются нематоды преимущественно тоже с почвой. Это является большой проблемой для любого производителя, т. к. методы контроля численности этих паразитов в настоящее время не отличаются многообразием. Высокоэффективные химические препараты-нематоды из-за своей высокой токсичности ограничены в применении, а применение биологических препаратов не всегда оправдано экономически. Поэтому в настоящее время стоит задача изучения эффективности профилактических мероприятий, не связанных с применением средств защиты, к числу которых относится запахка сидеральных культур. Большой опыт производства давно доказал незаменимость сидеральных культур в качестве фитосанитаров против сорных растений. Метаболиты сидератов обладают фунгицидными и бактерицидными свойствами, действие же на вредителей, и, в частности, на почвенные нематоды, на сегодняшний день практически не изучено.

В статье представлены результаты исследований влияния сидеральных культур на фоне применения минеральных удобрений на урожайность, товарность плодов огурца в теплицах и распространение нематод в почве. Выявлено, что среди таких сидератов, как горохо-овсяная смесь, редька масличная, горчица белая и люпин узколистный наиболее высокой эффективностью обладает горчица. После выращивания этой сидеральной культуры на зеленое удобрение нематод в почвогрунте не обнаружено.

Ключевые слова: сидеральные культуры, культура огурца, закрытый грунт, нематоды, урожайность, товарность.

The main producer of vegetables in our country is greenhouse vegetable growing. The products of this agricultural production are quite expensive, which is associated with high costs for energy carriers, fertilizers and pesticides. Temperature conditions and high humidity in greenhouses allow harmful objects to develop almost continuously, which entails the need for frequent use of chemical or biological means of protection. Among the most dangerous, harmful and economically significant pests, various nematodes have recently been increasingly noted. About 50 % of all phytoparasitic microscopic worms live in the soil and, as a rule, nematodes also spread mainly with the soil. This is a big problem for any grower, as methods for controlling the number of these parasites are currently not very diverse. Due to their high toxicity, highly effective chemical nematocides are limited in use, and the use of biological preparations is not always economically justified. Therefore, at present, the task is to study the effectiveness of preventive measures that are not related to the use of protective equipment, which include the plowing of green manure crops. Extensive production experience has long proved the indispensability of green manure crops as phytosanitary agents against weeds. Green manure metabolites have fungicidal and bactericidal properties, while the effect on pests, and, in particular, on soil nematodes, has not been practically studied to date.

The article presents the results of studies of the influence of green manure crops against the background of the use of mineral fertilizers on productivity, marketability of cucumber fruits in greenhouses and the spread of nematodes in the soil. It was revealed that among such green manure crops as pea-oat mixture, oil radish, white mustard and narrow-leaved lupine, mustard has the highest efficiency. After growing this green manure crop for green manure, no nematodes were found in the soil.

Key words: green manure crops, cucumber crop, protected ground, nematodes, productivity, marketability.

Введение

Огурец – важная овощная культура. Плоды огурца отличаются значительным содержанием воды, сахаров же в них мало, преобладающими являются глюкоза и фруктоза, которые составляют половину количества сухого вещества, сахароза – в очень небольшом количестве или полностью отсутствует, что очень важно для людей, склонных к диабету. Огуречный сок улучшает аппетит, оказывает мягкое слабительное действие, его можно пить как успокаивающее и болеутоляющее средство при желудочно-кишечных коликах. Культуре огурца уделяется большое внимание, особенно в зоне Поле-

ся Гомельской области, где ей отдают большее предпочтение, чем культуре томата при выращивании в теплицах (парниках). Огурец занимает в структуре посевных площадей защищенного грунта 65–70 %. Пленочных необогреваемых теплиц в Республике Беларусь более 2 тыс. гектаров, которые производят 70–80 % валового сбора плодов огурца. Поэтому важность оптимизации условий выращивания огурца в теплицах является приоритетным направлением в настоящее время [1, 4].

При выращивании данной культуры в период вегетации существуют определенные трудности, связанные с повреждением вредными организмами. Часто выявляют, что растения плохо или совсем не развиваются и не растут, хотя созданы все благоприятные условия. Особое угнетение отмечается на ранних фазах роста и развития. И как правило, это часто связано с развитием корневых нематод.

Известно, что микроскопические круглые черви класса *Nematodes* широко распространены по земному шару, поражают многие растения – культурные, дикие, сорные, травянистые, древесные, кустарники. Встречается достаточно большое количество различных видов нематод, в частности, стеблевая нематода или клубневая нематода картофеля, цитрусовая нематода, луковая нематода, рисовый афеленх, овсяная нематода, галловая нематода и ряд других видов. Нематоды раздельнополые, самцы имеют червеобразное тело, нитевидной формы, несколько суженное спереди, длиной 1–2 мм, шириной 0,32–0,35 мм. Самки вздуты, грушевидной, лимоновидной или шаровидной формы, длиной до 1,5 мм и шириной 0,4–0,5 мм. В теле одной самки может созреть до 2000 яиц. Личинки, вышедшие из яиц, тонкие, длиной 0,4–0,5 мм [5].

Эти паразиты заражают почву, так как их заразное начало – яйца, личинки, взрослые самки с яйцами, цисты – попадают в нее с опавшими листьями, поломанными стеблями, отгнившими корнями, клубнями, навозом. В расселении нематод огромную роль играет зараженный посевной и посадочный материал. Они могут распространяться также с зараженной почвой, приставшей к корням, к клубням, к рабочим органам и к колесам транспорта.

При внедрении корневых форм нематод сильно ветвится корневая система, образуются мелкие отгнивающие корни. На корнях овощных и технических культур образуются галлы овальной формы, на корнях диких злаков – в виде заостренных вздутий «клювиков». Результатом поражения корней нематодами могут быть язвы, приводящие к отмиранию корней. Растения, поврежденные галловой нематодой, отстают в росте и снижают урожайность в 2–3 раза. Вред от нематод бывает особенно велик в условиях защищенного грунта, так как они затрудняют водоснабжение и нарушают нормальное питание растений [5, 6].

В практике, особенно в Туровской зоне Полесья, встречаются на одном тепличном огуречном растении до тысячи галлов. Размером галлы бывают от булавочной головки до 3–5 мм в диаметре.

В теплицах, где почти каждый год поддерживается высокая температура и относительная влажность воздуха, вредоносность галловой нематоды весьма велика. Для развития нематод более благоприятны легкие, аэрируемые почвы, средняя влажность 60–70 % и температура 14–25 °С. Период развития от 21 дня до 40 дней [5].

Многочисленные исследования за рубежом свидетельствуют о том, что на уменьшение накопления нематод в почве в защищенном грунте оказывает влияние запах сидеральных культур на зеленое удобрение [5, 6]. Исследования по влиянию сидеральных культур на количество нематод в почвогрунтах теплиц в условиях Республики Беларусь почти отсутствуют.

Актуальность настоящей научной работы определена необходимостью исследования важнейших продукционных процессов при возделывании огурца в условиях Полесского региона Республики Беларусь, а также усовершенствования технологических приемов возделывания промежуточных сидеральных культур, обеспечивающих высокую агроэкономическую эффективность.

В результате проведенных исследований усовершенствована научно обоснованная система защиты огурца, включающая комплексное применение промежуточных сидеральных культур на зеленое удобрение с целью снижения накопления нематод и повышения урожайности плодов огурца.

Основная часть

Научно-исследовательская работа выполнена в теплицах опытного участка РУП «Институт овощеводства» расположенном в аг. Самохваловичи Минского района в 2021–2022 гг.

Почвогрунт характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН_{KCl} – 6,2, гумус – 2,4 %. Содержание подвижных форм фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O) соответственно 232 и 279 мг/кг почвы.

Опыты были заложены в четырехкратной повторности. Размер учетных делянок – 9,8 м².

Объектом исследований служили сорта и гибриды отечественной и зарубежной селекции: огурец – Альшаны F1, редька масличная – Толебовачка, горчица белая – Ярынка, люпин узколистый – Першацвет, горох посевной – Агат, овес – Полонез.

Огурец Альшаны F1 – прекрасный гибрид универсального предназначения. Огурцы относятся к партенокарпическим гибридам. Плоды среднеспелые. По срокам созревания урожай можно собирать через 54–58 суток после прорастания семян.

Зеленцы небольшие, цилиндрически-овальной формы, по 9–10 см в длину и массой около 100 г. Поверхность покрыта мелкими бугорками. Мякоть плотная, очень ароматная и вкусная, используется для свежих блюд и зимних заготовок.

Горохо-овсяная смесь – однолетние бобово-злаковые растения, обладающие отличными качествами при использовании в виде зеленого удобрения, в качестве фитосанитарных культур и гороха, как медоносного растения. После разложения в земле биомасса становится легкоусвояемым для растений удобрением. Почва пополняется органикой, гумусом, азотом, фосфором, калием и полезными микроэлементами. Корневая система горохо-овсяной смеси отлично разрыхляет почву, улучшая воздухо- и влагообмен, создает благоприятные условия для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, что приводит к уменьшению заболеваемости растений и повышению урожайности. Подавляет развитие нематоды в почве, эффективно заглушает и вытесняет сорняки, защищает культурные растения от вредителей.

Редька масличная – однолетнее растение, относящееся к семейству капустные. В отличие от огородной редьки, масличная в пищу не употребляется. Она выращивается как кормовая и медоносная культура. Корень у растения стержневой, разветвленный, в верхней части утолщенный. Прямые ветвистые стебли, достигающие в высоту до 120 см, могут сильно полежать. Листья перистораздельные, рыхлые соцветия содержат небольшие цветки, окраска которых бывает разнообразной: белой, светло-сиреневой, розовой, бледно-фиолетовой.

Незаменима на тяжелых глинистых почвах. Ценится за способность быстро (почти как горчица белая) отрастать и наращивать относительно большую массу в холодный период. Среди других крестоцветных сидератов отмечается меньшей требовательностью к почвам и постоянством урожая. Корневая система растения настолько сильная и так глубоко входит в почву, что может поднимать все нужные для ее роста компоненты, сильно разрыхляя и обогащая верхние слои.

После разложения в почве биомасса редьки масличной становится легкоусвояемым удобрением, а почва пополняется органикой, гумусом. Редька значительно уступает бобовым сидератам по содержанию азота и немного уступает другим крестоцветным своими удобрительными качествами. Но имеет другие преимущества: хорошо приспосабливается к любым климатическим условиям, быстро растет на холоде, засухоустойчивая, подавляет нематоды. Эффективно поглощает питательные элементы не только из поверхностного пласта почв, предотвращая их вымывание вглубь, а и из глубоких слоев, возвращая питательные элементы в верхние.

Горчица белая применяется для раскисления и улучшения почвы в виде зеленого удобрения (биомасса измельчается и закапывается). Угнетает рост и развитие сорных видов, очищает почву от возбудителей болезней сельскохозяйственных культур. В зеленой массе содержится большое количество фитонцидов, эфирных масел и других полезных веществ, которые дезинфицируют почву, уничтожают возбудителей грибковых болезней, в том числе фитофтороза, парши и др., избавляют от вредителей и даже проволочников.

Прекрасный сидерат, неприхотливый, очень засухоустойчивый и наиболее холодоустойчивый из всех видов, выдерживает заморозки и погибает только при $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, его можно сеять с ранней весны до поздней осени.

Люпин узколистый быстро разрастается, выносит холод, отпугивает вредителей и угнетает сорняки. Сеять люпин стоит не слишком рано, но и не слишком поздно – летом. Важно, чтобы он успел отцвести и сформировать бобы прежде, чем будет скошен. На этом этапе растение формирует максимальное количество полезных для почвы и последующих культур компонентов.

Для определения в почве микроскопических круглых червей класса *Nematodes*, семейства *Heteroderidae*, рода *Meloidogyne* использовали способ взмучивания почвы, помещенной в сосуд с водой в течение 10 минут, а затем процеживали через планктонное сито с одновременным подсчетом мелойдогинов, используя при этом лупу с увеличительным стеклом. Перед этим из каждого варианта в шести точках почвогрунта отбирали почвенные образцы из пахотного слоя на глубине 0–20 см. Объем каждой почвенной пробы составлял 250 см^3 .

Наблюдения и учеты проводились согласно методике полевого опыта Б. А. Доспехова и методике полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве В. Ф. Белика [2, 3]. Полученные в результате исследований данные подтверждены статистической обработке дисперсионным методом по Б. А. Доспехову с использованием программы Microsoft Excel.

Для получения высокой урожайности зеленой массы сидеральными культурами большое значение имеет вид выращиваемой культуры. Установлено, что к моменту запашки вегетативной массы на зеленое удобрение они накопили сырую биомассу: горохо-овсяной смеси – 24,0 т/га, редьки масличной – 29,0 т/га, горчицы белой – 30,6 т/га, люпина узколистного – 26,0 т/га (табл. 1).

По химическому составу полученная биомасса в пересчете на действующее вещество в физическом весе содержала 109,2–110,4 кг/га азота, 31,2–42,8 кг/га фосфора, 96,2–127,6 кг/га калия. Максимальное накопление элементов питания по азоту обеспечил посев горохо-овсяной смеси, по фосфору – посев горчицы белой, по калию соответственно посев редьки масличной. Поэтому исходя из содержания элементов питания в почве теплиц представляется возможность дифференцировать их содержание в почве согласно потребности каждой овощной культуры, путем посева той или иной сидеральной культуры на зеленое удобрение.

Таблица 1. Содержание основных элементов питания в зеленой массе сидеральных культур с последующей заделкой азота, фосфора, калия в почву, 2021–2022 гг.

Сидеральная культура	% на сырую массу			Запахано в почву, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Горохо-овсяная смесь, 24,0 т/га	0,46	0,13	0,42	110,4	31,2	100,8
Редька масличная, 29,0 т/га	0,38	0,12	0,44	110,2	34,8	127,6
Горчица белая, 30,6 т/га	0,36	0,14	0,39	110,2	42,8	119,4
Люпин узколистный, 26,0 т/га	0,42	0,12	0,37	109,2	31,2	96,2

По результатам анализа почвенных образцов перед посевом данных культур было установлено, что наличие нематод достигало уровня 5–8 шт/л почвы. После того, как выращенные сидеральные культуры были использованы на зеленое удобрение, количество нематод в данном объеме почвы уменьшилось в 1,7–4 раза и находилось на уровне 1–3 шт/л почвы. Отмечено, что при выращивании горчицы белой на зеленое удобрение нематод в почве не было обнаружено. Из этого следует заключить, что в процессе роста и развития растений горчица белая выделяет корневой системой горчичные масла, которые отрицательно влияют на наличие нематод в почве (табл. 2).

Таблица 2. Влияние зеленого удобрения сидеральных культур на количество нематод в почве, шт/л

Сидеральная культура	Перед посевом сидеральных культур	После запашки сидеральных культур		
		2021 г.	2022 г.	среднее
Без сидерата (контроль)	6–7	5	3	4
Горохо-овсяная смесь, 24,0 т/га	5–6	4	2	3
Редька масличная, 29,0 т/га	6–8	3	1	2
Горчица белая, 30,6 т/га	5–8	0	0	0
Люпин узколистный, 26,0 т/га	5–7	1	1	1

За 2021 и 2022 гг. исследований средняя урожайность плодов огурца в варианте без удобрений составила 7,6 кг/м² (табл. 3). Применение зеленого удобрения сидеральных культур в норме 24,0–30,6 т/га на фоне дозы минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₉₀ обеспечило прибавку урожайности плодов на уровне 2,5–4,2 кг/м², или 32–55 % по отношению к контролю. Наибольшая урожайность плодов огурца 11,8 кг/м² и товарность 88 % получена при использовании сидеральной культуры горчица белая с запашкой ее на зеленое удобрение 30 т/га + N₆₀P₆₀K₉₀.

Таблица 3. Влияние зеленого удобрения сидеральных культур при возделывании огурца в теплицах, 2021–2022 гг.

Сидеральная культура	Урожайность, кг/м ²	Прибавка		Товарность, %
		кг/м ²	%	
Без сидерата (контроль)	7,6	–	–	74
Горохо-овсяная смесь, 24,0 т/га	10,1	2,5	32	82
Редька масличная, 29,0 т/га	10,3	2,7	36	84
Горчица белая, 30,6 т/га	11,8	4,2	55	88
Люпин узколистный, 26,0 т/га	11,4	3,8	50	86
НСР ₀₅	0,48			

При сравнении между собой последствий сидеральных культур выявлено, что при запашке горчицы белой на зеленое удобрение прибавка урожайности плодов огурца была максимальной и составила 1,7 кг/м², а при запашке люпина узколистного – 1,3 кг/м² по сравнению с урожайностью в варианте с запашкой горохо-овсяной смеси (10,1 кг/м²).

Из этого следует, что при одинаковых величинах заделки в почву элементов питания, поступивших с зеленой массой как горчицы белой, так и люпина узколистного, прибавка урожайности плодов огурца выше на 0,4 кг/м² в варианте с горчицей. Эту прибавку со всей ответственностью можно отнести на отсутствие нематоды в почве в варианте после выращивания горчицы белой.

Заключение

Посев сидеральной культуры горчица белая на зеленое удобрение исключает наличие нематод в почвах теплиц.

Использование сидеральных культур в качестве зеленого удобрения на почвах защищенного грунта позволяет экономить минеральные удобрения в физическом весе: азота – 109,2–110,4 кг/га, фосфора соответственно 31,2–42,8 и 96,2–127,6 кг/га калия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванюк, В. Г. Болезни и вредители овощных культур: справ. пособие / В. Г. Иванюк, М. С. Комарова, О. Т. Новикова, Н. Н. Колядко. – Минск: Ураджай, 1994. – 351 с.
2. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве / Науч.-исслед. ин-т овощного хоз-ва, Укр. науч.-исслед. ин-т овощеводства и бахчеводства; В. Ф. Белик [и др.]; под ред. В. Ф. Белика, Г. Л. Бондаренко. – М.: НИИОХ, 1979. – 210 с.
3. 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.
4. Степура, М. Ф. Удобрение и орошение овощных культур / М. Ф. Степура. – Минск, 2008. – 142 с.
5. Decker, H. Phytonematologie: Biologie und Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden / H. Decker. – Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverl., 1969. – С. 429–503.
6. Jenkins, W. R. Plant Nematology: Reinhold books in the biological sciences / W. R. Jenkins, D. P. Taylor. – University of Michigan: Reinhold Publishing Corporation, 1967. – 270 p.

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 631.314.1

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ КАТКОВ

Н. Д. ЛЕПЕШКИН, В. В. МИЖУРИН

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: belagrotechto@tut.by*

А. И. ФИЛИППОВ

*УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь, e-mail: ggau@ggau.by*

К. Л. ПУЗЕВИЧ

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

(Поступила в редакцию 18.08.2022)

В статье приводится анализ конструкций и технологических возможностей почвообрабатывающих катков. Почвообрабатывающие катки, применяемые в составе почвообрабатывающих агрегатов, играют важную роль в обработке почвы. Они должны выполнять разные функции в зависимости от того, какую операцию выполняет агрегат. В настоящее время разнообразие катков, применяемых в составе почвообрабатывающих агрегатов, в том числе и отечественных, существенно возросло, а следовательно, при проектировании новых агрегатов возникла необходимость выбора из многочисленных типов катков наиболее перспективных. Установлено, что ни один из применяемых сейчас типов катков не обеспечивает полное выполнение требований предъявляемых к блоку прикатывающих катков. В связи с этим авторами предложен блок катков, включающий опорно-прикатывающий и мульчирующий катки. Конструкция опорно-прикатывающего катка предполагается кольчатого типа и состоит из пустотелого цилиндра с вертикальными дисками, на оси которых установлены подшипниковые узлы. На наружной поверхности пустотелого цилиндра должен быть установлен ряд зубчатых дисков, между которыми имеются пластинчатые чистики. При этом зубчатые диски на поверхности пустотелого цилиндра устанавливаются на одинаковом расстоянии друг от друга. Конструкция мульчирующего катка предполагается планчатого типа и состоит из двух дисков с подшипниковыми узлами. К наружной поверхности дисков привариваются планки, которые наклонены к горизонту в продольном и поперечном направлениях. Установленные в результате проведенного анализа конструктивные особенности и технологические возможности катков, применяемых на современных почвообрабатывающих агрегатах, позволяют при проектировании новых агрегатов обоснованно выбирать требуемые для них типы катков с целью последующего обоснования их параметров.

Ключевые слова: *катки, конструкции, анализ, классификация, почвообрабатывающие агрегаты, почва.*

The article provides an analysis of the designs and technological capabilities of tillage rollers. Tillage rollers used as part of tillage implements play an important role in tillage. They must perform different functions depending on what operation the unit performs. Currently, the variety of rollers used in the composition of tillage units, including domestic ones, has increased significantly, and therefore, when designing new units, it became necessary to choose the most promising from numerous types of rollers. It has been established that none of the currently used types of rollers provides full compliance with the requirements for the unit of press rollers. In this regard, the authors proposed a block of rollers, including a back-up and mulching rollers. The design of the backhoe roller is assumed to be of the annular type and consists of a hollow cylinder with vertical discs, on the axis of which bearing assemblies are installed. On the outer surface of the hollow cylinder, a row of toothed discs should be installed, between which there are lamellar scrapers. Toothed disks on the surface of the hollow cylinder are installed at the same distance from each other. The design of the mulching roller is supposed to be of a slatted type and consists of two disks with bearing assemblies. Planks are welded to the outer surface of the disks. The planks are inclined to the horizon in the longitudinal and transverse directions. The design features and technological capabilities of the rollers used on modern soil-cultivating units, established as a result of the analysis, allow, when designing new units, to reasonably select the types of rollers required for them in order to substantiate their parameters.

Key words: *rollers, structures, analysis, classification, tillage machines, soil.*

Введение

Почвообрабатывающие катки, применяемые в составе почвообрабатывающих агрегатов, играют важную роль в обработке почвы. Они должны выполнять разные функции в зависимости от того, какую операцию выполняет агрегат. Так, при использовании катков в составе агрегатов для основной обработки почвы они должны разбивать оказавшиеся на поверхности комья почвы, выравнивать поверхность и уплотнять весь пахотный или прорыхленный слой почвы, восстанавливая тем самым капиллярные связи между обработанным слоем почвы и слоем почвы расположенным ниже глубины обработки. При использовании катков в составе агрегатов для предпосевной обработки почвы их функции заключаются в раздавливании и крошении комков, выравнивании поверхности и уплотнении почвы на глубину заделки семян, а в составе агрегатов для лушения стерни – в разбивании комьев, образующихся после прохода дисков и уплотнения почвы для создания контакта почвы с семенами сорняков и падалицы заделанных в почву дисками. Наряду с функциями выравнивания и уплотнения почвы на большинстве почвообрабатывающих агрегатов катки служат опорой, относительно которой настраивается и удерживается глубина обработки. Кроме этого, в последние годы создан ряд агрегатов для поверхностной мульчирующей обработки почвы, где одной из функций катков является создание на поверхности поля мульчирующего слоя почвы и растительных остатков.

Цель работы: провести анализ и оценить конструкции и технические возможности известных почвообрабатывающих катков с целью последующего обоснованного выбора типа катков к новым почвообрабатывающим агрегатам.

Все известные в настоящее время катки по форме рабочей поверхности можно классифицировать как: гладкие; кольчатые; кольчато-зубовые; кольчато-шпоровые; прутковые; пластинчатые (планчатые); трубчатые; спиральные; дисковые и др.

Если раньше для отечественных почвообрабатывающих агрегатов, а это в основном были агрегаты для предпосевной обработки почвы, использовались кольчато-шпоровые (РВК-3,6, РВК-3) и планчатые (АКШ-6, АКШ-7,2) катки, то сегодня разновидность катков, применяемых в составе почвообрабатывающих агрегатов, в том числе и отечественных, существенно возросла, а следовательно, при проектировании новых агрегатов возникла необходимость выбора из многочисленных типов катков наиболее перспективные.

Основная часть

Гладкие катки (рис. 1) в основном изготавливаются в виде пустотелого цилиндра, заполненного водой. Изменяя количество воды в цилиндре, меняется удельное давление катка на почву. Недостатком его является то, что он уплотняет как подповерхностный, так и поверхностный слой почвы, что ускоряет процесс испарения влаги. Кроме того, такие катки не могут производить рыхление почвы, а следовательно, создавать мульчирующий слой.



Рис. 1. Гладкий каток

В составе комбинированных агрегатов, такие катки не применяются, а используются, как правило, до и послепосевного прикатывания почвы при посеве мелкозерновых культур.

Более широкое распространение в комбинированных агрегатах и, в первую очередь, в агрегатах для основной безотвальной обработки почвы, получили кольчатые катки, состоящие из вала или цилиндра (барабана) и установленных на них колец. Особенностью таких катков является то, что их кольца позволяют производить не сплошное уплотнение почвы, а бороздковое. Поэтому расположенные между уплотненными бороздками открытые и неприкатанные места могут впитывать влагу выпадающих осадков и пропускать воздух.

Из числа кольчатых катков, кольца которых установлены на валу интерес представляют катки DSTS фирмы «Kokerling» (Германия) [1]. Особенностью данных кольчатых катков (рис. 2) является то, что их кольца имеют U-образный профиль, который в процессе работы заполняется почвой, и уплотнение почвы происходит методом «почва по почве».



Рис. 2. Кольчатый каток с U-образным профилем кольца

В результате этого исключается налипание почвы на кольца, обеспечивается хорошее сцепление колец с почвой, а следовательно, исключается и пробуксовка катка. Вместе с тем, данный тип катков имеет низкую несущую способность, качество крошения и большую вероятность забивания пространства между кольцами при обработке переувлажненной почвы. Поэтому для улучшения этих показателей кольчатые катки, как правило, устанавливаются в два ряда.

Для улучшения качества крошения, наружные кромки кольца могут изготавливаться различной конфигурации (рис. 3) в виде: зубьев; звездочек; других выступов и вырезов.



Рис. 3. Кольчатый каток с зубчатой наружной поверхностью колец

Повысить несущую способность и улучшить качество работы кольчатых катков можно путем применения колец с поперечным сечением в виде клина, трапеции, конуса и др. (рис. 4).



а) в виде клина



б) в виде трапеции



в) в виде конуса

Рис. 4. Кольчатый каток с различной формой профиля колец

Такая форма колец позволяет при приложении вертикальной нагрузки уплотнять почву не только в вертикальном, но и боковом направлении.

Еще больше повысить несущую способность позволяют кольчатые катки, кольца которых установлены на барабане (рис. 5). При этом кольца могут изготавливаться как металлическими, так и резиновыми [2–6].



а) с металлическими кольцами



б) с резиновыми кольцами

Рис. 5. Кольчатые катки с кольцами, установленными на барабане

Повысить качество крошения и уменьшить налипание влажной почвы позволяют кольчато-зубчатые катки (рис. 6) [3, 7, 8, 9].



Рис. 6. Кольчато-зубчатый каток фирмы «Vaderstad» (Швеция)

Такие катки состоят из двух типов колец: гладкого плоского кольца с наружной режущей кромкой и свободно посаженного на его ступицу зубчатого кольца, диаметр которого несколько превышает

диаметр плоского кольца. При работе катка зубчатое кольцо, диаметр которого несколько больше, чем диаметр наружной кромки плоского кольца, предохраняет каток от залипания на влажной почве. Важным свойством такого катка является то, что он оставляет на поверхности тонкий слой измельченной почвы, который предохраняет от быстрого испарения влаги из глубже лежащих слоев. Вместе с тем данный тип катка из-за большой удельной массы в составе комбинированных агрегатов практически не используется.

Следующим типом катков являются кольчато-шпоровые катки, которые отличаются от кольчатых катков, кольца которых установлены на валу тем, что для повышения крошащей способности их кольца имеют на боковой поверхности выступы в виде шпор (рис. 7).



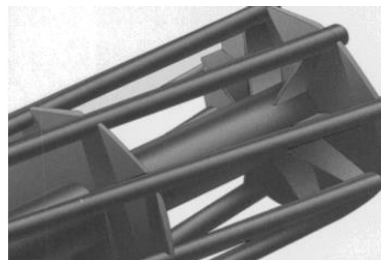
Рис. 7. Кольчато-шпоровый каток

Недостатками кольчато-шпоровых катков, как и кольчатых катков, кольца которых установлены на валу, является то, что для увеличения опорной поверхности и обеспечения самоочистки в условиях повышенной влажности они должны располагаться в два ряда.

Прутковые, планчатые и трубчатые катки состоят из дисков и приваренных к ним прутков круглого сечения (прутковые катки), труб (трубчатые катки) или планок (планчатые катки). Поскольку в настоящее время в комбинированных агрегатах прутковые катки практически не применяются, то рассмотрим только планчатые и трубчатые катки (рис. 8).



а) планчатый каток



б) трубчатый каток

Рис. 8. Планчатый и трубчатый катки

Планки и трубы, образующие поверхность катка, могут быть установлены параллельно оси катка, или с целью улучшения крошения почвы, наклонно, или по криволинейной образующей, представляющей собой многозаходную спираль.

Кроме этого, для улучшения качества крошения катки устанавливаются в два ряда. Причем первый каток имеет больший диаметр, а второй, идущий вслед за ним, меньший. Поскольку рассматриваемые катки обеспечивают крошение комков почвы находящихся только на поверхности почвы и на глубине 4–5 см, с одновременным сплошным уплотнением почвы на этой же глубине, а также обладают хорошим выравнивающим эффектом, то их в основном применяют в составе почвообрабатывающих агрегатов для предпосевной подготовки почвы или в составе почвообрабатывающе-посевных агрегатов. Еще одним достоинством планчатых и трубчатых катков, объясняющим их использование при подготовке посевного слоя является то, что помимо крошения, выравнивания и уплотнения почвы также катки обладают еще одним чрезвычайно важным свойством: они извлекают на поверхность поля и оставляют на ней сравнительно крупные комья земли, в то время как подвергшиеся более сильному крошению комки почвы скапливаются в нижней части обрабатываемого слоя почвы. т. е. в слое, где высеваются семена. Это оказывает благоприятное влияние на всходы растений, т. к. комки, лежащие на поверхности поля, при выпадении осадков, защищают от размывания, подвергшиеся более интенсивному крошению комки почвы, находящиеся под ним.

Несмотря на ряд достоинств, планчатые и трубчатые катки имеют и недостатки, ограничивающие возможность их применения. Так, на глинистых и суглинистых почвах повышенной влажности они забиваются почвой и растительными остатками, обладают недостаточной надежностью на почвах,

засоренных камнями, заглубляются на большую глубину при работе на легких почвах, что приводит к сгуживанию почвы пред катками.

Спиральные катки (рис. 9) по сравнению со всеми известными типами катков обладают лучшими характеристиками по выравниванию поверхности почвы, но низкой технологичной надежности при повышенной влажности и недостаточным уплотнением и крошении почвы.

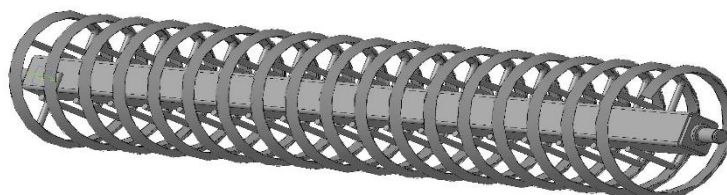


Рис. 9. Спиральный каток

Звездчатые катки (рис. 10) представляют собой насаженные на вал звездообразные рабочие элементы. Отличительной особенностью данных катков является то, что они могут уплотнять весь пахотный слой, а не только его верхнюю часть.

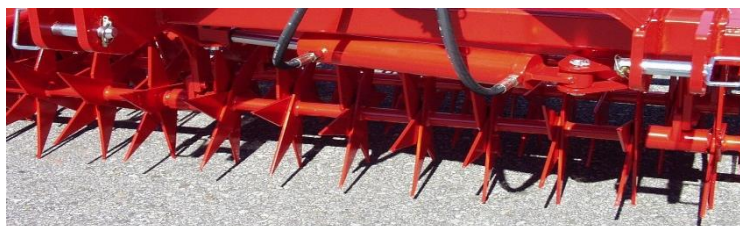


Рис. 10. Звездчатый каток

В последние годы на некоторых агрегатах для предпосевной подготовки почвы и почвообрабатывающе-посевных агрегатах начали применять катки в виде полых резиновых шин (рис. 11) [4, 10, 11].



Рис. 11. Шинный каток

Такие катки обеспечивают почти идеально выравненный и подуплотненный посевной слой, что позволяет производить более равномерную по глубине заделку семян. Рекомендуются для подготовки почвы под посев овощей, льна, свеклы, особенно на легких почвах. Кроме пустотелых шин, для подготовки средних и тяжелых почв применяют шины, заполненные каучуком [12–16].

Заключение

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать вывод, что ни один из рассмотренных типов катков не обеспечивает полное выполнение требований, предъявляемых к блоку прикатывающих катков. В связи с этим нами предложен блок катков, включающих два катка:

- опорно-прикатывающий;
- мульчирующий.

Конструкция опорно-прикатывающего катка предполагается кольчатого типа и состоит из пустотелого цилиндра с вертикальными дисками, на оси которых установлены подшипниковые узлы. На наружной поверхности пустотелого цилиндра должен быть установлен ряд зубчатых дисков, между которыми имеются пластинчатые чистики. При этом зубчатые диски на поверхности пустотелого цилиндра устанавливаются на одинаковом расстоянии друг от друга. Конструкция мульчирующего катка предполагается планчатого типа и состоит из двух дисков с подшипниковыми узлами. К наружной поверхности дисков привариваются планки, которые наклонены к горизонту в продольном и поперечном направлениях.

Установленные в результате проведенного анализа конструктивные особенности и технологические возможности катков, применяемых на современных почвообрабатывающих агрегатах, позволяют при проектировании новых агрегатов обоснованно выбирать требуемые для них типы катков с целью последующего обоснования их параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Kokerling» – техника для современных агротехнологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.koeckerling.de/fileadmin/user_upload/1079_Gesamtuebersicht_RUS_2020.pdf – Дата доступа: 08.04.2022.
2. Опорно-прикатывающий каток почвообрабатывающего агрегата: Евразийский патент 026011, МПК А 01В29/04/ И. Ф. Федорович, Н. Д. Лепешкин, А. С. Высоцкая; заявитель: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» - № 201200729; заявл. 16.04.2012 г.; опублик. 28.02.2017 г.
3. Каток Rollex 450 – 620 фирмы «Vaderstad» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vaderstad.com/ru/obrabotka-pochvy/katki/rollex/> – Дата доступа: 08.04.2022.
4. Агрегат Tiger 4 МТ фирмы «Horsch» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.horsch.com/ru/produkty/mashiny-dlja-obrabotki-pochvy/kultivatory/tiger-mt> – Дата доступа: 08.04.2022.
5. Лепешкин, Н. Д. Требования к рабочим органам агрегата для основной обработки склоновых земель и выбор их типа / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, А. И. Филиппов // Сборник научных статей «Современные технологии сельскохозяйственного производства» по материалам XXV Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2022. – С. 89–92.
6. Лепешкин, Н. Д. Обоснование технологического процесса работы агрегата для основной безотвальной обработки почвы на склонах / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, А. И. Филиппов // Сборник научных статей «Современные технологии сельскохозяйственного производства» по материалам XXV Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2022. – С. 92–95.
7. Филиппов, А. И. К выбору способа посева зерновых культур и трав / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, Э. В. Заяц, В. В. Мижурин // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции, Гродно, 31 мая, 30 марта, 20 марта 2018 г. / ГГАУ, ст. корректор Е. Н. Гайса, ответственный за выпуск В. В. Пешко. – Гродно, 2018 г. – С. 251–254.
8. Филиппов, А. И. Прямой посев сельскохозяйственных культур в условиях республики Беларусь – ближайшая реальность / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. – Гродно: ГГАУ, 2017. – Т. 38. – С. 245–251.
9. Филиппов, А. И. К вопросу защиты склоновых земель от водной эрозии / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, А. А. Тоцицкий, Д. В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. – Гродно: ГГАУ, 2017. – Т. 38. – С. 251–257.
10. Лепешкин, Н. Д. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов / Н. Д. Лепешкин, А. И. Филиппов, А. С. Добышев, К. Л. Пузевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы междунар. науч.-технич. конф. 19–21 окт. Минск, 2016 г. – В 2 т. – Т. 1. – С. 141–147.
11. Филиппов, А. И. Установка для исследования показателей качества и тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, Н. С. Козлов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XX междунар. науч.-практ. конф. – Гродно: ГГАУ, 2017. – С. 258–260.
12. Лепешкин, Н. Д. Разработка оборотного 12-корпусного плуга для различных почв / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов. // Сборник научных статей по материалам XXIII Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2020. – С. 102–104.
13. Лепешкин, Н. Д. Перспективный плуг ПО-(8+4)-40 для тракторов мощностью 450 л.с. / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов, К. Л. Пузевич // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. № 1. г. Горки, 2021. – С. 167–171.
14. Лепешкин, Н. Д. Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат для высокопроизводительного посева зерновых и других культур / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов, К. Л. Пузевич // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. № 3. г. Горки, 2021. – С. 181–186.
15. Лепешкин, Н. Д. Разработка почвообрабатывающе-посевного агрегата АПП-9 с одновременным внесением минеральных удобрений / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов. // Сборник научных статей по материалам XXIII Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2020. – С. 100–102.
16. Филиппов, А. И. Обоснование технических и конструктивных параметров профилеформователя узкопрофильных гряд / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, Н. Д. Лепешкин, В. П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» выпуск 53, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – Минск, 2020 г. – С. 23–27.

АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЛЬНОСЕЮЩИХ ХОЗЯЙСТВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ДЛЯ УБОРКИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

В. А. ШАРШУНОВ

*УО «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»,
г. Могилев, Республика Беларусь, 212027, e-mail: mail@bgut.by*

В. А. КОЖАНОВСКИЙ

*РУП «Институт льна»,
а/г Устье, Республика Беларусь, 211003, e-mail: institut-len@yandex.by*

М. В. ЦАЙЦ

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

(Поступила в редакцию 12.09.2022)

В статье приведены данные о посевных площадях льна-долгунца в Республике Беларусь, урожайности льноволокна и семян льна с 2011 по 2021 годы. Отмечается достигнутый за последние десять лет уровень развития льноводства Беларуси. При этом посевные площади и урожайность в областях республики существенно отличается. Одним из факторов, определяющих качественные и количественные потери, является уровень механизации уборочных работ.

Анализ обеспеченности льнозавод льноуборочной техникой показал, что обеспеченность областей Республики Беларусь льноуборочной техникой отличается не только по количеству, но и по своей структуре. Льнозаводы Брестской области для получения семян льна используют преимущественно раздельную технологию, при этом до 20 % посев способны убирать комбайновой технологией и 56 % – заводской. Льнозаводы Витебской области обеспечены наиболее широким комплексом льноуборочных машин позволяющих применение различных технологий уборки: до 33 % комбайновой технологией, до 10 % раздельной технологией и до 31 % заводской. Льносеющие хозяйства Гомельской области способны убирать до 70 % комбайновой технологией, до 39 % заводской и лишь 6,7 % раздельной. Льнозаводы Гродненской области взяли курс на развитие раздельной технологии, до 35 % посевных площадей способны убирать комбайновой технологией, до 11 % раздельной технологией и 40 %. Соотношение возможного применения технологий уборки льнозаводами Минской области – до 75 % комбайновой технологией, до 8 % раздельной технологией и до 24 % заводской. Льнозаводы Могилевской области используют преимущественно комбайновую технологию и имеют возможность убирать до 30 % посевных площадей заводской технологией.

Для определения оптимального комплекса машин уборки влажного льняного сырья для сформированных рациональных вариантов технологии необходимо разработать алгоритм оптимизации комплекса технических средств уборки влажного льняного сырья и программное обеспечение для выбора оптимального комплекса.

Ключевые слова: посевные площади, лен-долгунец, семена льна, льняное волокно, льноводство, технология, льнозаводы, уборка льна, технические средства.

The article presents data on the sown areas of fiber flax in the Republic of Belarus, the yield of flax fiber and flax seeds from 2011 to 2021. The level of development of flax growing in Belarus achieved over the past ten years is noted. At the same time, sown areas and productivity in the regions of the republic differ significantly. One of the factors determining the qualitative and quantitative losses is the level of mechanization of harvesting.

The analysis of the provision of flax mills with flax harvesting equipment showed that the provision of the regions of the Republic of Belarus with flax harvesting equipment differs not only in quantity, but also in its structure. Flax mills in the Brest region mainly use separate technology to obtain flax seeds, while up to 20 % of the crop can be harvested using combine technology and 56 % by the factory one. Flax mills in the Vitebsk region are provided with the widest range of flax harvesters that allow the use of various harvesting technologies: up to 33 % combine technology, up to 10% separate technology and up to 31 % factory. Flax-sowing farms in the Gomel region are able to harvest up to 70 % with combine technology, up to 39 % with factory technology, and only 6.7 % with separate technology. Flax mills in the Grodno region have set a course for the development of separate technology, up to 35 % of the sown area can be harvested with combine technology, up to 11% with separate technology and 40 % by factory. The ratio of the possible use of harvesting technologies by flax mills in the Minsk region is up to 75 % with combine technology, up to 8% with separate technology and up to 24 % with factory technology. Flax mills in the Mogilev region mainly use combine technology and have the ability to harvest up to 30 % of the sown area using factory technology.

To determine the optimal complex of machines for cleaning wet flax raw materials for the formed rational technology options, it is necessary to develop an algorithm for optimizing the complex of technical means for cleaning wet flax raw materials and software for choosing the optimal complex.

Key words: sown areas, long-fiber flax, flax seeds, flax fiber, flax growing, technology, flax mills, flax harvesting, technical means.

Введение

Лен, как наиболее многооперационная культура, при возделывании которой используется большое число технологических операций и специализированных технических средств, требует глубокого анализа и изучения всех возможных факторов формирования параметров качества льнотресты.

При должном соблюдении всех технологий выращивание, уборка и переработка льна способны давать рентабельность в 70 процентов [1, 2].

Одной из причин качественных и количественных потерь льнопродукции является невысокий уровень механизации уборочных работ. Уборка является важным этапом производства льна-долгунца, от нее зависит не только сохранение выращенного урожая, но и качество льносырья [1, 3].

Основная часть

В настоящее время Республика Беларусь достигла определенного уровня развития льноводства, который позволяет обеспечивать перерабатывающее предприятие сырьем (рис. 1) [1, 4, 5].

Из графика (рис. 1) видно, что посевные площади льна-долгунца за последние 10 лет колеблются в пределах 41,16...68 тыс. га и в среднем составили 53,5 тыс. га. Урожайность льноволокна находится в пределах 7,5...10,7 ц/га и в среднем за 10 лет составила 9,1 ц/га, а среднее значение валового сбора волокна составил 45 тыс. т. Достигнутый уровень производства льняного волокна отечественными льнозаводами позволяет на 90 % обеспечить РУПТП «Оршанский льнокомбинат» по длинному волокну и на 100 % по короткому. Вместе с тем наблюдаются и негативные моменты. 2021 год показал, что в вопросах производства льна не все так стабильно. На фоне снижения общей посевной площади (-35,7 % в 2021 г. в сравнении с 2012 г.) снижение урожайности волокна (-4,4 % в 2021 г. в сравнении с 2012 г.) существенно повлияло на валовой сбор (-31,4 % в 2021 г. в сравнении с 2012 г.) который в 2021 г. составил 35,7 тыс. т, что составляет 81,5 % к среднему уровню за 10 лет [4].

Урожайность семян льна-долгунца имела наибольшее значение в 2019 году (4,4 ц/га) и в среднем за десять лет составляет 3,9 ц/га. Сегодня Беларусь занимает второе место в мире по объемам производства семян льна. Однако большим недостатком является высокая засоренность высеваемых семян и их низкая всхожесть. В европейских странах, занимающихся возделыванием льна, не допускается высеивание семян льна с засоренностью выше 2 % и всхожестью ниже 98 %. Большинство отечественных льносеющих организаций в этом вопросе значительно отстает. Существуют определенные проблемы с производством элитных семян районированных сортов. В итоге до 30 процентов площадей льна-долгунца засеивается семенами массовых репродукций или семена покупаются за рубежом, а тонна семян зарубежных сортов первой репродукции стоит 3400 евро. Белорусская элита в 3,6 раза дешевле импортных семян, а урожайность примерно одинаковая [6]. В условиях введения санкций и политики импортозамещения растет потребность в обеспечении производства оригинальных и элитных семян в республике. Необходимо не только обеспечить потребности внутреннего рынка, но и экспортировать льносемена [7].

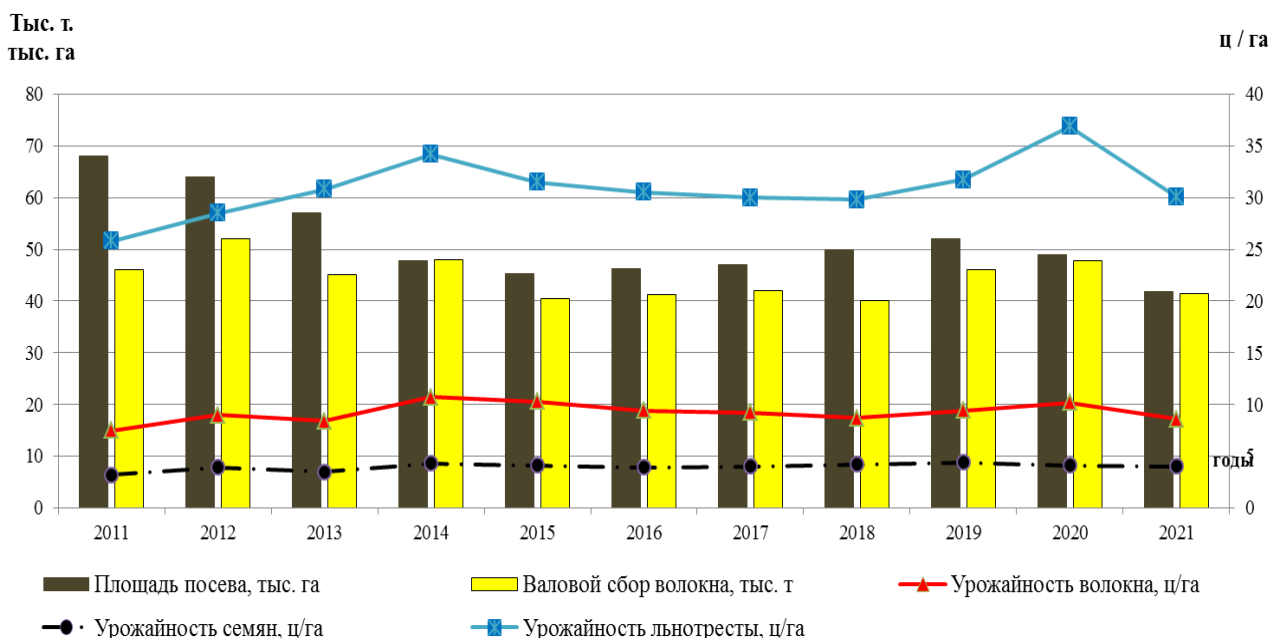


Рис. 1. Динамика изменения посевных площадей, урожайности и валовых сборов льнопродукции в Республике Беларусь

Нарушение технологических операций и агросроков уборки льна-долгунца, а также несовершенство уборочных машин, оборудования первичной обработки льна и наблюдаемое в последние годы огрубление льняных волокон приводит к тому, что из всего объема выделяемого волокна (25-30 % от массы

льностресты) пригодны для выработки текстильных изделий не более 1/3. Остальное низкономерное сырье востребовано не в полной мере.

В результате работы в 2021 году заготовку тресты под полную загрузку производственных мощностей обеспечил только один льнозавод страны – ОАО «Мстиславльлен». В Минской области за январь – апрель загрузка составила 90 %, в Могилевской – 82 %, в Брестской и Гродненской областях 74 %, в Витебской – 64 %, Гомельской – 58 % [8].

В экспертной среде одним из основных критериев определяющим качество получаемого урожая называется своевременность выполнения уборочных работ.

Чтобы получить от льноводства должную отдачу, надо выполнить порядка сорока технологических операций. Нарушение хотя бы одной приводит к проблемам. К примеру, всего лишь один день опоздания с уборкой в оптимальные сроки ведет к потере длинного льноволокна в среднем на 2–3 процента [1, 3]. Проблемы, существующие в отрасли, не позволяют ей конкурировать с европейскими производителями по качеству, а с азиатскими по цене.

В нашей республике возделыванием льна-долгунца занимаются все области (рис. 2), однако посевные площади распределены неравномерно. Так, в 2018 году структура посевов льна по областям была следующая: Брестская область – 14,8 % (6,2 тыс. га), Витебская – 26,4 % (11,1 тыс. га), Гомельская – 10,27 % (4,3 тыс. га), Гродненская – 15,48 % (6,5 тыс. га), Минская – 15,14 % (6,3 тыс. га) и Могилевская – 16,88 % (7,1 тыс. га). При этом урожайность по областям колеблется от 6,6 ц/га (Витебская обл.) до 11,1 ц/га (Гродненская обл.).

В нашей стране уборка льна-долгунца осуществляется по трем механизированным технологиям: комбайновая, раздельная и заводская [9, 10]. Для реализации этих технологий требуется комплекс машин. Выбор применения той или иной технологии или их сочетаний ложится на льносеющие хозяйства.

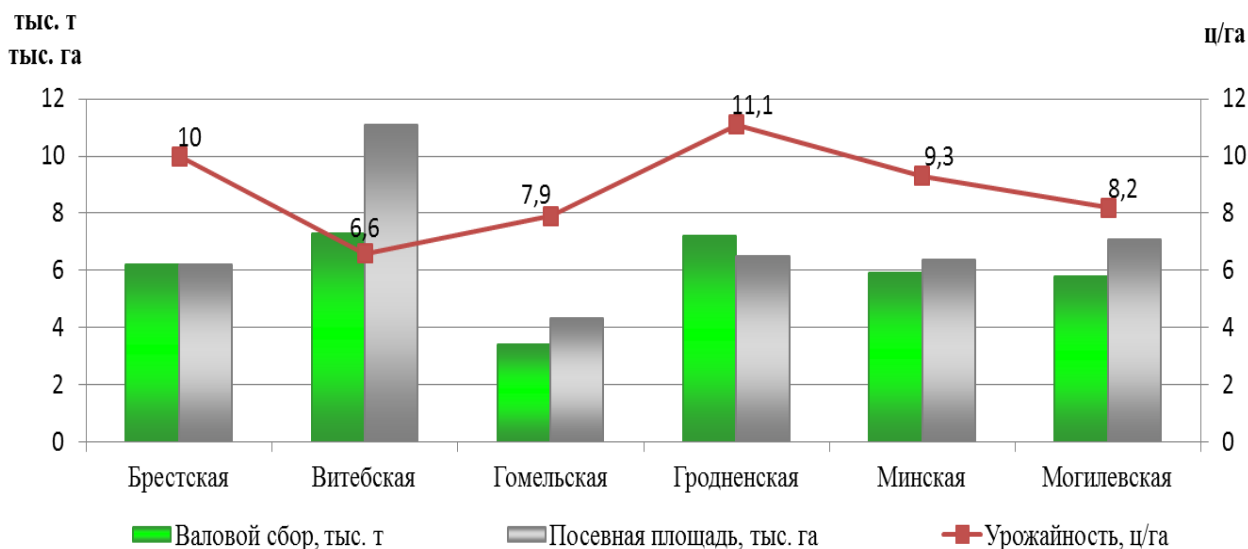


Рис. 2. Производство льна-долгунца по областям Республики Беларусь в 2021 году

Комбайновая технология включает в себя следующие основные операции: тербление льна с одновременным очесом коробочек и расстилом соломки в ленты на льнице, оборачивание лент и их впусивание, подъем и прессование льнотресты, погрузка рулонов в поле и транспортировка их к месту складирования.

Раздельная технология уборки льна включает в себя следующие основные операции: тербление льна с расстилом соломки в ленты на льнице, подбор лент льна с очесом коробочек, оборачивание лент и их впусивание, подбор и прессование льнотресты, погрузка рулонов в поле и транспортировка их к месту складирования.

Как видно из рис. 3, обеспеченность областей Республики Беларусь льноуборочной техникой отличается не только по количеству, но и по своей структуре.

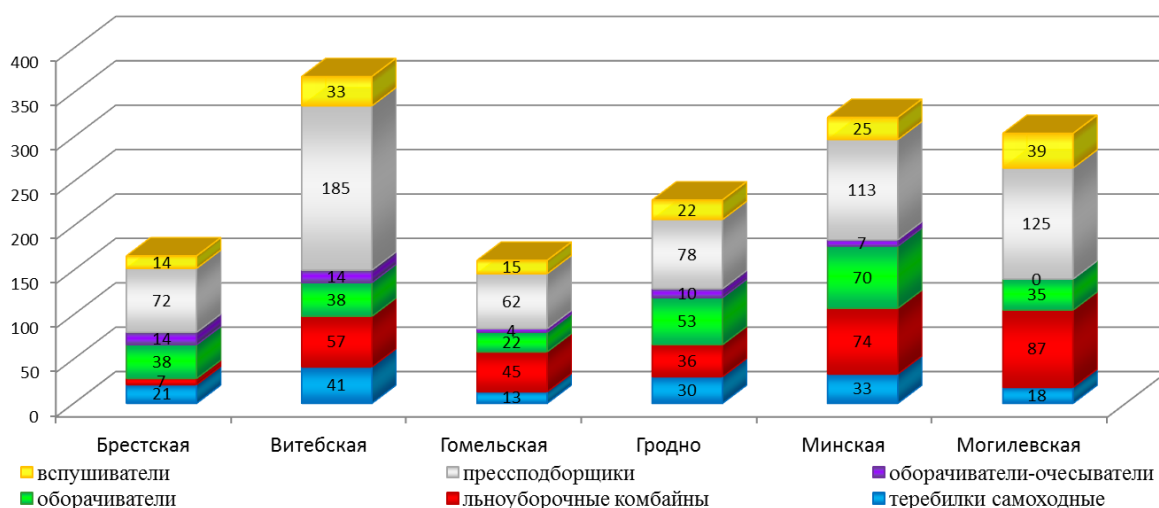


Рис. 3. Обеспеченность льноуборочной техникой по областям

Обеспеченность Брестской области 14 оборачивателями-очесывателями и всего семью льноуборочными комбайнами свидетельствует о преимущественном использовании раздельной технологии уборки льна. Несмотря на низкую обеспеченность льноуборочными комбайнами до 20 % посевов можно убрать комбайновой технологией, что позволит поддержать семенную базу хозяйств в неблагоприятных погодных условиях. При этом Брестская область имеет наибольший показатель по числу оборачивателей-очесывателей на 100 га – 0,23, а обеспеченность льноуборочными комбайнами самый низкий – 0,11 шт./100 га. При акценте на раздельную технологию немаловажную роль играет обеспеченность льносеющих хозяйств теребилками. Количество теребилок у льносеющих хозяйств Брестской области составляет 21 шт., что составляет 0,34 шт./100 га. Имея в виду, что в основном применяются самоходные теребилки ТСЛ-2,4 с производительностью 1,58–2,4, то для теребления 6,2 тыс. га потребуется не менее 15 дней. Возможность проведения однократного оборачивания лент льна обеспечивается на 100 % за счет оборачивателей-очесывателей и ооборачивателей. Анализ обеспеченности вспушвателями показал, что при численности 14 шт. (0,23 шт./100 га) льнозаводы Брестской области могут выполнить вспушивание до 65 % убираемых площадей. Обеспеченность пресподборщиками составляет 72 шт., или 1,16 шт./100 га, что также является наименьшим показателем среди областей, а для прессования 6,2 тыс. га требуется не менее 20 дней.

Витебская область насчитывает 57 единиц льноуборочных комбайнов, что составляет 0,52 шт./100 га. При производительности 0,8...1,2 га/ч возможно убрать до 33 % посевных площадей. Вместе с тем имеется 14 оборачивателей-очесывателей, что составляет 0,13 шт./100 га, что позволяет производить очес с оборачиванием около 10 % убираемых площадей. Наличие широкого комплекса льноуборочных машин увеличивает вариативность использования технологий уборки, что немаловажно при неблагоприятных погодных условиях. Обеспеченность теребилками составляет 41 шт., или 0,37 шт./100 га, а пресподборщиками – 185 шт., или 1,67 шт./100 га. Высокая обеспеченность пресподборщиками позволяет произвести рулонирование 11,1 тыс. га за 4,7...12,5 дней.

На двух льнозаводах Гомельской области имеется всего 4 оборачивателя-очесывателя (0,09 шт./100 га) и 45 льноуборочных комбайнов (1,05 шт./100 га), что свидетельствует о преимущественном использовании комбайновой технологии уборки. Исходя из допустимых агротехнических сроков, с учетом посевов разноспелых сортов льна, до 70 % посевов Гомельской области можно убрать по комбайновой технологии и лишь 6,7 % по раздельной. Обеспеченность теребилками составляет 13 шт., или 0,3 шт./100 га. Обеспеченность пресподборщиками составляет 72 шт., или 1,44 шт./100 га.

Гродненская область имеет 36 шт. льноуборочных комбайнов (0,56 шт./100 га) и 10 оборачивателей-очесывателей (0,15 шт./100 га). Это позволяет судить о том, что до 35 % посевных площадей можно убрать комбайновой технологией и до 11 % раздельной технологией. Обеспеченность теребилками составляет 30 шт., или 0,46 шт./100 га, что позволяет вытеребить посевные площади за 11...15 дней. Несмотря на высокий уровень обеспеченности оборачивателями лент льна (0,82 шт./100 га), их практическое применение сдерживается косогорым рельефом местности, что особенно характерно для Новогрудского района. В таких случаях возрастает потребность в проведении вспушивания. Показатель обеспеченности льнозаводов Гродненской области вспушвателями составляет 0,34 шт./100 га. Количество

пресподборщиков – 78 шт., или 1,2 шт./100 га, что для рулонирования 4,3 тыс. га потребуется от 6 до 15 дней.

На четырех льнозаводах Минской области сконцентрировано 74 льноуборочных комбайна (1,17 шт./100 га), что наряду с Могилевской областью является наибольшим показателем среди областей республики. Такое количество льноуборочных комбайнов позволяет убирать комбайновой технологией при соблюдении агротехнических сроков до 75 % посевов. Уровень обеспеченности теребилками составляет 0,52 шт./100 га (33 шт.), что также является наибольшим показателем среди областей. Но наряду с высокой обеспеченностью теребилками, которые преимущественно используются для раздельной технологии, у льнозаводов Минской области всего 7 оборачивателей-очесывателей, что составляет 0,11 шт./100 га. Такая обеспеченность оборачивателями-очесывателями дает возможность производить уборку по раздельной технологии до 8 % посевов. Структура обеспеченности льноуборочной техникой свидетельствует о применении преимущественно комбайновой технологии уборки льна. Минская область практически на 100 % обеспечена оборачивателями и впусшивателями. Имеющиеся 133 пресподборщика обеспечивают лидерство по их количеству на 100 га (1,78 шт./100 га) среди областей республики.

Отсутствие оборачивателей-очесывателей у льнозаводов Могилевской области свидетельствует об неиспользовании раздельной технологии. Обеспеченность льноуборочными комбайнами составляет 1,23 шт./100 га, среди областей нашей республики это самый высокий показатель. Обеспеченность теребилками 0,25 шт./100 га, а количество пресподборщиков 125 шт. (1,77 шт./100 га). При невысоком уровне обеспеченности Могилевской области оборачивателями (0,49 шт./100 га), достаточно высокий уровень обеспеченности впусшивателями лент льна (0,55 шт./100 га). При производительности впусшивателей льна 2,53...3,1 га/ч льносеющие хозяйства Могилевской области способны произвести 2–3 разовое впусшивание льна. Для рулонирования льнотресты насчитывается 125 пресподборщиков (1,77 шт./100 га) способные произвести рулонирование 7,1 тыс. га посевов за 5...12 дней.

Заводская технология уборки льна отличается от раздельной тем, что отделение семенной части урожая от стеблей производится в линиях первичной переработки льна на заводах. Линии первичной переработки отечественного производства МТА-2Л для выполнения этой операции не приспособлены [8, 11]. Такую технологию уборки могут применять только те заводы, на которых установлены линии первичной переработки иностранного производства Van Dommele или Deportere оборудованные очесывающими устройствами. Наличие льнозаводов по областям республики и обеспеченность линиями первичной переработки льна приведены на рис. 4.

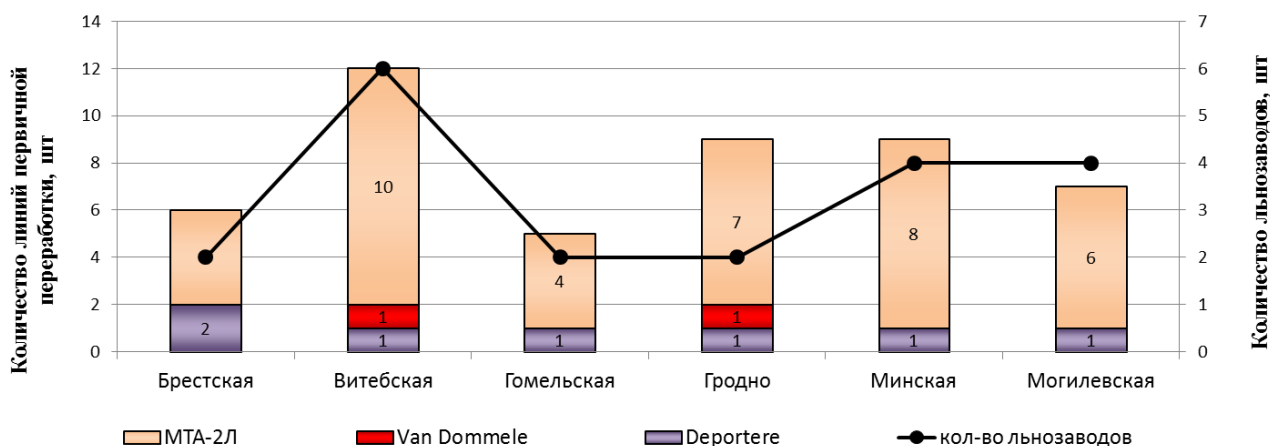


Рис. 4. Распределение льнозаводов по областям и обеспеченность их линиями первичной переработки льна

В республике на переработке льнотресты задействовано 20 льнозаводов, на которых имеется 41 линия. В 2021 году льносеющими организациями заготовлено 111 тыс. тонн льнотресты в зачетном весе. По состоянию на 1 января 2022 года ее наличие составляло 81 тыс. тонн.

Анализируя возможность получения семенного материала в условиях завода в линии первичной переработки льна, следует отметить, что такой возможностью обладают лишь 9 льнозаводов республики.

На льнозаводах Брестской области установлены две линии первичной переработки Deportere (производительность 1790 кг в час на тресте с номером 1,25) и четыре линии МТА-2Л (производительность 704 кг в час на тресте с номером 1,25). Исходя из годовой производственной программы, линии пер-

вичной переработки иностранного производства до 56 % от общего объема убранной льнотресты могут выполнить переработку с отделением семян.

В Витебской области установлены две линии первичной переработки иностранного производства одна линия Van Dommele (производительность 1420 килограмм в час переработки тресты с номером 1,25) и одна Deportere, а также десять линий МТА-2Л. При такой обеспеченности линиями лишь 31 % от общего объема полученной льнотресты заводы способны переработать с отделением семян.

В Гомельской области имеется одна линия Deportere и четыре линии МТА-2Л. Способность Гомельской области произвести переработку льняного сырья с отделением семян составляет до 39 % от общего объема заготовленной льнотресты.

Обеспеченность Гродненской области линиями первичной переработки – одна линия Van Dommele, одна линия Deportere и семь линий МТА-2Л. Такое соотношение линий переработки позволяет перерабатывать льнотресту с очесом до 40 % от общего объема заготовленного сырья.

В Минской области установлена лишь одна линия иностранного производства (Deportere) и восемь линий МТА-2Л. Возможность перейти на заводскую технологию уборки льна у Минской области минимальна – до 24 % от общего объема заготовленной льнотресты можно переработать с отделением семян в условиях завода.

На четырех льнозаводах Могилевской области также установлена одна линия Deportere и шесть линий МТА-2Л. Этот регион способен переработать до 30 % от общего объема заготовленной льнотресты с отделением семян.

Следует отметить, что применение заводской технологии получения урожая льносемян в технологической линии выработки длинного волокна требует более тщательного исследования, а конструкция применяемого при этом гребневого очесывающего устройства не удовлетворяет требованиям отраслевого регламента по возделыванию и уборке льна для выполнения очеса [12].

Для более качественной оценки обеспеченности льносеющих хозяйств необходимо изучить марочный состав имеющейся льноуборочной техники. Поскольку отличие по производительности одних и тех же наименований техники существенно различается. Так, например производительность за час основного времени льноуборочного комбайна «Двина-4М» составляет 0,51 га, а производительность самоходного двух поточного льнокомбайн UNION – 1,2, разница при этом составляет 2,35 раза [4].

Из-за невозможности прогнозирования погодных условий в период уборки и высокого риска потери урожая в большинстве хозяйств используется вариант уборки с наиболее высокими затратами труд.

До настоящего времени не разработан работоспособный производственный оборачиватель-очесыватель лент льна, который для условий Беларуси крайне необходим.

Заключение

Анализ обеспеченности льнозавод льноуборочной техникой в разрезе территориально-административных единиц республики показал, что обеспеченность областей Республики Беларусь льноуборочной техникой отличается не только по количеству, но и по своей структуре. Льнозаводы Брестской области для получения семян льна используют преимущественно раздельную технологию, при этом до 20 % посев способны убирать комбайновой технологией и 56 % – заводской. Льнозаводы Витебской области обеспечены наиболее широким комплексом льноуборочных машин позволяющих применение различных технологий уборки: до 33 % комбайновой технологией, до 10 % раздельной технологией и до 31 % заводской. Льносеющие хозяйства Гомельской области способны убрать до 70 % комбайновой технологией, до 39 % заводской и лишь 6,7 % раздельной. Льнозаводы Гродненской области взяли курс на развитие раздельной технологии, до 35 % посевных площадей способны убрать комбайновой технологией, до 11 % раздельной технологией и 40 %. Соотношение возможного применение технологий уборки льнозаводами Минской области – до 75 % комбайновой технологией, до 8 % раздельной технологией и до 24 % заводской. Льнозаводы Могилевской области используют преимущественно комбайновую технологию имеет возможность убирать до 30 % посевных площадей заводской технологией.

Проведенный анализ работ, посвященных уборке льна-долгунца в сложных погодных условиях показывает, что использование механизированных технологий осложнено из-за лимита резерва времени уборки, т. е. времени, когда льняное сырье находится в состоянии кондиционной влажности и его качество еще не успело снизиться. Эффективное использование имеющегося резерва времени при применении машинной технологии связано с необходимостью оптимизации комплекса технических средств. Так как использование механизированных технологий после просыхания льносырья от повторных

осадков связано с существенным снижением качества, возникает задача определения резерва времени использования базовой механизированной технологии в различных погодных условиях и проведения на этой основе оптимизации количественного состава комплекса технических средств. Одновременно, учитывая небольшой лимит резерва времени использования комплекса технических средств базовой технологии, возникает задача определения лимита резерва времени перспективных технологий и оптимизации их комплекса технических средств.

Для определения оптимального комплекса машин уборки влажного льносырья для сформированных рациональных вариантов технологии необходимо разработать алгоритм оптимизации комплекса технических средств уборки влажного льносырья и программное обеспечение для выбора оптимального комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна / В. А. Шаршунов, В. Е. Кругленя, А. Н. Кудрявцев [и др.]. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – 156 с.
2. Басова, Н. В. Производство и переработка лубяных культур в России как элемент импортозамещения / Н. В. Басова, Э. В. Новиков, А. В. Безбабченко // АПК: экономика, управление. – 2022. – № 8. – С. 71–78.
3. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
4. Технические средства для уборки льна-долгунца в разрезе перспектив развития льноводческой отрасли / В. В. Азаренко, В. С. Астахов, С. В. Курзенков, О. В. Гордеенко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 136–139.
5. Левчук, В. А. Исследования процесса обмолота лент льна эластичным рабочим органом / В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 161–166.
6. Тавгень, Е. Мировой рынок льняной продукции: обзор / Е. Тавгень, А. Вразалица // Наука и инновации. – 2021. – № 8(222). – С. 61–67.
7. Голуб, И. А. Перспективы возделывания и переработки льна-долгунца в Республике Беларусь / И. А. Голуб // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2017. – № 3. – С. 91–98.
8. Александр Субботин: «Льняная отрасль должна не просто работать, а стать экономически более эффективной и состоятельной» [Электронный ресурс]: Областная газета «Витебские вести», 2021. Режим доступа: <https://vitvesti.by/index.php/economy/aleksandru-subbotin-lnianiaia-otrasl-dolzha-ne-prosto-rabotat-a-stat-ekonomicheski-bolee-effektivnoi-i-sostoiatelnoi.html> – Дата доступа: 10.10.2022.
9. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 137–141.
10. Казакевич, П. П. Технично-технологічныя асновы павышэння якасця льняной трэсты / П. П. Казакевич // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2011. – № 1. – С. 89–93.
11. Отраслевой регламент. Возделывание льна. Типовые технологические процессы. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2011. – 44 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПОЛНОТЫ РЫХЛЕНИЯ ЧИЗЕЛЬНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Н. Д. ЛЕПЕШКИН, В. В. МИЖУРИН

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: belagromechno@tut.by*

А. И. ФИЛИППОВ

*УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь, e-mail: ggau@ggau.by*

К. Л. ПУЗЕВИЧ

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

(Поступила в редакцию 20.09.2022)

В статье приводится исследование влияния различных факторов на показатели полноты рыхления чизельными рабочими органами. Это связано с особенностью технологического процесса, выполняемого чизельными рабочими органами, которая заключается в том, что рыхление такими рабочими органами осуществляется с недорезом пласта по ширине захвата. В результате этого часть пласта остается неразрыхленной. Поэтому при создании современных отечественных агрегатов для безотвальной основной обработки почвы, в состав которых входят чизельные рабочие органы, очень важно, чтобы конструктор располагал материалами, которые позволяли бы им обоснованно подходить к проектированию данных агрегатов и их рабочих органов, в том числе и с учетом полноты рыхления. Хотя действующее в настоящее время в Республике Беларусь нормативные документы на разработку почвообрабатывающих машин и не содержат сведений о том, какой высоты должен быть гребень и какая площадь пласта может быть необработанной, но для расчетов в качестве оценочных критериев, которыми пользуются зарубежные исследователи, можно принять высоту гребня, которая не должна составлять 20 см и площадь обработанного пласта, которая должна быть не менее 60 %. При проектировании почвообрабатывающих агрегатов с чизельными рабочими органами необходимо учитывать влияние на полноту рыхления обрабатываемого ими пласта таких факторов, как ширина междуследья, глубина обработки почвы, ширина долота или лапы, угол бокового сдвига почвы, количество рабочих органов на агрегате. Установлено, что с увеличением ширины междуследья, угла бокового сдвига почвы, а также с уменьшением глубины обработки, ширины долота, количества рабочих органов на агрегате полнота рыхления уменьшается.

Ключевые слова: *рабочие органы, чизельные, рыхление, культиватор, конструкции, агрегаты, материалы, проектирование, обработка почвы, безотвальная, график.*

The article presents a study of the influence of various factors on the indicators of the completeness of loosening by chisel working bodies. This is due to the peculiarity of the technological process performed by chisel working bodies, which lies in the fact that loosening by such working bodies is carried out with an undercut of the formation along the width of the capture. As a result, part of the formation remains unbroken. Therefore, when creating modern domestic units for non-moldboard main tillage, which include chisel working bodies, it is very important that the designer has materials that would allow them to reasonably approach the design of these units and their working bodies, including taking into account the completeness of loosening. Although the current regulatory documents for the development of tillage machines in the Republic of Belarus do not contain information about how high the ridge should be and what area of the layer may be uncultivated, but for calculations, as evaluation criteria used by foreign researchers, one can take the height of the crest, which should not be 20 cm, and the area of the treated formation, which should be at least 60%. When designing soil-cultivating units with chisel working bodies, it is necessary to take into account the influence on the completeness of loosening of the layer they process, of such factors as the width of the intertrack, the depth of tillage, the width of the chisel or paw, the angle of lateral shift of the soil, the number of working bodies on the unit. It has been established that with an increase in the width of the track spacing, the angle of lateral shear of the soil, as well as with a decrease in the depth of processing, the width of the bit, the number of working bodies on the unit, the completeness of loosening decreases.

Key words: *working bodies, chisel, loosening, cultivator, structures, aggregates, materials, design, tillage, non-moldboard, schedule.*

Введение

В последние годы в Республике Беларусь при проведении основной обработки почвы наряду с традиционной отвальной вспашкой широко начала использоваться и безотвальная обработка [1, 2]. Для технического обеспечения такой обработки на ряде заводов республики наряду с выпуском агрегатов отечественного производства осуществлено воспроизводство отдельных зарубежных агрегатов, в которых для рыхления почвы используются чизельные рабочие органы. Однако практика их использования показала, что в условиях Беларуси они не везде обеспечивают требуемую растениями

полноту рыхления. Это связано с особенностью технологического процесса выполняемого чизельными рабочими органами, которая заключается в том, что рыхление такими рабочими органами осуществляется с недорезом пласта по ширине захвата. В результате этого часть пласта остается неразрыхленной. Поэтому при создании современных отечественных агрегатов для безотвальной основной обработки почвы в состав которых входят чизельные рабочие органы очень важно чтобы конструктора располагали материалами, которые позволяли бы им обоснованно подходить к проектированию данных агрегатов и их рабочих органов, в том числе и с учетом полноты рыхления.

В связи с этим целью данной статьи является теоретическое исследование влияния различных факторов на показатели полноты рыхления чизельными рабочими органами.

Основная часть

Известно, что при работе чизельного рабочего органа сечение разрыхленной им полосы расширяется снизу вверх за счет бокового сдвига пласта по углом ω (рис. 1, а), который зависит от таких факторов, как механический состав почвы, влажность почвы и других факторов, и составляет для дерново-подзолистых почв $40\text{--}60^\circ$.

Известно и то, что боковой сдвиг почвы отмечается лишь в слое почвы определенной глубины, который не должен превышать так называемую критическую глубину $h_k = 32\text{--}36$ см, т.к. при рыхлении на глубину больше критической, сдвиг почвы прекращается, и нижняя часть разрыхленной площади имеет вид щели с вертикальными стенками (рис. 1, б).

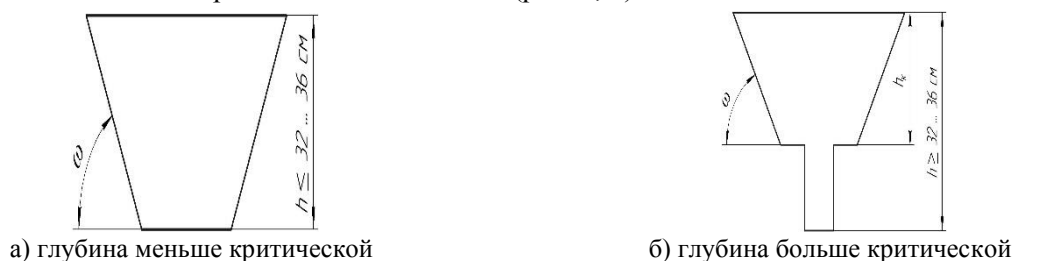


Рис. 1. Сечение полос почвы, разрыхленных на глубину меньшую и превышающую критическую

Кроме этого, известно, что после предварительного рыхления верхнего слоя на глубину h_0 (рис. 2) новая критическая глубина h_k разрыхленного слоя увеличивается на глубину, близкую к h_0 , а боковой сдвиг пласта идет не от критической глубины h_k однослойного рыхления, а с большей, от дна полосы, глубина которой равна:

$$h_k' = h_k + h_0. \quad (1)$$

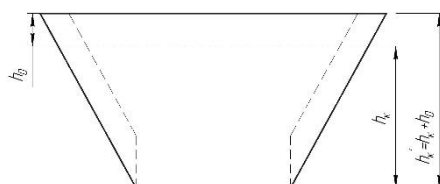


Рис. 2. Сечение полосы почвы с предварительным рыхлением верхнего слоя

При этом угол бокового сдвига ω не изменяется [3, 4].

Так как в конструкции современных агрегатов перед их чизельными рабочими органами, как правило, устанавливают дисковые рабочие органы, которые производят предварительное рыхление верхнего слоя на глубину h_0 равную 12 см и более, то критическая глубина рыхления для таких агрегатов увеличивается на h_0 и будет составлять не 32–36 см, а 44–48 см [5, 8, 9, 10].

Поскольку максимальная глубина рыхления для чизельных агрегатов не превышает 40 см, то для дальнейших расчетов примем схему (рис. 3), где боковой сдвиг почвы не идет от дна борозды.

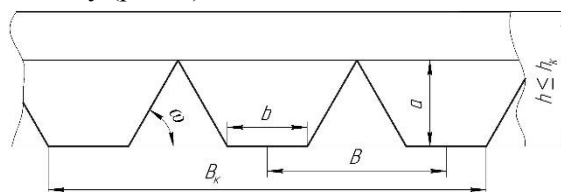


Рис. 3. Схема для определения высоты гребней между чизельными рабочими органами

Для оценки качества рыхления почвы чизельными рабочими органами будем использовать коэффициент полноты рыхления k , определяемый как отношение обработанной к общей площади, выраженное в процентах:

$$k = \frac{S}{S_{\Sigma}} \cdot 100 \% , \quad (2)$$

где S – площадь сечения взрыхленной части пласта в поперечном сечении, м^2 ; S_{Σ} – общая площадь поперечного сечения пласта, м^2 .

Площадь сечения взрыхленной части пласта S определим как:

$$S = S_{\Sigma} - S_1, \quad (3)$$

где S_1 – площадь поперечного сечения неразрушенных гребней, м^2 .

С учетом выражения (3) формула (2) примет вид:

$$k = \frac{S_{\Sigma} - S_1}{S_{\Sigma}} \cdot 100 = \left(1 - \frac{S_1}{S_{\Sigma}}\right) \cdot 100 \% . \quad (4)$$

Площадь неразрушенных гребней определится по формуле:

$$S_1 = (n - 1)S_r = (n - 1) \frac{(B - b)^2}{4} \text{tg} \omega, \quad (5)$$

где n – число рабочих органов, шт.; S_r – площадь гребней, м^2 ; B – расстояние между рабочими органами (ширина междуследья), м; b – ширина долота или лапы, м.

Далее определим площадь сечения пласта:

$$S_{\Sigma} = h \cdot B_k, \quad (6)$$

где h – глубина рыхления пласта, м; B_k – конструктивная ширина захвата, м.

С учетом того, что:

$$B_k = (n - 1) B + b. \quad (7)$$

Тогда общая площадь поперечного сечения составит:

$$S_{\Sigma} = [(n - 1) B + b] h. \quad (8)$$

Подставив полученные выражения (5) и (8) в формулу (4) получим:

$$k = 1 - \frac{(n - 1) \frac{(B - b)^2}{4} \text{tg} \omega}{[(n - 1) B + b] h} \cdot 100 \% . \quad (9)$$

Таким образом, полученное выражение (9) показывает связь между полнотой рыхления чизельными рабочими органами и влияющими на неё факторами, такими как ширина междуследья, глубина обработки, ширина долота или лапы, угол бокового сдвига почвы, количество рабочих органов на агрегате.

Исследуем влияние этих факторов на полноту рыхления путем изменения одного из них при неизменных остальных, а полученные зависимости отобразим на графиках.

На рис. 4 представлен график зависимости коэффициента полноты рыхления k от ширины междуследья B при $b = 0,1$ м; $n = 5$ шт.; $\omega = 45^\circ$; $h = 0,4$ м.

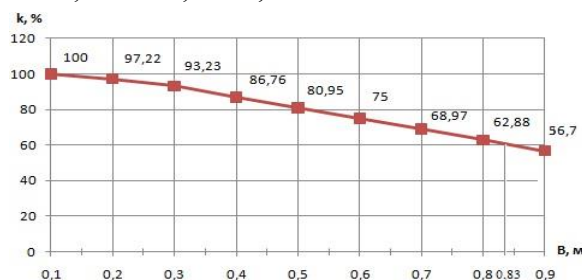


Рис. 4. График зависимости коэффициента полноты рыхления k от ширины междуследья B

Из графика (рис. 4) видно, что при увеличении ширины междуследья B от 0,1 до 0,9 м коэффициент полноты рыхления уменьшается с 100 % до 56,7 %.

Зависимость коэффициента полноты рыхления k от ширины долота b и ширины междуследья

V при $n = 5$ шт.; $\omega = 45^\circ$; $h = 0,4$ м представлена на графике (рис. 5).

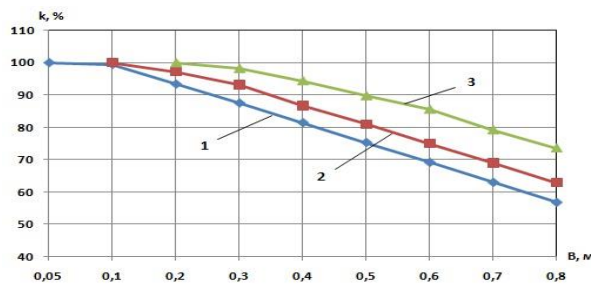


Рис. 5. График зависимости коэффициента полноты рыхления k от ширины междуследья V и ширины долота b :
1) $b = 0,05$ м; 2) $b = 0,1$ м; 3) $b = 0,2$ м

Из графика (рис. 5) видно, что при одних и тех же значениях ширины междуследья V с уменьшением ширины долота b полнота рыхления также уменьшается.

На графике (рис. 6) представлена зависимость коэффициента полноты рыхления k от ширины междуследья V и угла бокового сдвига почвы ω при $n = 5$ шт.; $h = 0,4$ м; $b = 0,1$ м.

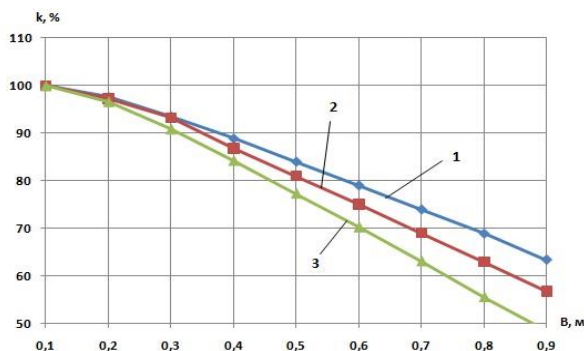


Рис. 6. График зависимости ширины междуследья V от коэффициента полноты рыхления k и угла бокового сдвига ω :
1) $\omega = 40^\circ$; 2) $\omega = 45^\circ$; 3) $\omega = 60^\circ$

Из графика (рис. 6) видно, что при увеличении угла ω от 40° до 60° ширина междуследья V при которой обеспечивается полнота рыхления 60 %, уменьшилась.

На графике (рис. 7) представлена зависимость коэффициента полноты рыхления k от ширины междуследья V и количества рабочих органов n при $h = 0,4$ м, $\omega = 45^\circ$, $b = 0,1$ м.

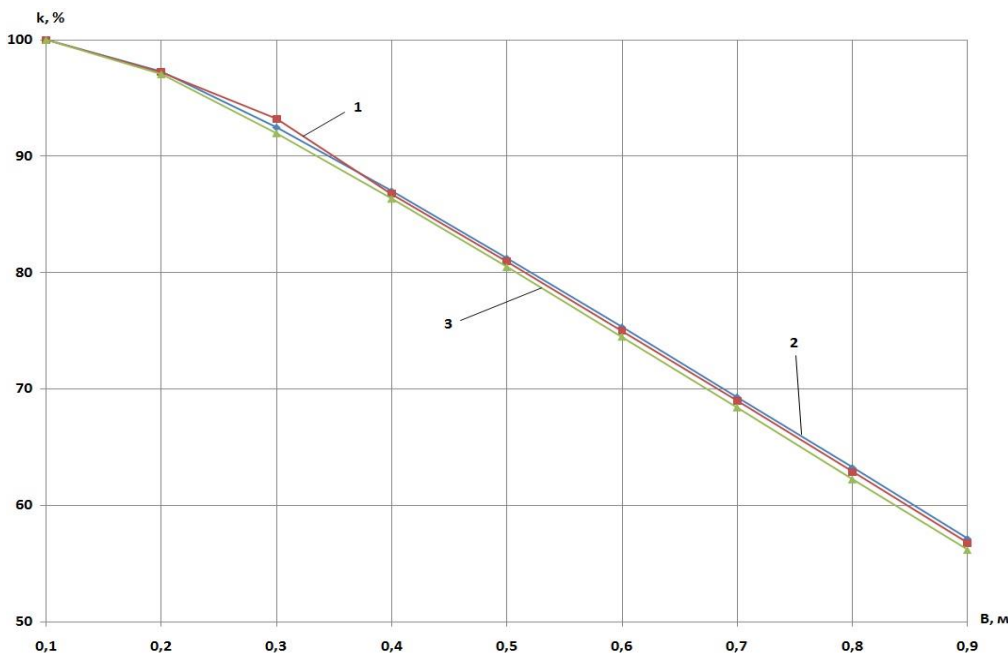


Рис. 7. График зависимости ширины междуследья V в зависимости от коэффициента полноты рыхления k и количества рабочих органов n : 1) $n = 4$; 2) $n = 5$; 3) $n = 9$

Из графика (рис. 7) видно, что количество рабочих органов при одних и тех же значениях ширины

междуследья B не оказывает существенного влияния на полноту рыхления, хотя с увеличением количества рабочих органов полнота рыхления незначительно снижается.

На графике (рис. 8) представлено влияние на полноту рыхления глубины обработки h , при различных значениях ширины междуследья B и $\omega = 45^\circ$; $b = 0,1$ м; $n = 5$ шт.

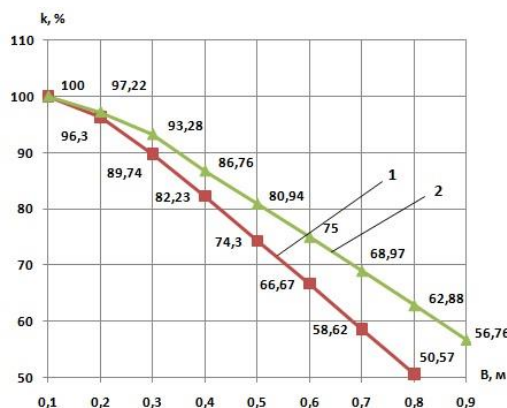


Рис. 8. График зависимости ширины междуследья B от коэффициента полноты рыхления k и глубины обработки h :
1) $h = 0,3$ м; 2) $h = 0,4$ м

Из графика (рис. 8) видно, что глубина рыхления почвы h оказывает влияние на полноту рыхления при одних и тех же значениях ширины междуследья: чем больше глубина, тем лучше рыхление.

Наряду с коэффициентом полноты рыхления, особенно при проектировании почвообрабатывающих агрегатов для обработки склоновых земель, важное значение для предотвращения внутрисочечного стока воды имеет высота гребня, который образуется на дне борозды после прохода чизельных рабочих органов.

Высоту гребня a можно определить на основании схемы (рис. 3), которая будет равна:

$$a = \frac{B - b}{2} \cdot \operatorname{tg} \omega, \quad (10)$$

где B – ширина междуследья, м; b – ширина долота, м; ω – угол бокового сдвига почвы, град.

С учетом того, что ширина долота (лапы) в зависимости от условий может изменяться от 0,25 до 1,0 м, а рабочие органы комплектоваться набором сменных долотьев различной ширины, то расчет высоты гребня a проведем для долотьев шириной от 0,25 до 0,3 при $h = 0,4$ м, $\omega = 45^\circ$ и ширине междуследья изменяемой от 0,05 до 0,7 м.

Зависимость высоты гребня a от ширины долота b и ширины междуследья B представлена на графике (рис. 9).

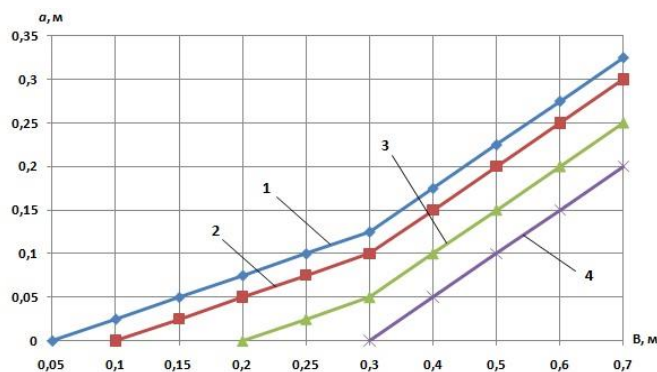


Рис. 9. График зависимости высоты гребней a от ширины междуследья рыхлительных рабочих органов B и ширины долота b : 1) $b = 0,05$ м; 2) $b = 0,1$ м; 3) $b = 0,2$ м; 4) $b = 0,3$ м

Из графика (рис. 9) следует, что с увеличением ширины долота высота гребня уменьшается, а с увеличением ширины междуследья, наоборот, увеличивается [11, 12, 13, 14].

Закключение

Хотя действующие в настоящее время в Республике Беларусь нормативные документы на разработку почвообрабатывающих машин и не содержат сведений о том, какой высоты должен быть гребень и какая площадь пласта может быть необработанной, но для расчетов в качестве оценочных критериев, которыми пользуются зарубежные исследователи, можно принять высоту гребня, которая

не должна составлять 20 см и площадь обработанного пласта, которая должна быть не менее 60 % [6, 7, 15, 16].

При проектировании почвообрабатывающих агрегатов с чизельными рабочими органами необходимо учитывать влияние на полноту рыхления обрабатываемого ими пласта таких факторов, как ширина междуследья, глубина обработки почвы, ширина долота или лапы, угол бокового сдвига почвы, количество рабочих органов на агрегате.

Установлено, что с увеличением ширины междуследья, угла бокового сдвига почвы, а также с уменьшением глубины обработки, ширины долота, количества рабочих органов на агрегате полнота рыхления уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лепешкин, Н. Д. Адаптивные технологии и машины для почвозащитного земледелия в условиях Республики Беларусь / Н. Д. Лепешкин, А. А. Точицкий, В. В. Мижурин, А. Ф. Жук // Сельскохозяйственные машины и технологии – ВИМ – 2014 г. – № 4 – С. 43–47.
2. Лепешкин, Н. Д. Механизация почвозащитного земледелия / Н. Д. Лепешкин, А. А. Точицкий, А. Ф. Черныш // Наука и инновации. – 201. – № 10 (140) – С. 26–28.
3. Жук, А. Ф. Рыхление почвы чизельными долотами и щелерезами / А. Ф. Жук // Техника в сельском хозяйстве. – № 3. – 2006. – С. 21–25.
4. Кострицын, А. К. Об угле сдвига почвы рабочими органами почвообрабатывающих орудий: сб. научн. тр. ВИМ. – Т. 96 М. – 1983. – С. 102–108.
5. Лепешкин, Н. Д. Результаты испытаний агрегата безотвальной обработки почв АБТ-4 на суглистых почвах / Н. Д. Лепешкин, А. А. Точицкий, П. П. Костюков, И. С. Мстиславская // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2013. – Вып. 47 – Т.1 – С. 56–62.
6. Щириков, В. Н. Определение параметров глубокорыхлителей для обработки почвы в засушливых условиях / В. Н. Щириков, Г. Г. Пархоменко // Вестник аграрной науки Дона. – № 4 (20). – 2012. – С. 17–22.
7. Окас Котаберген. Разработка навесного фронтального плуга-рыхлителя для агрегатирования с тракторами тягового класса 5: дис. канд. техн. наук.: 05.20.01 / Окас Котаберген. – Саратов, 2017. – 145 с.
8. Филиппов, А. И. Прямой посев сельскохозяйственных культур в условиях республики Беларусь – ближайшая реальность / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. – Гродно: ГГАУ, 2017. – Т. 38. – С. 245–251.
9. Филиппов, А. И. К вопросу защиты склоновых земель от водной эрозии / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, А. А. Точицкий, Д. В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. – Гродно: ГГАУ, 2017. – Т. 38. – С. 251–257.
10. Лепешкин, Н. Д. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов / Н. Д. Лепешкин, А. И. Филиппов, А. С. Добышев, К. Л. Пузевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы междунар. науч.-технич. конф. 19–21 окт. Минск, 2016 г. – В 2 т. – Т. 1. – С. 141–147.
11. Филиппов, А. И. Установка для исследования показателей качества и тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, Н. С. Козлов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XX междунар. науч.-практ. конф. – Гродно: ГГАУ, 2017. – С. 258–260.
12. Лепешкин, Н. Д. Разработка оборотного 12-корпусного плуга для различных почв / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов. // Сборник научных статей по материалам XXIII Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2020. – С. 102–104.
13. Лепешкин, Н. Д. Перспективный плуг ПО-(8+4)-40 для тракторов мощностью 450 л.с. / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов, К. Л. Пузевич // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. № 1. г. Горки, 2021. – С. 167–171.
14. Лепешкин, Н. Д. Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат для высокопроизводительного посева зерновых и других культур / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов, К. Л. Пузевич // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – № 3. г. – Горки, 2021. – С. 181–186.
15. Лепешкин, Н. Д. Разработка почвообрабатывающе-посевного агрегата АПП-9 с одновременным внесением минеральных удобрений / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов. // Сборник научных статей по материалам XXIII Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2020. – С. 100–102.
16. Лепешкин, Н. Д. Обоснование технологического процесса работы агрегата для основной безотвальной обработки почвы на склонах / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, А. И. Филиппов // Сборник научных статей «Современные технологии сельскохозяйственного производства» по материалам XXV Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2022. – С. 92–95.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА СМЕСЕВОМ ТОПЛИВЕ

А. Н. КАРТАШЕВИЧ

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

Ш. В. БУЗИКОВ, С. А. ПЛОТНИКОВ

Вятский государственный университет,
г. Киров, Россия, e-mail: plotnikovsa@bk.ru

(Поступила в редакцию 03.11.2022)

Проблема определения оптимальных эффективных показателей тракторного дизеля при работе на смешанном топливе является весьма актуальной. Для решения данной проблемы необходимо определить целевую функцию оптимизации эффективных показателей, а затем граничные условия. В связи с этим целью работы является оптимизация эффективных показателей тракторного дизеля при работе на смешанном топливе. Научная новизна работы заключается в определении оптимальных зависимостей эффективных показателей тракторного дизеля при работе на смешанном топливе. Для достижения поставленной цели необходимо решить несколько задач. Во-первых, определить саму целевую функцию эффективных показателей. Во-вторых, определить граничные условия и произвести расчёт. Расчёт критерия оптимизации эффективных показателей был произведён для всех рабочих нагрузочных и скоростных режимов работы тракторного дизеля марки Д-245.5S2 размерностью 4ЧН 11,0/12,5 при работе на СТ, состоящим из ДТ и рапсового масла (РМ). В результате проведённых исследований был определен критерий оптимизации эффективных показателей тракторного дизеля при работе на смешанном топливе. Проведенный анализ результатов расчёта критерия оптимизации эффективных показателей тракторного дизеля марки Д-245.5S2 размерностью 4ЧН 11,0/12,5 при работе на СТ, состоящим из ДТ и РМ показал, что при увеличении РМ в СТ (Mat) от 0 до 80, p_e от 0,2 до 1,0 МПа, а также n от 1200 до 1800 мин^{-1} приводит к улучшению эффективных показателей до 28 %. При увеличении доли Mat от 30 до 80 %, снижении p_e от 0,6 до 0,2 МПа и n от 1800 до 1200 мин^{-1} , приводит к ухудшению эффективных показателей до 23 %.

Ключевые слова: целевая функция, эффективные показатели, показатели механических потерь, смешанное топливо, критерий оптимизации.

The problem of determining the optimal performance indicators of a tractor diesel engine when operating on mixed fuel is very relevant. To solve this problem, it is necessary to determine the objective function for optimizing effective indicators, and then the boundary conditions. In this regard, the aim of the work is to optimize the effective performance of a tractor diesel engine when operating on mixed fuel. The scientific novelty of the work lies in determining the optimal dependencies of the effective indicators of a tractor diesel engine when operating on mixed fuel. To achieve this goal, it is necessary to solve several problems. First, to determine the target function of effective indicators. Secondly, determine the boundary conditions and make a calculation. The calculation of the optimization criterion for effective indicators was made for all operating load and speed modes of operation of a tractor diesel engine of the D-245.5S2 brand with a dimension of 4ChN 11.0 / 12.5 when working on mixed fuel consisting of diesel fuel and rapeseed oil. As a result of the research, a criterion was determined for optimizing the effective performance of a tractor diesel engine when operating on mixed fuel. The analysis of the results of calculating the optimization criterion for the effective performance of a D-245.5S2 tractor diesel engine with a dimension of 4ChN 11.0 / 12.5 when working on mixed fuel consisting of diesel fuel and rapeseed oil showed that with an increase in rapeseed oil in mixed fuel (Mat) from 0 to 80 p_e from 0.2 to 1.0 MPa, as well as n from 1200 to 1800 min^{-1} leads to an improvement in effective performance up to 28 %. With an increase in the share of Mat from 30 to 80 %, a decrease in p_e from 0.6 to 0.2 MPa and n from 1800 to 1200 min^{-1} , the effective indicators deteriorate to 23 %.

Key words: objective function, effective indicators, mechanical loss indicators, mixed fuel, optimization criterion.

Введение

Работа тракторного дизеля при использовании смешанного топлива на различных нагрузочных и скоростных режимах, как правило, характеризуется сопровождением изменения значений эффективной мощности [1, 2]. В свою очередь такой эффективный показатель можно рассмотреть, как функцию двух аргументов. Этими двумя аргументами здесь являются значения среднего эффективного давления и частоты вращения коленчатого вала тракторного дизеля [3, 4].

В зависимости от скоростного режима работы тракторного дизеля среднее эффективное давление не может изменяться от минимального до максимального возможного своих значений [5, 6]. Данное обстоятельство объясняется, во-первых, конструктивно-технологическими особенностями самого тракторного дизеля, а, во-вторых, характеристикой работы всережимного регулятора частоты вращения коленчатого вала тракторного дизеля топливного насоса высокого давления [7, 8]. Так как всережимный регулятор частоты вращения коленчатого вала на разных скоростных режимах работы обеспечивает разные значения максимальной цикловой подачи, тем самым определяя максимальное зна-

чение среднего эффективного давления [9, 10]. Таким образом, в зависимости от частоты вращения коленчатого вала тракторного дизеля можно определить функцию ограничения значений среднего эффективного давления [11, 12].

В связи с этим возникает проблема определения оптимизации эффективных показателей тракторного дизеля при работе на смесевом топливе.

Для решения данной проблемы необходимо определить целевую функцию оптимизации эффективных показателей, а затем граничные условия.

В связи с этим целью работы является оптимизация эффективных показателей тракторного дизеля при работе на смесевом топливе. Научная новизна работы заключается в определении оптимальных зависимостей эффективных показателей тракторного дизеля при работе на смесевом топливе.

Основная часть

Так как значение среднего эффективного давления p_e во многом определяется цикловой подачей смесевого топлива $q_{ц}$, то введение ограничений на значение p_e сводится к характеристике всережимного регулятора частоты вращения коленчатого вала топливного насоса высокого давления и её можно представить как кусочно-заданную функцию в виде полинома-сплайна 2 порядка.

Рассмотрим систему функций:

$$\begin{cases} p_{мп} = f_{мп}(n) \\ p_{мп} \leq p_e \leq f_e(n) \end{cases} \quad (1)$$

где $p_{мп}$ – давление механических потерь, МПа; $f_{мп}(n)$ – функция давления механических потерь от частоты вращения коленчатого вала, МПа; n – частота вращения коленчатого вала, мин^{-1} ; $f_e(n)$ – функция среднего эффективного давления от частоты вращения коленчатого вала, МПа.

Отсюда видно, что равенство, как и неравенство, выражается через одну переменную n . Данная система (1) является определенной на отрезке $[n_{xx}^{min}, n_{xx}^{max}]$ с узлами $n \in [n_{xx}^{min} \leq n_{ндк} < n_{кдк} < n_{ндр} \leq n_{xx}^{max}]$, т.к. на каждом из отрезков $[n_{xx}^{min}, n_{ндк}]$, $[n_{ндк}, n_{кдк}]$, $[n_{кдк}, n_{ндр}]$ и $[n_{ндр}, n_{xx}^{max}]$, $f(n)$ можно выразить алгебраическим полиномом 2 степени, тогда каждая из точек $n_{ндк}$, $n_{кдк}$, $n_{ндр}$ является узлами сплайна [9]. В общем виде кусочно-заданную систему функций можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} p_{мп} = a_{мп}n^2 + b_{мп}n + c_{мп}, & n_{xx}^{min} \leq n \leq n_{xx}^{max} \\ p_{мп} \leq p_e(n) \leq a_i n^2 + b_i n + c_i, & \begin{matrix} n_{xx}^{min} < n < n_{ндк}, & i = 1 \\ n_{ндк} < n < n_{кдк}, & i = 2, \\ n_{кдк} < n < n_{ндр}, & i = 3 \\ n_{ндр} < n < n_{xx}^{max}, & i = 4 \end{matrix} \end{cases} \quad (2)$$

где n_{xx}^{min} , n_{xx}^{max} – минимальная и максимальная частота холостого хода тракторного дизеля, мин^{-1} ; $n_{ндк}$, $n_{кдк}$, $n_{ндр}$ – частота вращения коленчатого вала тракторного дизеля, соответствующая началу и концу действия корректора, а также началу действия регулятора, соответственно, мин^{-1} ; i – текущий номер режима работы тракторного дизеля; $a_{мп}$, $b_{мп}$, $c_{мп}$, a_i , b_i , c_i – коэффициенты в полиномах 2 степени.

Система функций (2) определяет границы области нагрузочных и скоростных режимов работы тракторного дизеля, установленные заводом-изготовителем.

Тогда с учётом выражений (1) и (2) в общем виде систему уравнений, определяющую границы области значений эффективной мощности N_e в зависимости только лишь от одной переменной n можно представить:

$$\begin{cases} N_{мп} = \frac{V_l}{30\tau} = (a_{мп}n^2 + b_{мп}n + c_{мп})n, & n_{xx}^{min} \leq n \leq n_{xx}^{max} \\ N_{мп} \leq N_e \leq \frac{V_l}{30\tau} (a_i n^2 + b_i n + c_i)n, & \begin{matrix} n_{xx}^{min} < n < n_{ндк}, & i = 1 \\ n_{ндк} < n < n_{кдк}, & i = 2 \cdot \\ n_{кдк} < n < n_{ндр}, & i = 3 \\ n_{ндр} < n < n_{xx}^{max}, & i = 4 \end{matrix} \end{cases} \quad (3)$$

Выражение (3) определяет область режимов работы тракторного дизеля, установленного заводом-изготовителем, зависящее от конструктивно-технологических параметров самого тракторного дизеля и характеристик топливоподачи топливного насоса высокого давления. В связи с этим, очень важно,

изменяя какие-либо показатели тракторного дизеля, обеспечить соблюдение его режимов работы, ограниченные описанной областью значений, согласно выражению (2), графически это определяется усеченной поверхностью (рис. 1).

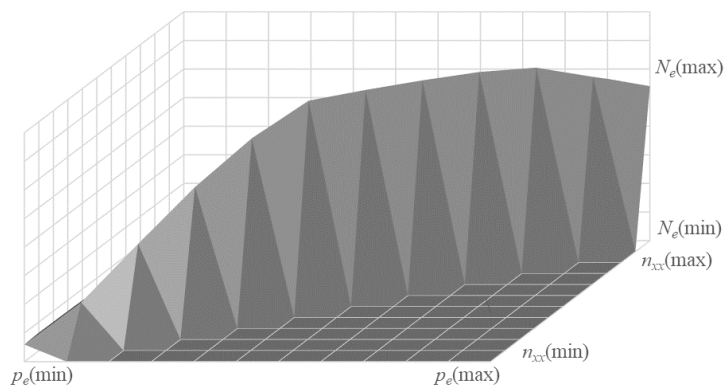


Рис. 1. Область режимов работы тракторного дизеля

Под эффективными показателями тракторного дизеля следует понимать две основные группы показателей – индикаторные и механических потерь [10].

Каждую подгруппу показателей можно представить, как сложную целевую функцию с двумя общими аргументами. Таким образом, для индикаторных показателей:

$$P_i = f\{N_i(p_i, n), \eta_i(p_i, n), g_i(p_i, n)\}, \quad (4)$$

где P_i – целевая функция индикаторных показателей; $N_i(p_i, n)$ – функция индикаторной мощности; $\eta_i(p_i, n)$ – функция индикаторного КПД; $g_i(p_i, n)$ – функция индикаторного удельного расхода смесового топлива; p_i – среднее индикаторное давление, МПа.

Для показателей механических потерь:

$$P_{мп} = f\{N_{мп}(p_i, n), \eta_m(p_i, n)\}, \quad (5)$$

где $P_{мп}$ – целевая функция показателей механических потерь.

Рассмотрим целевую функцию индикаторных показателей. Функция индикаторной мощности:

$$N_i = \frac{V_l}{30\tau} p_i n. \quad (6)$$

Функция индикаторного КПД:

$$\eta_i = \frac{1}{H_u} p_i \frac{G_B}{G_T \rho_k \eta_v}, \quad (7)$$

где $\frac{1}{H_u}$ – удельная тепловая масса смесового топлива, кг/МДж [11]; $\frac{G_B}{G_T \rho_k \eta_v}$ – удельный объем рабочей смеси, состоящей из свежего заряда (воздуха), отработавших газов и смесового топлива, м³/кг топл.; H_u – низшая расчётная удельная теплота сгорания смесового топлива, МДж/кг; G_B – массовый часовой расход воздуха, кг/ч; G_T – массовый часовой расход смесового топлива, кг/ч; ρ_k – плотность свежего заряда на впуске, кг/м³; η_v – коэффициент наполнения цилиндров тракторного дизеля.

В последнем выражении (7) произвели замену [12]: $\eta_v = \frac{33,3G_B}{V_l n \rho_k}$ и преобразовали, тогда удельный объем рабочей смеси, определялся как $\frac{V_l n}{33,3G_T}$.

Тогда окончательно выражение (7) приняло вид:

$$\eta_i = \frac{V_l}{33,3H_u G_T(p_i, n)} p_i n. \quad (8)$$

Проведя аналогичные преобразования получено:

$$g_i = \frac{1,2 \cdot 10^5 G_T(p_i, n)}{V_l} \frac{1}{p_i n}. \quad (9)$$

Тогда общая целевая функция индикаторных показателей с учётом выражений (6), (8) и (9):

$$P_i = f\left\{\frac{V_l}{30\tau} p_i n, \frac{V_l}{33,3H_u G_T(p_i, n)} p_i n, \frac{1,2 \cdot 10^5 G_T(p_i, n)}{V_l} \frac{1}{p_i n}\right\}. \quad (10)$$

Целевая функция для показателей механических потерь. Мощность механических потерь:

$$N_{мп} = \frac{V_l}{30\tau} P_{мп} n. \quad (11)$$

Механический КПД:

$$\eta_M = \frac{p_e}{p_i} = 1 - \frac{p_{мп}}{p_i}. \quad (12)$$

С учётом выражений (11) и (12) в конечном виде:

$$P_{мп} = f \left\{ \frac{V_l}{30\tau} p_{мп} n, 1 - \frac{p_{мп}}{p_i} \right\}. \quad (13)$$

Исходя из условия $p_e = p_i - p_{мп}$ и анализа целевых функций (10) и (13) следует что, можно сформировать такую единую целевую функцию эффективных показателей, которая будет заменять в себе две, исключив из неё коррелирующие подфункции. Тогда общее выражение целевой функции эффективных показателей приняло следующий вид:

$$P_e = f \left\{ p_i n, \frac{V_l}{33,3H_u} p_i n, \frac{1,2 \cdot 10^5}{V_l} \frac{1}{p_i n}, p_{мп} n, 1 - \frac{p_{мп}}{p_i} \right\}. \quad (14)$$

Используя выражение (14), можно проводить поиск любых оптимальных решений, задаваясь определенными условиями.

Выражение (14) позволяет определить минимальное значение критерия оценки оптимального значения улучшения эффективных показателей тракторного дизеля на смесевом топливе (СТ) по сравнению с работой на чистом дизельном топливе (ДТ) в зависимости от нагрузочного и скоростного режимов работы.

Изменяя состав смесевого топлива, применяемого в тракторном дизеле в зависимости от его нагрузочных и скоростных режимов, работы можно получить максимальное улучшение эффективных показателей тракторного дизеля.

Расчёт критерия оптимизации эффективных показателей для всех рабочих нагрузочных и скоростных режимов работы тракторного дизеля марки Д-245.5S2 размерностью 4ЧН 11,0/12,5 при работе на СТ, состоящим из ДТ и рапсового масла (РМ) показал следующие результаты, представленные в таблице.

Результаты теоретических расчётов значения P_e для СТ, состоящего из ДТ и РМ для всех нагрузочных и скоростных режимов работы Д-245.5S2

n, мин ⁻¹	p _e , МПа					РМ, %
	0,2	0,4	0,6	0,8	1	
1200	1,08	1,07	1,06	1,03	0,99	20
1350	1,06	1,05	1,04	1,01	0,96	20
1500	1,05	1,04	1,03	0,99	0,92	20
1650	1,03	1,02	1,01	0,97	0,88	20
1800	1,02	1,01	0,99	0,95	0,84	20
1200	1,13	1,11	1,07	1,01	0,94	40
1350	1,11	1,09	1,05	0,98	0,90	40
1500	1,10	1,07	1,02	0,95	0,86	40
1650	1,08	1,05	1,00	0,92	0,82	40
1800	1,06	1,03	0,98	0,89	0,78	40
1200	1,17	1,13	1,08	0,99	0,91	60
1350	1,15	1,10	1,05	0,96	0,87	60
1500	1,13	1,07	1,01	0,92	0,83	60
1650	1,11	1,04	0,98	0,89	0,79	60
1800	1,09	1,01	0,95	0,86	0,75	60
1200	1,23	1,17	1,09	0,97	0,88	80
1350	1,20	1,13	1,05	0,93	0,84	80
1500	1,17	1,09	1,00	0,90	0,80	80
1650	1,14	1,05	0,96	0,86	0,76	80
1800	1,11	1,02	0,92	0,82	0,72	80

Графическая зависимость критерия оценки оптимального состава СТ P_e при добавке РМ для всех нагрузочных и скоростных режимов работы ТД представлена на рис. 2.

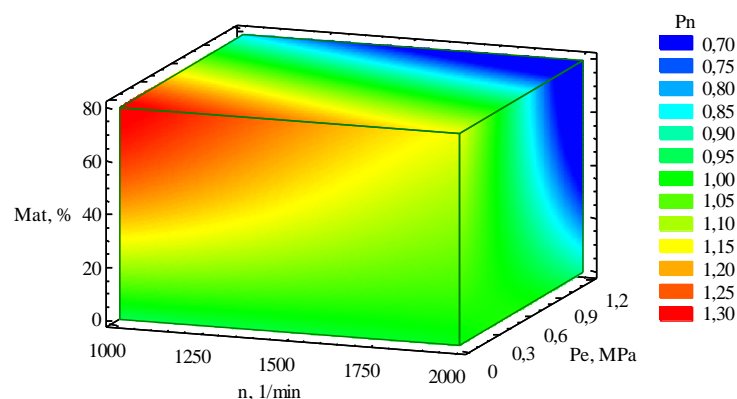


Рис. 2. Зависимость критерия оценки оптимального состава СТ P_e при использовании ДТ и РМ для всех нагрузочных и скоростных режимов работы тракторного дизеля

Анализ полученных расчётных данных (таблица) и (рис. 2) показал, что при увеличении РМ в СТ (Mat) от 0 до 80, p_e от 0,2 до 1,0 МПа, а также n от 1200 до 1800 мин⁻¹ приводит к улучшению эффективных показателей до 28 % (P_e). Также наблюдается ухудшение эффективных показателей до 23 % (P_e) при увеличении Mat от 30 до 80%, снижении p_e от 0,6 до 0,2 МПа и n от 1800 до 1200 мин⁻¹.

Заключение

В результате проведённых исследований был определен критерий оптимизация эффективных показателей тракторного дизеля при работе на смешанном топливе.

Проведенный анализ результатов расчёта критерия оптимизации эффективных показателей тракторного дизеля марки Д-245.5S2 размерностью 4ЧН 11,0/12,5 при работе на СТ, состоящим из ДТ и РМ показал, что при увеличении РМ в СТ (Mat) от 0 до 80, p_e от 0,2 до 1,0 МПа, а также n от 1200 до 1800 мин⁻¹ приводит к улучшению эффективных показателей до 28 %.

При увеличении доли Mat от 30 до 80%, снижении p_e от 0,6 до 0,2 МПа и n от 1800 до 1200 мин⁻¹, приводит к ухудшению эффективных показателей до 23 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусак, А. А. Справочник по высшей математике / А. А. Гусак, Г. М. Гусак, Е. А. Бричкова. – Минск: ТетраСистемс, 2009. – 638 с.
2. Investigation of the combustion process of a diesel engine when working on a mixed fuel / S. V. Buzikov, S. A. Plotnikov, A. I. Shipin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 6, Krasnoyarsk, 18–20 ноября 2021 года. – Krasnoyarsk, 2022. – P. 042052. – DOI 10.1088/1755-1315/981/4/042052.
3. Карташевич, А. Н. Улучшение экологических показателей автотракторных двигателей с применением биогаза и сурепного масла / А. Н. Карташевич, Р. С. Даргель, В. А. Шаповров // От импортозамещения к экспортному потенциалу: научно-инновационное обеспечение разработки и внедрения ресурсосберегающих технологий, технических средств и цифровой платформы АПК, Екатеринбург, 25–26 февраля 2021 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2021. – С. 81–83.
4. Грудович, Е. Д. Влияние на экологические показатели альтернативных видов топлива на основе растительных масел / Е. Д. Грудович, А. Н. Карташевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: Сборник научных трудов / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. Том Выпуск 6. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 194–198.
5. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для вузов / А. И. Колчин, В. П. Демидов. – 4 – изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 496 с.
6. Long L., Yuanheng T., Dai L. Investigation of future low-carbon and zero-carbon fuels for marine engines from the view of thermal efficiency / Energy Reports, Vol 8, 2022, Pp 6150-6160, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.04.058>.
7. ГОСТ 18509-88 Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний (с Изменением N 1).
8. Plotnikov S. Environmental Properties Evaluation of Spark-Ignition Engines Running on Water/Fuel Mix / S. Plotnikov, S. Buzikov, A. Birukov // Lecture Notes in Mechanical Engineering (см. в книгах). – 2022. – P. 451-460. – DOI 10.1007/978-3-030-85233-7_55.
9. Бузиков, Ш. В. Анализ концепций исследования применения альтернативных топлив в дизелях / Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников // Транспорт на альтернативном топливе. – 2022. – № 1(85). – С. 66–70.
10. Бузиков, Ш. В. Обоснование методов определения эффективности применения альтернативных топлив в автотракторных дизелях / Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников // Известия МГТУ МАМИ. – 2021. – Т. 15. – № 4. – С. 2–8. – DOI 10.31992/2074-0530-2021-50-4-2-8.
11. Бузиков, Ш. В. Определение предельной концентрации рапсового масла в смешанном топливе применяемое в дизеле / Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников, И. С. Козлов // Вестник транспорта Поволжья. – 2021. – № 1(85). – С. 72–79.
12. Бузиков, Ш. В. Определение эффективности применения смешанного топлива в тракторных дизелях / Ш. В. Бузиков // Вестник транспорта Поволжья. – 2021. – № 5(89). – С. 57–62.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДАЧИ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

П. Ю. МАЛЫШКИН

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: pavelm36@yandex.by

(Поступила в редакцию 11.11. 2022)

В статье приведены результаты теоретических исследований по оптимизации подачи газового топлива и определения наилучших скоростных и нагрузочных режимов работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (D-245.5S2), при работе с добавкой сжиженного нефтяного газа марки ПБА во впускной коллектор, обеспечивающих, максимальный эффективный коэффициент полезного действия, наибольшую экономию дизельного топлива, при наименьшей дымности отработавших газов. Получены уточнённые математические уравнения регрессии второго порядка путем реализации плана эксперимента Бокса-Бенкина. Результаты эксперимента обрабатывались при помощи пакета прикладных программ по статистической обработке данных «Statgraphics 18» и «Microsoft Excel». При этом полученные модели регрессии оценивались на адекватность реальному процессу с помощью F-критерия Фишера с вероятностью $P = 0,95$, а значимость коэффициентов регрессии оценивали t-критерием Стьюдента.

Полученные зависимости легли в основу комплексной оптимизации по критерию D-optimum, позволяющего эмпирически определить алгоритм регулирования подачи газа для дизеля и графически интерпретировать контуры расчетной поверхности отклика.

Анализ полученных моделей позволил определить оптимальную подачу газового топлива во впускной коллектор дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (D-245.5S2), в количестве 20...30 % от дизельного топлива в области эффективной нагрузки дизеля 0,8...1,0 МПа и частотах вращения 1400...1750 мин⁻¹, а при эффективной нагрузке дизеля 0,7...0,80 МПа подачу газового топлива наиболее целесообразно обеспечивать в количестве 12...20 % от дизельного топлива при частотах вращения 1400...1700 мин⁻¹.

Ключевые слова: дизель, газовое топливо, планирование эксперимента, факторы и уровни варьирования, регрессионный анализ, поверхность отклика.

The article presents the results of theoretical studies on optimizing the supply of gas fuel and determining the best speed and load modes of operation of the diesel engine 4CN 11.0/12.5 (D-245.5S2), when working with the addition of PBA liquefied petroleum gas to the intake manifold, providing the maximum effective efficiency, the greatest savings in diesel fuel, with the least smoke content of exhaust gases. Refined mathematical equations of second-order regression were obtained by implementing the plan of the Box-Benkin experiment. The results of the experiment were processed using a package of statistical data processing applications "Statgraphics 18" and "Microsoft Excel." At the same time, the obtained regression models were evaluated for adequacy to the real process using Fisher's F-test with probability $P = 0.95$, and the significance of the regression coefficients was assessed by Student's t-test.

The obtained dependencies formed the basis of the complex optimization according to the D-optimum criterion, which allows empirically determining the algorithm for regulating the gas supply for the diesel engine and graphically interpreting the contours of the calculated response surface presented in the article.

Analysis of the obtained models made it possible to determine the optimal supply of gas fuel to the intake header of the diesel engine 4CN 11.0/12.5 (D-245.5S2), in the amount of 20... 30 % of diesel fuel in the area of the effective load of the diesel engine 0.8... 1.0 MPa and rotation frequencies 1400... 1750 min⁻¹, and with an effective load of the diesel engine 0.7... 0.80 MPa, it is most advisable to provide gas fuel supply in the amount of 12... 20 % of diesel fuel at rotation frequencies 1400... 1700 min⁻¹.

Key words: diesel engine, gas fuel, planning of an experiment, factors and levels of variation, regression analysis, response surface.

Введение

Потребление дизельного топлива транспортными средствами в Республике Беларусь организациями всех видов экономической деятельности с 2010 года увеличилось более чем на 30 % с 972 до 1278 тыс. тонн. Одной из стратегических задач в сфере энергосбережения является снижение зависимости Республики Беларусь от импортируемых энергоресурсов за счет максимально возможного вовлечения в топливно-энергетический баланс страны собственных топливно-энергетических ресурсов [1]. При этом эксплуатация машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия, состоящего преимущественно из тракторов, автомобилей, комбайнов и других самоходных машин неизбежно связана с достаточно большими затратами, четвертая часть из которых используется для приобретения топлива. Применение альтернативных топлив, способных частично или полностью заменить традиционное топливо позволит снизить его потребление, а соответственно и затраты на эксплуатацию техники. В числе таких топлив в настоящее время исследуются газовые топлива (сжатые, сжиженные газы, биогаз). Широкая развитость инфраструктуры газонаполнительных станций в Республике Беларусь насчитывает более 300 заправок сжиженного нефтяного газа (марки ПБА) и 26 газонаполнительных станций компримированного природного газа (метана). Применение газового

топлива на сельскохозяйственном транспорте значительно уменьшит эксплуатационные затраты на топливо и в конечном счете снизит себестоимость выпускаемой продукции.

Основная часть

При проведении исследования разработанной газовой системы питания [2] для тракторного дизеля возникает необходимость в рациональном использовании газового топлива, подаваемого в воздушный заряд дизеля на различных режимах работы. Поскольку проведение испытаний на всех эксплуатационных режимах с различным количеством подаваемого газового топлива весьма трудоемки, было реализовано планирование эксперимента. Анализ проведенных предварительных испытаний, изложенных в ранее опубликованных работах [3, 4], позволил определить границы варьирования факторов. Для исследований выбран: рабочий диапазон частот вращения коленчатого вала 1200...1800 мин⁻¹, эффективная нагрузка дизеля 0,7...1,0 МПа, количество подаваемого газа 0...30 % от подачи дизельного топлива (ДТ) [3].

Для определения наиболее значимых факторов, влияющих на эффективность процесса сгорания обоих (дизельного и газового) топлив, была проведена серия отсеивающих экспериментов, что позволило определить основные факторы, влияющие на рабочий процесс дизеля [4].

С целью оптимизации подачи газового топлива во впускной коллектор и определения наилучших скоростных и нагрузочных режимов работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2), обеспечивающих, максимальный эффективный коэффициент полезного действия (КПД), наибольшую экономию дизельного топлива при наименьшей дымности отработавших газов (ОГ), реализован план эксперимент Бокса-Бенкина второго порядка для трех факторов. Факторы и уровни варьирования приведены в табл. 1 [4].

Таблица 1. Факторы и уровни варьирования при реализации плана эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка для трех факторов при определении оптимальных нагрузочных и скоростных режимах работы дизеля

Наименование фактора	Уровни факторов		
	(-1)	0	(+1)
Эффективная нагрузка дизеля P_e , Па	$0,7 \cdot 10^6$	$0,85 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$
Частота вращения коленчатого вала n , с ⁻¹	20	25	30
Содержание газа G_r , доли	0	0,15	0,30

В качестве критериев оптимизации были приняты, соответственно: часовой расход ДТ $G_{дт}$, (0,0016...0,0039 кг/с); эффективный КПД η_e (0,3698...0,41), содержание сажи C (0,065...0,233) в ОГ дизеля.

Результаты эксперимента обрабатывались при помощи пакета прикладных программ по статистической обработке данных «Statgraphics 18» и «Microsoft Excel». При этом модели регрессии оценивали на адекватность реальному процессу с помощью F -критерия Фишера с вероятностью $P = 0,95$, значимость коэффициентов регрессии оценивали t -критерием Стьюдента [5, 6, 7].

После исключения незначимых членов из уравнения регрессии, а именно C^2 , P_e^2 , $n \cdot C$, $P_e \cdot n$, получили уточнённое математическое уравнение (1) регрессии второго порядка для определения эффективного КПД дизеля:

$$\eta_e = 0,397129 + 0,0060875 \cdot P_e - 0,00395 \cdot n + 0,0052625 \cdot G_r + 0,006475 \cdot P_e \cdot G_r - 0,0122036 \cdot n^2. \quad (1)$$

Проверка соответствия полученной модели (1) опытными данным с помощью F -критерия Фишера с вероятностью $P = 0,95$ показала, что модель адекватно описывает реальный процесс. Поскольку расчетные значения t -критерия Стьюдента превышают табличное при уровне значимости 0,05, то можно заключить, что выбранные факторы являются значимыми.

Анализ полученной модели показал, что максимальное значение η_e составляет 0,41 при значении $P_e = 1,0 \cdot 10^6$ Па; $G_r = 0,30$ и $n = 24,2$ с⁻¹.

После реализации плана эксперимента и исключения из уравнения незначимых членов из уравнения регрессии второго порядка, а именно P_e^2 , n^2 , получили уточнённое математическое уравнение (2) регрессии второго порядка для определения наименьшего расхода дизельного топлива $G_{дт}$ дизелем:

$$G_{дт} = 0,0025 + 0,0004125 \cdot P_e + 0,000625 \cdot n - 0,0004625 \cdot G_r + 0,0001 \cdot P_e \cdot n - 0,000075 \cdot P_e \cdot G_r - 0,0001 \cdot n \cdot G_r + 0,0001625 \cdot G_r^2. \quad (2)$$

Проверка соответствия полученной модели опытными данным с помощью F -критерия Фишера с вероятностью $P = 0,95$ показала, что модель адекватно описывает реальный процесс. Значимость коэффициентов регрессии подтверждалась t -критерием Стьюдента.

Анализ полученной модели показал, что минимальное значение $G_{дт}$ составляет 0,0014 кг/с, при значении $P_e = 0,7 \cdot 10^6$ Па, $G_r = 0,282$ и $n = 20$ с⁻¹.

После реализации плана эксперимента и исключения незначимых членов из уравнения регрессии второго порядка, а именно P_e^2 , $n \cdot C$, $P_e \cdot n$ получили уточнённое математическое уравнение (3) регрессии второго порядка для определения содержания сажи C в отработавших газах дизеля:

$$C = 0,101885 + 0,04725 \cdot P_e - 0,0123125 \cdot n - 0,0288125 \cdot G_r - 0,0235 \cdot P_e \cdot G_r + 0,0187019 \cdot n^2 + 0,0192019 \cdot G_r^2. \quad (3)$$

Проверка соответствия полученной модели опытным данным с помощью F -критерия Фишера с вероятностью $P = 0,95$ показала, что модель адекватно описывает реальный процесс. Значимость коэффициентов регрессии подтверждалась t -критерием Стьюдента.

Анализ объёмной поверхности отклика показал, что минимальное значение содержания сажи C в ОГ дизеля составляет 0,052 при значении $P_e = 0,7 \cdot 10^6$ Па, $G_r = 0,171$ и $n = 26,6$ с⁻¹.

Далее, проведя комплексную оптимизацию по критерию $D\text{-optium} \rightarrow 1,0$ с учетом выше полученных зависимостей (1...3)

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta_e = 0,397129 + 0,0060875 \cdot P_e - 0,00395 \cdot n + 0,0052625 \cdot C + 0,006475 \cdot P_e \cdot C - 0,0122036 \cdot n^2 \\ G_{дт} = 0,0025 + 0,0004 \cdot P_e + 0,00062 \cdot n - 0,00046 \cdot G_r + 0,0001 \cdot P_e \cdot n - 0,000075 \cdot P_e \cdot G_r - 0,0001 \cdot n \cdot G_r + 0,00016 \cdot G_r^2 \\ C = 0,101885 + 0,04725 \cdot P_e - 0,0123125 \cdot n - 0,0288125 \cdot G_r - 0,0235 \cdot P_e \cdot G_r + 0,0187019 \cdot n^2 + 0,0192019 \cdot G_r^2 \end{array} \right\},$$

при условии

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta_e \rightarrow \max \\ G_{дт} \rightarrow \min \\ C \rightarrow \min \end{array} \right\} \quad (4)$$

Графическая интерпретация контуров полученной по расчетной поверхности отклика представлена на рис. 1.

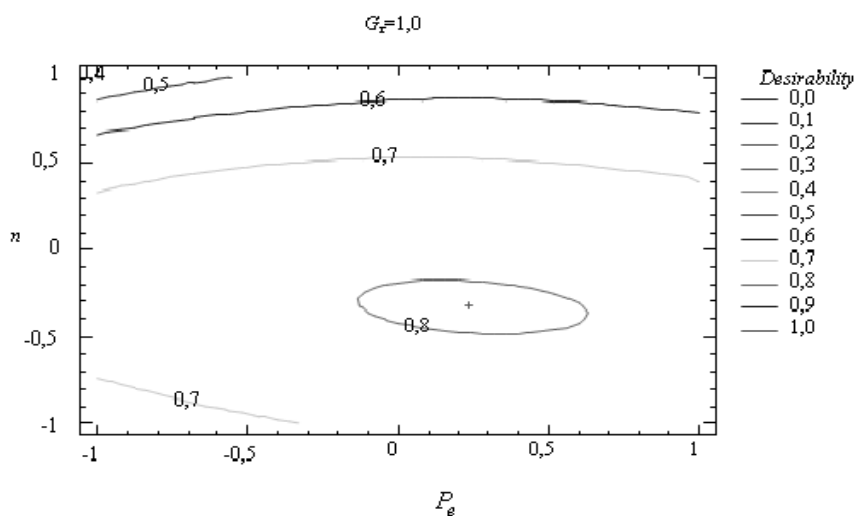


Рис. 1. Графическая интерпретация контуров расчетной поверхности отклика

В результате получено максимальное значение $D\text{-optium} = 0,8$ при $P_e = 0,88 \cdot 10^6$ Па, $n = 23,4$ с⁻¹, $G_r = 0,30$.

При помощи реализации зависимости общего критерия $D\text{-optium}$ от P_e , n и G_r можно эмпирически определить алгоритм регулирования подачи газа для дизеля. Для этого был реализован план эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка для трех факторов η_e , $G_{дт}$, C . Факторы и уровни варьирования которого приведены в табл. 2

Таблица 2. Факторы и уровни варьирования при реализации плана эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка для трех факторов при определении регулирования подачи газа

Наименование фактора	Уровни факторов		
	(-1)	0	(+1)
Эффективный КПД η_e	0,3698	0,3904	0,411
Часовой расход ДТ $G_{дт}$	0,0016	0,00275	0,0039
Содержание сажи C в ОГ	0,065	0,149	0,233

Составлена матрица плана эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка для трех факторов и значения критерия $D-optium$, которая приведена в табл. 3.

Таблица 3. Матрица плана эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка для трех факторов и значения критерия $D-optium$

№ п/п	η_e	$G_{дт}$	C	$D-optium$
1	0,0	0,0	0,0	0,984517
2	-1,0	-1,0	0,0	0,787547
3	1,0	-1,0	0,0	0,910924
4	-1,0	1,0	0,0	0,93372
5	1,0	1,0	0,0	0,796247
6	-1,0	0,0	-1,0	0,954229
7	1,0	0,0	-1,0	0,894832
8	0,0	0,0	0,0	0,984517
9	-1,0	0,0	1,0	0,876407
10	1,0	0,0	1,0	0,780844
11	0,0	-1,0	-1,0	0,976095
12	0,0	1,0	-1,0	0,785157
13	0,0	-1,0	1,0	0,816138
14	0,0	1,0	1,0	0,951148
15	0,0	0,0	0,0	0,984517

После реализации плана эксперимента и исключения незначимых членов из уравнения регрессии второго порядка получили математическое уравнение (5) регрессии второго порядка для определения уравнения регулирования подачи газа и значения критерия $D-optium$

$$D-optium = 0,959005 - 0,063293 \cdot \eta_e^2 - 0,0652125 \cdot \eta_e \cdot G_{дт} - 0,0577365 \cdot G_{дт}^2 + 0,081487 \cdot G_{дт} \cdot C. \quad (5)$$

Проверка соответствия полученной модели опытным данным с помощью F -критерия Фишера, с вероятностью $P = 0,95$, показала, что модель адекватно описывает реальный процесс. Значимость коэффициентов регрессии подтверждалась t -критерием Стьюдента.

Графическая интерпретация уравнения (5) регулирования подачи газа и значения критерия $D-optium$ представлена на рис. 2.

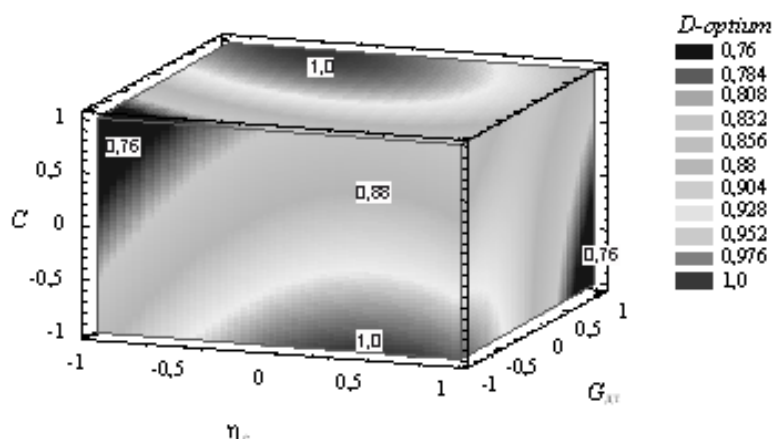


Рис. 2. Графическая интерпретация уравнения регулирования подачи газа и значения критерия $D-optium$

На основании анализа полученных уравнений регрессии можно сказать, что наиболее оптимальный скоростной и нагрузочный режим работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2), при подаче газового топлива во впускной коллектор обеспечивается при $P_e = 0,82 \dots 0,94 \cdot 10^6$ Па; $n = 24 \dots 22,5$ с⁻¹ и $G_T = 0,3$.

Заключение

Реализация плана эксперимента достаточно эффективно позволяет проводить анализ экспериментальных данных, а проверка значимости коэффициентов регрессии по t -критерию Стьюдента и полученных зависимостей F -критерию Фишера с вероятностью $p = 0,95$ показала, что полученные модели адекватно описывают реальный процесс.

В результате проведенных исследований получены уточнённое математическое уравнение регрессии второго порядка для определения эффективного КПД, расхода дизельного топлива и содержание сажи в отработавших газах дизеля в зависимости от эффективной нагрузки, подачи газа и частоты вращения коленчатого вала.

Анализ полученных моделей показал, что максимальные значения эффективного КПД дизеля достигается при эффективной нагрузке дизеля в диапазоне 0,8...1,0 МПа; подачи газового топлива 20...30 % от ДТ и частоте вращения коленчатого вала 1350...1750 мин⁻¹, наименьшее потребление дизельного топлива двигателем, обеспечивается при эффективной нагрузке дизеля 0,7...0,85 МПа, подачи газового топлива 24,0...28,2 % от ДТ, и частоте вращения коленчатого вала 1200...1500 мин⁻¹ наименьшее содержание сажи в ОГ дизеля составляет при значении эффективной нагрузке дизеля 0,7...0,80 МПа, подачи газового топлива 12...20 % от ДТ и частоте вращения коленчатого 1400...1700 мин⁻¹.

Таким образом, подачу газового топлива во впускной коллектор дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2), в количестве 20...30 % от ДТ наиболее целесообразно обеспечить в области эффективной нагрузки дизеля 0,8...1,0 МПа при частотах вращения 1400...1750 мин⁻¹. При эффективной нагрузке дизеля 0,7...0,80 МПа подачу газового топлива наиболее целесообразно обеспечивать в количестве 12...20 % от ДТ при частотах вращения 1400...1700 мин⁻¹.

ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Энергосбережение» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 24 февр. 2021 г., № 103 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100103>. – Дата доступа: 05.11.2022.
2. Электронная система впрыска газового топлива в дизель: пат. 10060 Респ. Беларусь, МПК F 02M 43/00 / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин, заявитель Белорус. гос. с-х. академия. № u 20130295; заявл. 05.04.2013; опубл.: 30.04.2014. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. № 2 – С. 150.
3. Карташевич, А. Н. Влияние подачи газового топлива на экологические показатели дизеля / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин // Вестн. БГСХА. – 2013. – № 3. – С. 110–115.
4. Исследования тракторного дизеля при подаче газа с использованием планирования эксперимента / П. Ю. Малышкин, А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, М. В. Симонов // Вестн. БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 239–243.
5. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
6. Грачев, Ю. П. Математические методы планирования экспериментов / Ю. П. Грачев. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 200 с.
7. Налимов, В. В. Статистические методы планирования экспериментов / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 310 с.

МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

УДК 631.6

ГЛУБИНА ЗАЛЕГАНИЯ И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД САЛЬЯНСКОЙ СТЕПИ

ЛЕЙЛА ЗИЯФАДДИН КЫЗЫ ДЖАЛИЛОВА, ФАРИД МУСТАФА ОГЛЫ МУСТАФАЕВ,
ХЕЙРАНСА ГУСАН КЫЗЫ СУЛЕЙМАНОВА

Институт Почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджанская Республика, AZ1073, e-mail: leyancelilova@gmail.com

(Поступила в редакцию 15.08.2022)

Одним из основных вопросов, поставленных перед нами, является изучение глубины залегания и минерализации грунтовых вод, взятых с опытного участка, расположенного вблизи реки Акуша. Так как Сальянская степь расположена в Кура-Аразской низменности, даются подробные сведения о глубине и минерализации грунтовых вод здешних мест.

Исследования проводились на территории села Сейидсадыхлы Сальянской равнины на серо-луговых почвах, используемых под зерновые и хлопчатник, площадью каждая по 3,0 га. Были заложены почвенные разрезы на глубине 0–100 м как на зерновых, так и на хлопковых участках, были взяты водные пробы грунтовых вод с проходящих мимо опытного участка каналов и дренажей.

Исследования, проведенные на выбранном опытном участке в районе села Сейидсадыхлы Сальянской степи, показали, что на полях, используемых под хлопчатник и зерновые, глубина залегания грунтовых вод составила 1–1,20 м. Минерализация в подземных водах, взятых с почвенного разреза, составила 6,70 г/л. Показатель минерализации проходящего через край опытного участка орошаемого канала и дренажа варьируется между числами 2,82; 2,57 и 1,43 г/л.

Установлено, что глубина залегания грунтовых вод в почве на выбранном опытном участке Сальянской степи составляет 1,0–1,20 метра. Солевой тип в отобранных пробах хлорный, сульфатный и сульфатно-хлорный. По данным САР вода считается пригодной для использования.

Ключевые слова: грунтовые воды, оросительные каналы, дренаж, засоление.

One of the main questions put before us is the study of the depth and salinity of groundwater taken from the experimental site located near the canal, drainage and the river of Akkusha. Since the Salyan steppe is located in the Kura-Araz lowland, detailed information is given on the depth and mineralization of groundwater in these places.

The studies were carried out on the territory of the village of Seyidsadykhly of the Salyan Plain on gray-meadow soils used for grain and cotton, each with an area of 3.0 ha. Soil sections were laid at a depth of 0–100 m, both in grain and cotton plots, water samples were taken from groundwater from channels and drains passing by the experimental plot.

Studies carried out on a selected experimental site near the village of Seyidsadykhly, Salyan steppe, showed that in the fields used for cotton and cereals, the depth of groundwater was 1–1.20 m. Mineralization in groundwater taken from the soil section was 6.70 g/l. The index of mineralization of the irrigation canal and drain passing through the edge of the experimental plot varies between 2.82; 2.57 and 1.43 g/l.

It has been established that the depth of groundwater in the soil at the selected experimental site of the Salyan steppe is 1.0–1.20 meters. The salt type in the selected samples is chlorine, sulfate and sulfate-chlorine. According to the Common Agricultural Policy (CAP), the water is considered fit for use.

Key words: groundwater, irrigation canals, drains, salinization.

Введение

В настоящее время из-за быстрого роста населения в стране, а также для решения продовольственных проблем, одним из главных вопросов считается улучшение земель, используемых под сельскохозяйственные культуры. В результате проведения успешной аграрной реформы в стране земли были разделены на различные формы собственности и в их использовании образовались новые формы отношений. Используемые под сельскохозяйственные культуры эти почвы подвергались различной степени засолению и солонцеванию. Основная причина засоления орошаемого почвогрунта заключается в том, что уровень грунтовых вод с высокой степенью минерализации расположен слишком близко от поверхности земли, и, в результате испарения, происходит накопление солей на верхнем горизонте почвы [1]. Проблема управления режимом грунтовых вод является ключевым вопросом при проектировании, строительстве и эксплуатации оросительных систем.

Таким образом, улучшение мелиоративного состояния почв и повышение плодородия зависит от уровня грунтовых вод и их химического состава, изменения их амплитуды в будущем. Для определения региональных закономерностей режима грунтовых вод на орошаемых территориях, необходимо обратить внимание на ряд вопросов. Регулирование режима необходимо для получения благоприятного водно-солевого и воздушного режима почвенного покрова на орошаемых территориях. Необходимый режим грунтовых вод в основном обеспечивается ирригационным питанием и регулированием условия стока на территории [2].

Грунтовые воды широко распространены в Кура-Аразской низменности и играют важную роль в процессе почвообразования. Расположенная в Кура-Аразской низменности Сальянская степь ограничена на западе рекой Акуша, на востоке – Каспийским морем, на севере – рекой Кура, а на юге заливом Гызылагадж. 46 тыс. га территории Сальянской степи используется под различные сельскохозяйственные культуры. Земли, интенсивно используемые под сельскохозяйственные культуры, подвергались различной степени засолению. Очень важное значение имеет восстановление плодородия этих почв и проведение исследований по их улучшению. Глубина залегания грунтовых вод Сальянской степи различна, и в зоне вокруг реки Кура они расположены на глубине 3–5 м от поверхности земли. Количество солей и минерализация вод в несколько раз превышено в местах, где уровень грунтовых вод расположен близко к поверхности земли (1,0–1,5 м). Многолетние исследования показали, что в Сальянской степи при каждой подаче вегетационной оросительной воды на участке минерализация грунтовых вод несколько уменьшается, а увеличивается между периодом орошения. В Сальянской степи во время чередований растений хлопок-зерно-хлопок минерализация грунтовых вод составляет 1,6–1,8 г/л, на один сезон – 0,6–0,8 г/л, а при норме полива 5000 м³/га уменьшается до 6–8 г/л [3].

Основная часть

На территории села Сейидсадыхлы Сальянского района на муниципальных землях был выбран опытный участок, взяты пробы воды и отмечены координаты с оросительного канала, дренажа, участка, расположенного вблизи реки Акуша, был сделан анализ полной водной вытяжки, который проводился на основе широко используемой методики [4].

Сальянская аллювиально-пролювиальная равнина омывается реками Араз, Кура и Каспийским морем, рекой Виляшчай на юге и государственной границей с Ираном на западе. В питании этих вод основную роль играет фильтрованная вода с рек и оросительных каналов, воды конденсации, напорные воды и под воздействием этих факторов из года в год уровень грунтовых вод увеличивается вплоть до эксплуатации коллекторно-дренажной системы. Следует отметить, что пресная вода и вода с низкой минерализацией (с 1 г/д дол 1–3 г/л) распространена на локальных территориях. В целом направление залегания грунтовых вод фиксируется с запада на восток. В целом при сравнении глубины залегания грунтовых вод и степени минерализации (за январь-декабрь) установлено, что уровень грунтовых вод в 2010 году снизился на 0,08–0,38 м, а степень минерализации уменьшилась до 0,52–7,11 г/л [2].

Геоморфология Сальянской степи подробно исследована В. Р. Волобуевым. Большая часть территории представляет собой гипсометрическую низменность, расположенную ниже уровня мирового океана. В Сальянской степи встречаются разные типы почв. В районе преобладает лугово-серые, серо-луговые, лугово-болотные и др. почвы. Количество гумуса в верхнем слое почвы небольшое, колеблется от 1,2 до 2,8 %. Почвы по гранулометрическому составу глинистые, суглинисто-песчаные. Вода реки Акуша используется для орошения земель [5].

Известно, что глубина и минерализация грунтовых вод влияют на продуктивность сельскохозяйственных культур. В результате орошения уровень грунтовых вод постепенно поднимается до такой глубины, что начинается процесс засоления почвы. Глубина, на которой начинается процесс засоления, называется «кризисной» глубиной залегания грунтовых вод. «Кризисная» глубина залегания грунтовых вод зависит от водоподъемной способности почв, засоленности почвы, глубины залегания грунтовых вод и степени их минерализации, водно-физических свойств почво-грунта. Если уровень грунтовых вод поднимется намного выше кризисной глубины и такая ситуация будет продолжаться длительное время, то в почве заново может произойти процесс засоления [4].

Изменение минерализации водных проб, взятых из канала, дрена и грунтовых вод опытного участка (2020)

№ разреза	мг. экв							г/л							Сумма солей, г/л	Плотный остаток, г/л
	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na+K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na+K		
Канал А-головная часть	нет	3,00	28,0	11,99	22,5	1,50	18,99	уох	0,19	0,98	0,576	0,45	0,018	0,437	2,64	2,82
Акушамост	нет	2,00	29,0	12,99	5,50	8,00	30,49	уох	0,13	1,02	0,624	0,11	0,096	0,702	2,68	2,75
Канал А-средняя часть	нет	3,00	27,0	8,494	7,50	8,50	24,49	уох	0,19	0,95	0,408	0,11	0,102	0,563	2,32	2,57
Дрена	нет	2,00	47,0	15,98	9,50	6,00	51,48	уох	0,13	1,65	0,768	0,15	0,072	1,185	3,95	1,43
Разрез 2-грунтовая вода	нет	4,00	88,0	19,98	12,0	18,0	81,90	уох	0,25	3,08	0,960	0,24	0,216	1,884	6,63	6,70

Долины рек и оросительные каналы в районе обусловили фрагментацию рельефа. Рельеф района состоит в основном из равнин. В зависимости от рельефа уровень грунтовых вод расположен на различной глубине. Уровень залегания грунтовых вод близко к поверхности земли наблюдается в мае-июне месяцах. Начиная с конца июня, уровень грунтовых вод начинает спадать. Исследования показывают, что уровень залегания грунтовых вод имеет сезонный характер и колеблется в пределах 5–10,5 м. Чтобы не допустить подъема уровня грунтовых вод и возможного засоления, необходимо соблюдать правила орошения [4].

Для изучения водно-физических свойств были выбраны две характерные точки на орошаемом опытном участке лугово-сероземных почв, занятом зерновыми культурами и расположенном в Сальнянской степи. Исследования проводились в 2020–2022 гг. В Сальнянской степи с древних времен занимались земледелием. Орошаемые земли занимают около 46 тыс. га и в основном заняты под хлопчатник, люцерну, зерновые и овощные культуры. Наиболее известный источник почвенных солей – высокоминерализованные грунтовые воды, расположенные близко к поверхности земли и принимающие участие в увлажнении почвы. Источником солей самих грунтовых вод могут быть горные породы, при выветривании которых образуются легкорастворимые соли и главным образом толщи соленосных осадочных пород, через которые проходят воды.

Необходимые химические анализы были проведены путем взятия проб из подземных вод канала, дренажа и почвенного разреза, где опытные участки используются под хлопчатником и зерновыми культурами. Полученные показатели приведены в таблице. Как видно, ионов CO₃ в этих образцах не наблюдалось, а содержание ионов HCO₃ составляло 0,19; 0,13; 0,19; 0,13 и 0,25 г/л, содержание ионов Cl 0,98; 1,02; 0,95; 1,65 и 3,08 г/л; содержание SO₄ 0,576; 0,624; 0,408; 0,768 и – 1,65 г/л и 0,960 г/л. Соответственно содержание Ca в составе катиона составляет 0,45, 0,11; между 0,11; 0,15 и 0,24 г/л количество Mg составляло 0,018; 0,096; 0,102; 0,072 и 0,216 г/л, а количество ионов Na+K – 0,437; 0,702; 0,563; 1,185 и 1,884 г/л. Количество солей (по плотному остатку) в пробах воды варьировало от 2,82; 2,75; 2,57 до 1,43 г/л, а в подземных водах, отобранных из почвенного разреза, – 6,70 г/л.

Во взятых водных пробах были определены типы почв. При соотношении Cl/SO₄ было выявлено, что типы солей: в главной части канала А – хлоридный, в середине моста Акуша – хлоридный, в средней части канала А и в дрене – сульфатно-хлоридный, а в разрезе 2 – сульфатный.

Разрезы	Соотношение Cl:SO ₄	Типы солей
Канал А- головная часть	1,71	Хлоридный
Мост Аккуша	1,64	Хлоридный
Канал А- средняя часть	2,33	Сульфатно-хлоридный
Дрена	2,15	Сульфатно-хлоридный
Разрез 2- грунтовая вода	3,21	Сульфатный

Были определены качественные показатели воды, используемые при орошении и промывке:

$$SAR = \frac{Na^0}{\sqrt{0,5(Ca^{00} + Mg^{00})}}$$

Если SAR <10, вода считается полностью пригодной для использования, если SAR =10–18 пригодной, а SAR >26 непригодной. На основе полученных данных показатель SAR в головной части канала А равен 1,58; в ближе к мосту Акуша – 4,52; в средней части – 3,06; в дрене – 6,644, а в разрезе 2–5,46. Видно, что во всех образцах вода полностью пригодна к использованию.

Заключение

Было проведено традиционное орошение на исследуемых луговых-сероземных почвах Сальянской степи, где обеспечена коллекторно-дренажная система. Из-за неудовлетворительной работы дренажной системы и долговременного использования оросительного канала наблюдалось ухудшение некоторых свойств почв Сальянской степи. На орошаемых массивах грунтовые воды в осенне-зимний период залегают глубоко, а в вегетационный период поднимаются, в конце лета и в начале осени вновь опускаются, а поздней осенью снижаются до максимальных глубин.

Исследования показали, что глубина залегания грунтовых вод на почвах, используемых под опытный участок, составляла 1–1,20 м, а минерализация – 6,70 г/л. В канале проходящего через край опытного участка и в дрене показатель минерализации варьировал между 1,43; 2,57; 2,75 и 2,82 г/л. По соотношению Cl/SO₄ солевой тип хлоридный, сульфатно-хлоридный и сульфатный. По данным SAR вода пригодна для использования в орошении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев, С. А. Гидрогеоэкология. Учебник для вузов / С. А. Исаев, М. А. Мамедова. – Баку, Laman Publishing Polygraphy, 2012. – С. 261–262.
2. Мамедова, Э. А. Мелиоративная гидрогеология / Э. А. Мамедова. – Баку, 2016. – С. 134–143.
3. Азизов, Г. З. Водно-солевой баланс мелиорированных почвогрунтовых вод Кура-Аразской низменности и научный анализ его результатов / Г. З. Азизов. – Баку: Элм, 2006. – С. 132–133.
4. Азизов, Г. З. Засоленные почвы Азербайджана, их рекультивация и повышение плодородия / Г. З. Азизов, А. Г. Кулиев. – Баку, 1999. – С. 10–15.
5. Мустафаев, М. Г. Составление карты засоления почв опытного участка Сальянского района Азербайджана. Росс. академия сельхоз наук «Общество почвоведов» им. В. В. Докучаева / М. Г. Мустафаев, Л. З. Джалилова, С. М. Талиби. – Москва, 2011. – С. 638–642.
6. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М., изд-во МГУ, 1970, С. 392–394.

ИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА

УДК 621.432.3

СОТРУДНИЧЕСТВО БГСХА И ВЯТГУ В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

А. Н. КАРТАШЕВИЧ

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

Ш. В. БУЗИКОВ, С. А. ПЛОТНИКОВ

*Вятский государственный университет,
г. Киров, Россия, e-mail: plotnikovsa@bk.ru*

(Поступила в редакцию 13.10.2022)

Текущая обстановка на мировом топливно-энергетическом рынке требует научно-исследовательских работ, направленных на замену традиционного нефтяного топлива возобновляемыми биоресурсами и продуктами их переработки. Ученые из Вятского государственного университета осуществляют сотрудничество с учеными из Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Исследованы свойства различных нетрадиционных топлив, разработаны рекомендации по применению, созданы опытные образцы, проведены полевые испытания. Установлено, что применение разработанных составов позволит экономить до 70 % бензина, до 44 % дизельного топлива, снизить выбросы оксидов азота в 1,3...1,5 раза, сажи в 2,1...3,5 раза. Возможно получить экономический эффект от снижения ущерба, причиняемого токсичными компонентами, около 100 тыс. российских руб/1 трактор в год.

Ключевые слова: биоресурсы, международное сотрудничество, альтернативное топливо, рапсовое масло, этанол, токсичные компоненты.

The current situation in the global fuel and energy market requires research and development aimed at replacing traditional petroleum fuels with renewable bioresources and products of their processing. Scientists from the Vyatka State University cooperate with scientists from the Belarusian State Agricultural Academy. The properties of various non-traditional fuels have been studied, recommendations for use have been developed, prototypes have been created, and field tests have been carried out. It has been established that the use of the developed compositions will save up to 70 % of gasoline, up to 44 % of diesel fuel, reduce emissions of nitrogen oxides by 1.3 ... 1.5 times, soot emissions by 2.1 ... 3.5 times. It is possible to obtain an economic effect from reducing the damage caused by toxic components, of about 100 thousand Russian rubles / 1 tractor per year.

Key words: bioresources, international cooperation, alternative fuel, rapeseed oil, ethanol, toxic components.

Введение

Сложившаяся обстановка на мировом топливно-энергетическом рынке, текущее сложное международное положение, глобальный экологический кризис, настоятельно требуют осуществления фундаментальных научно-исследовательских работ, направленных на замену традиционного нефтяного топлива возобновляемыми биоресурсами, а также продуктами их переработки. Научными исследованиями в сфере альтернативных источников энергии на автотранспорте давно и активно занимаются известные ученые всех развитых стран.

В послании Президента белорусскому народу и национальному собранию от 28 января 2022 года была отмечена важность интеграции России и Республики Беларусь, позволяющая обеспечить прирост ВВП Беларуси более 2 % в год [1].

Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2019 г. № 216 также обязывает озаботиться технологической независимостью в части развития отечественного научно-технологического потенциала, создания и освоения передовых технологий в сфере энергетики, в том числе технологий использования возобновляемых источников энергии [2].

Основная часть

Ученые Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (г. Горки, Республика Беларусь) осуществляют долгосрочное научно-техническое сотрудничество в указанном направлении с учеными из Вятского государственного университета (г. Киров, Россия) (рис. 1).

Поисковые лабораторные опыты, теоретические исследования и анализ физико-химических свойств АТ, испытания дизельной топливной аппаратуры осуществляются в ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет». Испытания ДВС в стендовых и полевых условиях проводятся на опытном поле УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

Следует отметить, что наибольшую перспективу применения в дизельных двигателях имеют жидкие альтернативные топлива – биоэтанол, рапсовое и сурепное масла, метиловые эфиры и т.п. Также рассматривается возможность применения многокомпонентных биотопливных композиций (МКБТК) ввиду взаимного нивелирования моторных свойств ингредиентов композиций.



Рис. 1. Научный коллектив

Первый ряд: Карташевич А. Н. – руководитель темы со стороны БГСХА, Плотников С. А. – руководитель темы со стороны ВятГУ, Мотовилова М. В. – аспирант ВятГУ;
Второй ряд: Пляго А. В. – аспирант ВятГУ, Бузиков Ш. В. – докторант ВятГУ, Малышкин П. Ю. – научный сотрудник БГСХА

К настоящему времени уже исследованы свойства и возможность применения в ДВС значительно-го перечня нетрадиционных топлив и топливных композиций [3–5]. Разработаны рекомендации по их применению, созданы опытные образцы энергетических установок [6–8]. Проведен ряд полевых испытаний транспортных средств в условиях эксплуатации, получены обнадеживающие результаты.



Рис. 2. Полевые испытания при работе на альтернативных топливах

В таблице приведены показатели технико-экономической эффективности применения разработанных решений. Энергетическая эффективность трактора оценивалась при различных эксплуатационных режимах работы МТА по использованию теплового потока, подводимого в дизель с различными составами АТ. Как видно из таблицы, работа трактора на топливах с добавками этанола и рапсового масла практически не снижает энергетического КПД машинно-тракторного агрегата в сравнении с его работой на ДТ.

За прошедшие годы на основе совместных исследований международным коллективом авторов опубликовано свыше 50 научных работ в изданиях РИНЦ и ВАК, а также в изданиях, индексируемых

МБД, получено более 20 патентов на изобретения и авторских свидетельств, изданы научные монографии [9–12], целый список трудов находится в печати. Текущие результаты регулярно докладывались и обсуждались на Международных научно-практических конференциях в Российской Федерации, Республике Беларусь, странах Европы и Азии. Ряд разработок нашли свое применение на производстве. Научные данные стали основой для написания нескольких диссертаций аспирантами и докторантами обоих вузов.

Показатели энергетической оценки трактора Беларус–922 с плугом ПЛН–3–35 при вспашке почвы (3 передача/Л диапазон)

Наименование показателя	Вид топлива					
	Глубина 0,2 м			Глубина 0,25 м		
	ДТ	ДТ 80 % + РМ 20 %	ДТ 55 % + РМ 45 %	ДТ	ДТ 80 % + РМ 20 %	ДТ 55 % + РМ 45 %
Скорость движения, км/ч	9,9	9,6	9,4	8,9	8,6	8,4
Ширина захвата, м	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Расход топлива, кг/ч	11,4	12,8	14,1	11,6	13,1	14,8
Тяговое сопротивление машины, кН	15,7	15,5	15,7	15,2	15,0	15,1
Энергетический КПД МТА	0,30	0,31	0,29	0,31	0,29	0,30

Наименование показателя	Вид топлива					
	Глубина 0,2 м			Глубина 0,25 м		
	ДТ	ДТ80% + Э20%	ДТ60%+ Э40%	ДТ	ДТ80%+ Э20%	ДТ60%+ Э40%
Скорость движения, км/ч	9,5	9,6	9,4	8,8	8,5	8,7
Ширина захвата, м	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Расход топлива, кг/ч	11,0	12,1	13,8	11,4	12,7	14,3
Тяговое сопротивление машины, кН	15,5	15,4	15,6	15,2	15,0	15,1
Энергетический КПД МТА	0,29	0,30	0,28	0,30	0,28	0,29

Заключение

Экспериментальными исследованиями установлено, что применение разработанных составов альтернативных топлив в ДВС позволит экономить до 70 % бензина, до 44 % дизельного топлива при сохранении мощности на уровне серийного двигателя, снизить выбросы в атмосферу с отработавшими газами основных токсичных компонентов – оксидов азота в 1,3...1,5 раза, сажи в 2,1...3,5 раза. Расчеты показывают, что использование новых составов альтернативных топлив позволит получить экономический эффект от снижения ущерба, наносимого токсичными компонентами, выбрасываемыми в атмосферу, равный примерно 100 тыс. российских руб/1 трактор в год.

Приказом ректора ВятГУ № 446-ТД от 25.07.2022 в настоящее время создан обособленный научный коллектив под руководством профессора Плотникова С.А., ориентированный на вовлечение в работу всех заинтересованных лиц и коммерциализацию научных результатов. Ученые уверены, что совместная работа принесет пользу Республике Беларусь и Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://president.gov.by/ru/events/aleksandr-lukashenko-28-yanvary-a-obratitsya-s-ezhegodnym-poslaniem-k-belorusskomu-narodu-i-nacionalnomu-sobraniyu>
2. Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2019 г. № 216 «Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации».
3. Плотников, С. А., Карташевич А. Н., Смольников М. В. Топливная эмульсия. // Патент РФ № 2642078, МПК С10L 1/32. – 2 с.
4. Плотников, С. А., Карташевич А. Н., Черемисинов П. Н. Топливная композиция. // Патент РФ № 2642080, МПК С10D 1/08. – 2 с.
5. Плотников, С. А. Глушков М. Н., Шипин А. И., Карташевич А. Н., Шапорев В. А. Многокомпонентная биотопливная композиция. // Патент РФ № 2752565, МПК С10L 1/10. – 3 с.
6. Плотников, С. А., Бузиков Ш. В., Малышкин П. Ю., Карташевич А. Н. Система подачи дополнительного топлива в дизель. // Патент РФ № 2687856, МПК F02M 43/00. – 4 с.
7. Плотников, С. А., Карташевич А. Н., Малышкин П. Ю. Электронная система подачи газового топлива в дизель с наддувом и охлаждением наддувочного воздуха // Патент РФ № 2633337, МПК F02M 43/00. – 5 с.
8. Комплексная оценка этапов создания и применения этанола-топливных эмульсий в дизелях / С. А. Плотников [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 9(124). – С. 7–17.
9. Карташевич, А. Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле (часть 1) / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, Г. Н. Гурков. – Киров, 2011. – 115 с.
10. Карташевич, А. Н. Использование смесевых топлив на основе рапсового масла для сельскохозяйственных тракторов / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка. – Горки: БГСХА, 2012. – 210 с.
11. Альтернативные виды топлива для двигателей. Монография / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, П. Ю. Малышкин [и др.]. – Горки, БГСХА, 2013. – 376 с.
12. Карташевич, А. Н. Применение топлив на основе рапсового масла в тракторных дизелях. Монография / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка. – Киров: Авангард, 2014. – 144 с.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР

УДК 331.45:63(476)

ОХРАНА ТРУДА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ИЗМЕНЕНИЯ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ

В. Н. БОСАК

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

(Поступила в редакцию 10.08.2022)

Агропромышленный комплекс является отраслью экономики, которая характеризуется целым рядом специфических особенностей: сезонность производства, продолжительная работа на открытом воздухе в полевых условиях, большое количество технологических операций, работа с разнообразной сельскохозяйственной техникой и оборудованием, применение агрохимикатов и пестицидов, наличие большого количества пожароопасных объектов, материалов и оборудования и т. д., что требует особых мер по обеспечению охраны труда и пожарной безопасности в отрасли, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний [2, 4, 6, 7].

Обеспечению соблюдения требований охраны труда и пожарной безопасности в сельском хозяйстве, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний в отрасли во многом способствует своевременная разработка соответствующих нормативных правовых актов [1, 3, 12].

В Республике Беларусь в 2022 г. вступили в силу новые правила по охране труда в АПК: Правила по охране труда в сельском и рыбном хозяйстве: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 5 мая 2022 г. № 29/44 [8].

Данные правила содержат следующие основные разделы и главы:

Раздел I «Общие положения»:

- общие требования;
- требования при организации выполнения сельскохозяйственных работ и работ, связанных с ведением рыбного хозяйства;
- требования к рабочим местам.

Раздел II «Требования при выполнении работ, связанных с растениеводством, первичной переработкой продукции растениеводства»:

- требования при эксплуатации сельскохозяйственных машин, малых сельскохозяйственных машин, средств механизации, ручного садово-огородного инструмента, тары;
- требования при проведении предпосевной обработки семян (посадочного материала), их хранении, транспортировке и высева;
- требования при выполнении работ по обработке почвы, уходу за насаждениями, уборочных работ;
- требования при проведении работ с применением пестицидов (агрохимикатов), их транспортировке и хранении;
- требования при проведении работ в теплицах;
- требования при выполнении работ по заготовке травяных кормов (сена, соломы, силоса, сенажа);
- требования к послеуборочной обработке продукции растениеводства;
- требования при сушке продукции растениеводства.

Раздел III «Требования при выполнении работ, связанных с животноводством, первичной переработкой продукции животноводства»:

– требования при эксплуатации машин и оборудования для животноводства, птицеводства, кормопроизводства;

– требования к местам содержания и обслуживания животных и птицы;

– требования при выполнении работ, связанных с обслуживанием животных и птицы;

– требования при обслуживании крупного рогатого скота и доении коров;

– требования при обслуживании свиней;

– требования при обслуживании лошадей и доении кобыл;

– требования при обслуживании мелкого рогатого скота и первичной переработки его продукции;

– требования при уходе за пчелами и первичной переработке продукции пчеловодства;

– требования при обслуживании птицы и первичной переработке продукции птицеводства.

Раздел IV «Требования при ведении рыбного хозяйства»:

– требования при эксплуатации гидротехнических сооружений;

– требования при эксплуатации маломерных судов, орудий рыболовства, лова, оборудования и инструмента, используемого для рыболовства;

– требования при проведении работ по кормлению, лову, сортировке и ручной разделке рыбы, кошению водной растительности.

При выполнении отдельных видов работ следует руководствоваться также следующими нормативными правовыми актами в области охраны труда и пожарной безопасности:

– Правила по охране труда при выполнении строительных работ: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 31 мая 2019 г. № 24/33.

– Правила по охране труда при ведении лесного хозяйства, обработке древесины и производстве изделий из дерева: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 30 марта 2020 г. № 32/5.

– Правила по охране труда: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 1 июля 2021 г. № 53.

– Об обеспечении пожарной безопасности: постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 21 декабря 2021 г. № 82 [5, 9, 10, 11].

Следует отметить, что нормативная база в области охраны труда и пожарной безопасности постоянно обновляется, в связи с чем требуется ее проверка на предмет возможных изменений (отмены документа, его дополнения, изменения или выхода нового).

ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Новое в законодательстве о внештатных пожарных формированиях / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2021. – С. 168–170.

2. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 317 с.

3. Босак, В. Н. Правовые основы охраны труда в АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2013. – С. 265–267.

4. Босак, В. Н. Требования охраны труда в различных отраслях АПК / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, Т. В. Сачивко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 9–12.

5. Об обеспечении пожарной безопасности: постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 21 декабря 2021 г. № 82.

6. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.

7. Пожарная безопасность в сельском хозяйстве / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 209 с.

8. Правила по охране труда в сельском и рыбном хозяйстве: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 5 мая 2022 г. № 29/44.

9. Правила по охране труда при ведении лесного хозяйства, обработке древесины и производстве изделий из дерева: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 30 марта 2020 г. № 32/5.

10. Правила по охране труда при выполнении строительных работ: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 31 мая 2019 г. № 24/33.

11. Правила по охране труда: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 1 июля 2021 г. № 53.

12. Требования пожарной безопасности в АПК: изменения в законодательстве / А. Е. Кондраль [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 20–22.

ПОДГОТОВКА НАУЧНЫХ КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ В КОНТЕКСТЕ ПРОБЛЕМЫ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ ШКОЛ

В. В. ВАСИЛЬЕВ, Ф. В. ЗИНОВЬЕВ

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

(Поступила в редакцию 08.11.2022)

Статья посвящена проблемам развития научного потенциала на основе расширенного воспроизводства кадров высшей научной квалификации. Раскрыта сущность и роль научных школ в системе подготовки научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации. Выявлены основные проблемы становления и развития научных школ в современных условиях. Предложены концептуальные подходы к оценке и анализу функционирования научных школ. Рассмотрены отдельные аспекты введения государственного заказа на подготовку научных работников высшей квалификации и формирования механизма обеспечения воспроизводства научных и научно-педагогических школ.

Ключевые слова: научная школа, научно-педагогическая школа, научные работники высшей квалификации.

The article is devoted to the problems of development of scientific potential on the basis of expanded reproduction of personnel of the highest scientific qualification. The essence and role of scientific schools in the system of training scientific and scientific-pedagogical personnel of the highest qualification is revealed. The main problems of formation and development of scientific schools in modern conditions are revealed. Conceptual approaches to the evaluation and analysis of the functioning of scientific schools are proposed. Some aspects of the introduction of the state order for the training of highly qualified scientists and the formation of a mechanism for ensuring the reproduction of scientific and scientific-pedagogical schools are considered.

Key words: scientific school, scientific and pedagogical school, highly qualified scientists.

Введение

Системы подготовки научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации Российской Федерации и Республики Беларусь являются практически идентичными, поскольку были сформированы еще в СССР и к настоящему времени не претерпели существенных изменений. При этом после распада СССР во всех постсоветских странах наблюдается ряд негативных тенденций в сфере подготовки и закрепления научных кадров высшей квалификации. Возник некий системный кризис, вызванный, в основном, финансовыми трудностями и снижением уровня социальной защищенности научных работников, что в конечном итоге привело к значительному оттоку исследователей высокой квалификации из сфер науки и образования. Сократилось количество научных школ, способных обеспечить подготовку не только достаточного количества диссертаций, но и их качество.

История науки знает множество выдающихся учёных, создавших собственные научные школы. Широко известны школы: Н. Бора, А. М. Бутлерова, В. И. Курчатова, Л. Д. Ландау, Е. О. Патона, И. П. Павлова, Э. Резерфорда, А. А. Ухтомского, З. Фрейда... Школы этих учёных получили мировую известность и признание. Научно-методическая школа, как правило, не ограничивается раз и навсегда избранным объектом исследования, но почти всегда формирует и реализует уникальный авторский подход в методологии исследований. Продукт синергетических усилий участников школы имеет перспективу капитализации, но может остаться и невостребованным.

В современных условиях цифровизации общества и цифровых трансформаций во всех сферах социально-экономических отношений, в том числе в успешном функционировании научных коллективов и их вкладе в научно-технический и социальный прогресс, научные школы приобретают особое значение. Следует обратить внимание на ряд негативных тенденций, значимых для дальнейшего функционирования коллектива научных школ: дробление школы на малые группы (с уже отличающимися методическими подходами); изменение самого характера коммуникаций последователей (межличностный характер последователей); переориентация интересов; изменения востребованных преобразований («не вписывающихся» в современные общественные и хозяйственные реалии).

Представители предыдущего поколения исследователей имеют в настоящее время абсолютно иные приоритеты и уже не способны (да и не хотят) воспринимать ту квинтэссенцию научных знаний, которую способен тиражировать фундатор школы. Воспитанники школы из предшествующих поколений или коммерциализируют свою работу («корректируя» реальные итоги исследований в угоду «заказчикам»), или присутствуют в науке формально, эксплуатируя предшествующие наработки. Импульсивные попытки основателя школы вернуть их на путь концептуальных идей воспринимаются ими, как

нравоучения, а существующее внешнее окружение лишь «подпитывает» их уверенность в оправданности их «мобильного эмпиризма».

Все это характерно как для Российской Федерации, так и для Республики Беларусь. Доля исследователей в возрасте до 30 лет не превышает 15 %, а доля докторов наук пенсионного возраста всё более доминирует. При этом менее 15 % студентов вузов, фрагментарно привлекается к научным исследованиям, а 55 % преподавателей, вообще не заинтересованы заниматься наукой. Следует отметить, что в Беларуси численность исследователей с учеными степенями, в последние годы, неуклонно снижается. Так количество кандидатов наук, работающих в организациях по всем видам экономической деятельности, за период с 2017 по 2021 год сократилось с 13408 до 12 283 человек, а количество докторов наук, за тот же период, с 2166 до 1844 человек.

Основная часть

Как верно определяет В. В. Кванина: «Создание и развитие научной школы – это длительный, многоэтапный, сложный процесс, но именно научные школы выступают в роли хранителей лучших научных традиций вуза, передавая их через своих учеников другим научным коллективам» [1].

Настоящая научная школа должна представлять два-три поколения исследователей и продолжать действовать в настоящее время. Если этого нет, то можно говорить только об её прошлом, положительном, историческом опыте.

Научную школу можно считать действующей, если она:

- постоянно подтверждает это: проведением фундаментальных и прикладных исследований в соответствии с заявленным профилем, защищенными докторскими и кандидатскими диссертациями, защищенными отчётами о реализации результатов бюджетных и хоздоговорных НИР;
- публикует результаты исследований в виде монографий и научных статей, размещенных и цитируемых в рейтинговых изданиях;
- результаты исследований отражаются в учебниках и учебных пособиях, международных, всероссийских или региональных конференциях;
- формирует у воспитанников и последователей опережающий набор профессиональных компетенций, востребованных на рынке интеллектуального труда; – имеет свидетельства о регистрации объектов интеллектуальной собственности, выданных за последние годы.

Нельзя не согласиться с мнением О. Ю. Грезневой, что «традиционным является подход к рассмотрению научной школы как ушедшей в прошлое, исторически обусловленной, положительно зарекомендовавшей формы организации научной деятельности группы исследователей. Эта деятельность предполагает «производство» не только научных идей, но и «производство» учёных, без чего невозможно сохранение традиций, передача «эстафеты знаний», а тем самым и существование науки в качестве социально-исторической школы в науке. Это явление именно педагогическое, что определяется уже самим понятием «школа» [2].

Уникальность научной школы характеризуется определенными признаками. К ним относятся:

- «наличие создателя научной школы – крупного учёного, владеющего уникальным способом работы и сплачивающего вокруг себя членов коллектива для выполнения определенных исследовательских целей и программ; обладающего умением отбирать творческую молодёжь и учить её исследовательскому мастерству; обеспечивающего особую научную атмосферу в коллективе; поощряющего самостоятельность мышления и инициативу его членов» [3];
- функционирование нескольких поколений, объединяемых общим, ярко выраженным основателем или лидером, авторитет которого признан научным сообществом;
- «наличие предлагаемой создателем школы исследовательской программы (научного направления), конституирующей школу как социальную целостность, соединяющей в себе перечень проблем, на решение которых ориентируется научно-педагогический коллектив» [3];
- «единый оригинальный исследовательский подход и методический инструментарий, отличающиеся от других, принятых в данной области; наличие взаимосвязанных педагогической и исследовательской функций, диалектического единства процессов познания и передачи знаний, навыков и умений исследовательской работы, образцов поведения и общих традиций; непосредственное общение членов коллектива школы, постоянное поддержание и расширение интереса к теоретико-методологическим проблемам данного направления науки» [1];
- «наличие определенного стиля научной и педагогической работы, включающего особую моральную атмосферу, благоприятный психологический климат, некоторые нравственные каноны, особые

отношения между членами школы, систему коммуникаций, определяющую рабочую атмосферу в школе»;

– «постоянный рост квалификации участников школы и воспитание в процессе исследований самостоятельно и критически мыслящих учёных; функционирование научного семинара, как средства для практического внедрения соответствующих стандартов поведения и мышления, характеризующих специфический дух школы и её этические принципы».

Приглядываясь к ныне действующим научным коллективам, видно, что произошла утрата ряда научных направлений, нарушилась преемственность поколений, сократилось число исследователей. Да и ныне руководители научных коллективов, активно работая в условиях рыночной экономики, истощают себя в административной деятельности, что также негативно сказывается на функционировании научных школ.

Раньше в вузах были кафедры, а в НИИ – отделы, представляющие настоящие научные школы, с лидерами, обладавшими своим видением, своим стилем, почерком. Это создавало особую атмосферу, формировало внутреннюю стабильность и держало коллектив в тонусе. Если бы современные молодые преподаватели попали в ту среду, они бы тоже были другими, но, к сожалению, им негде сейчас воспитываться.

По мнению профессора З. С. Сазиной «У нас есть наука, но не создаются новые научные школы. Молодые кандидаты наук помещают свои кандидатские дипломы, свидетельствующие об их научной состоятельности, в свои «портфолио» и уходят работать в успешные фирмы, предлагающие высокие зарплаты и дальнейшие перспективы. Приходят следующие талантливые юноши и девушки, снова делают диссертации и снова уходят. В настоящее время условий для создания того, что было нашей гордостью – научных школ, практически нет». Произошла утрата ряда научных направлений, нарушилась преемственность поколений, сократилось число исследователей. Да и иные руководители научных коллективов, активно работая в условиях рыночной экономики, истощают себя в административной деятельности, что также негативно сказывается на функционировании научных школ.

Нужен доверительный разговор о нынешних проблемах высшей школы, а не воспевание заслуг прошлого и опыта ушедших героев. Фрагментарность и популистский характер эпизодической актуализации рассмотрения концептуальных проблем (формирования, функционирования, развития и сохранения) отечественных научных школ допустимо, охарактеризовать как закрепившийся принцип PR и GR, замещающий реальную государственную политику развития отечественной науки.

В апреле 2005 г. было разработано и принято постановление Совета Министров Республики Беларусь «Об утверждении Положения о порядке планирования, финансирования и контроля подготовки научных работников высшей квалификации». Данным постановлением утверждался порядок формирования государственного заказа на подготовку аспирантов (адъюнктов), докторантов в целом по республике в разрезе отраслей науки и специальностей научных работников и ставилась задача перехода на контрактную форму обучения. Введение государственного заказа на подготовку научных работников высшей квалификации преследовало цель обеспечить учреждения образования и организации высококвалифицированными специалистами, выполняющие научные исследования и разработки. Вместе с тем, как свидетельствуют статистические данные, кардинального улучшения ситуации не произошло. В этой связи, считаем необходимым сосредоточить внимание на методологии функционирования самих научных школ. При этом особый акцент сделать на тех аспектах функционирования отечественных научных школ, которые позволяют им продолжать фундаментальные и прикладные работы в современных условиях.

Позиционируя концептуальную трактовку самой терминологической конструкции «научная школа» как единство обучения творчеству и процессу исследования, которого придерживается одна группа ученых в отношении других (на базе трансляции от одного поколения исследователей к другому не только предметного содержания конкретной области исследований, но и культурных норм, ценностей и мировоззренческой позиции).

Допустимо предположить, что итоговым инструментом воспитания молодых исследователей оправдано считать уникальный исследовательский стиль мышления лидеров школ. Попытки формализованного подхода к составлению перечня характеристик отнесения конкретных исследовательских коллективов к научной школе, таких как целеустремленность, стойкость убеждений, неудовлетворенность достигнутым, научное самоопределение и самоидентификация членов коллектива, не могут гарантировать четкого позиционирования реальных научных школ от иных научных сообществ. Тем

большую идиосинкразию вызывает попытка формализовать научные школы на основе таких критериев, как «количество публикаций», «участие в конференциях», «участие в диссертационных советах» (явно навязываемые «администраторами от науки» и востребованные только для них же).

Со своей стороны, мы предлагаем к дискуссии небесспорный, но достаточно жизнеспособный тезис об исключительности приоритета формализации понятия «научная школа», исходя из наличия уникального самостоятельного методологического подхода и получения новых репрезентативных результатов при решении научных проблем. Именно на таком гносеологическом уровне, могут быть детерминированы свойства, признаки и качества научной школы. Понятие «научная школа», практически, всеми исследователями непосредственно связывается с именем конкретного человека (и определяется исключительностью совокупности качеств личности человека, создавшего эту школу), но не ограничивается этим.

Зачастую используются территориальный (например, ленинградская психологическая школа), иерархический (ведущая научная школа) и/или иные критерии отнесения конкретного научного сообщества (или его части) к статусу «научная школа». Трактовка «ведущей научной школы» (как сложившегося коллектива исследователей различных возрастных групп и научной квалификации, связанных проведением исследований по общему научному направлению и объединенных совместной деятельностью) вообще аморфна и способна (исходя из предложенных критериев) неоправданно отнести к научной школе любой коллектив исследователей.

Используемые критерии выделения научных школ не представляются достаточно адекватными. Современная структура научного сообщества сложилась в иных, ранее существовавших условиях. В настоящее время существование этих научных школ часто сводится только к воспроизводству или расширению уже достигнутых традиционных знаний. Они не продуцируют новые знания. Оценить существует школа или нет, можно только по реальным современным достижениям, или при участии в конкретном конкурсе на проведение научных исследований.

В этой связи можно предоставить возможность учёным конкретного подразделения вуза или НИИ самим идентифицировать себя, как научную школу. Чтобы подтвердить это, они должны представить конкретные результаты своей деятельности (значимые для региона или отрасли).

Нельзя не согласиться с мнением Т. Ю. Павельевой [4] о необходимости пересмотреть политику финансирования работы преподавателей вузов и учёных НИИ. Современная система оплаты их труда непрозрачна и не понятна ни преподавателям, ни научным работникам. А чёткие критерии для обоснованности начисления стимулирующих надбавок практически отсутствуют.

Научные исследования, даже в рамках научных школ, не скоординированы и нередко дублируются. Необходимы механизмы координации научных исследований, выполняемых в академическом, вузовском и отраслевом секторах науки. Например, финансирование целевых программ из средств федерального бюджета осуществляется неритмично, с опозданием, не в полном объёме. Аналогичная ситуация и с внебюджетным финансированием. Требуется чёткая координация финансирования исследований, разработок и их внедрения в практику. Постоянный анализ реального положения дел в коллективе позволяет своевременно вносить коррективы в стратегию развития. Для этих целей предложена методика, которая включает: потенциал кафедры и обучаемых студентов; потенциал развития кафедры и студентов; достижение целей обучающих и обучаемых.

Для оценки результатов деятельности научной школы авторы предлагают методику, в которой три блока:

Базовый потенциал научной школы включает;

- численность коллектива научной школы;
- численность молодых учёных;
- период функционирования научной школы
- наличие аспирантов и докторантов;
- наличие стратегии и направлений развития;
- имидж лидера научно-исследовательской школы;
- наличие заказов (проектов) на разработки.

Критерии развития научно-исследовательской деятельности научной школы:

- инновационность разработок;
- объём госбюджетного и внебюджетного финансирования (в среднем за год);
- участие в грантовых программах за последние 5 лет;
- взаимодействие исследователей с заказчиками на основе подготовки востребованных разработок;

- направления научных исследований молодых учёных в соответствии с профилем научной школы и приоритетами развития региона;
- соразмерность вклада и вознаграждения;
- повышение квалификации преподавателей.

Достижение результатов НИР:

- подготовлено кандидатов и докторов наук за 5 последних лет; в том числе подготовленных под руководством воспитанников школы;
- издано монографий, учебных пособий за последние 5 лет;
- проведено мероприятий за последние 5 лет;
- размещено публикаций в ядре РИНЦ;
- цитируемость работ участников школы;
- персональный индекс Хирша;
- направления обучения
- общественное признание достижений научной школы.

В качестве примера приведены таблицы оценки результатов деятельности научной школы «Непрерывное развитие человеческого потенциала»

Таблица 1. Динамика результативности деятельности научной школы

№	Наименование показателей	Региональная НШ***	Авторская НШ
1	Численность коллектива научной школы	20	25
2	в т.ч. молодых учёных	20%	20%
3	Период функционирования научной школы	15	46
4	Защищено докторских диссертаций **	1	2
5	Защищено кандидатских диссертаций под руководством ведущих учёных школы**	5	5
6	Участие в грантовых программах **	3	3
7	Среднегодовой объём НИР, млн руб. **	1.5	1.5
8	Издано монографий, учебных пособий **	10	16
9	Проведено конференций с международным участием **	10	10
10	Публикаций, размещенных в ядре РИНЦ*	50	53

*В среднем на преподавателя. ** За последние 5 лет. *** Экспертная оценка

Таблица 2. Результаты деятельности автора научной школы

№	Наименование критериев	1976–1986	1987–1998	1999–2010	2011–2022
1	Подготовлено д.э.н.			3	5
2	Подготовлено к.э.н.	5	13	34	34
4	Годовой объём НИР, млн руб.	0.6	0.9	1.0	1.5
5	Издано монографий	5	4	24	19
6	Издано учебных пособий	5	5	6	3
7	Проведено конференций	4	8	10	10
8	Размещено публикаций в ядре РИНЦ	52	87	121	163
9	Цитируемость работ в РИНЦ	46	53	94	108
11	Призёры, победители конкурсов, именные стипендиаты	5	7	6	6
12	Направленность подготовки	2	3	4	5

Заключение

Говоря о перспективах развития научной школы, следует отметить:

- выявление факторов, обеспечивающих действенность социального развития и трудовых отношений, способствующих сосредоточению внимания органов власти в процессе управления социальным развитием региона;
- развитие инновационной деятельности, в том числе в партнерстве с предприятиями реального сектора экономики и с региональными органами власти;
- интеграцию научной и образовательной деятельности в рамках проведения исследований по приоритетным направлениям развития региона;
- формирование устойчивых научных связей с базовыми предприятиями и учреждениями и развитие инновационной деятельности по выполнению хозяйственных программ;
- совершенствование механизмов управления персоналом в динамично меняющихся условиях;
- совершенствование комплекса организационно-экономических и правовых механизмов для регулирования социально-трудовых отношений и развития человеческого потенциала региона;
- создание научного консалтингового информационного центра при ГКУ РК «Центр занятости населения»;

– внедрение независимой оценки практической значимости знаний представителями Assessment Centre – центра оценки, для привлечения и оценивания представителей власти, бизнеса и социального сектора.

Основными составляющими имиджа научных школ являются: стратегическое видение (положение на данный момент); ценностные ориентации (наиболее важные предположения, формируемые лидером).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кванина, В. В. Понятие и признаки научной школы / В. В. Кванина // Вестник университета имени О. Е. Кутафина. – 2016. – № 11. – С. 37–42.
2. Грезнева, О. Ю. Научные школы (педагогический аспект) / О. Ю. Грезнева. – М., 2003. – 69 с.
3. Владимиров, А. И. О научных и научно – педагогических школах / А. И. Владимиров. – Москва. Недра. – 2013. – 70 с.
4. Павельева, Т. Ю. Проблемы современных российских научных школ // Социально-политические науки. – 2012. – №1. – [Электронная версия]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sovremennyh-rossiyskih-nauchnyh-shkol>.

ОБЗОРЫ. ФРАГМЕНТЫ. РЕЦЕНЗИИ

РЕЦЕНЗИЯ
НА МОНОГРАФИЮ Ф. В. ЗИНОВЬЕВА, В. А. ДУДКО
«РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА НАУЧНОЙ ШКОЛЫ»
(Симферополь. Ин Бровка. 2022 г. 160 с.)

В. В. ВАСИЛЬЕВ

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

(Поступила в редакцию 02.11.2022)

Актуальность темы исследования не вызывает сомнений. Решение проблем эффективного развития кадрового потенциала в настоящее время представляет особую ценность в контексте высокой неопределённости внешней среды, динамического развития экономики, ускорения технологического прогресса и минимизации рисков в целях повышения конкурентоспособности кадров на всех уровнях управления, а тем более в сфере научной деятельности. Именно поэтому данная проблема является объектом пристального внимания исследователей.

Существует определённая потребность в научной базе: в теории и методологии деятельности научных школ. Но, к сожалению, о научных школах и их положительном опыте рассказывается лишь в историческом плане, а опыт современных школ, практически, не рассматривается. В этом отношении представленная монография о развитии кадрового потенциала на примере одной из региональных научных школ представляет интерес, так как в ней рассматривается практика деятельности научного коллектива не только предшествующих поколений, но и современной практики. Авторы по этой теме в течение нескольких лет опубликовали ряд статей, в которых рассмотрены различные аспекты развития кадрового потенциала, а затем обобщили результаты исследования в представленной монографии.

Потенциал кафедры – это интегральное отображение текущих и будущих возможностей трансформировать наличные ресурсы в эффективную научно-образовательную деятельность и, как следствие, удовлетворять интересы рынка труда и общества, что предопределяет уровень её развития и перспективы деятельности. Жизненный цикл кафедры определяет уровень её развития, а сфера деятельности формирует специфику трудовой культуры. Влияние уровня квалификации сотрудников проявляется в том, насколько возможен творческий подход и инициатива с их стороны. Если персонал не понимает и не принимает целей руководителя, то «прививаемая» культура (профессиональная, организационная, управленческая, педагогическая, правовая, этическая, нравственная) остается только декларируемой, а истинная культура будет совсем иной.

Конкурентоспособность представителей научной школы определяется эффективностью использования трудовых, материальных, финансовых ресурсов. Но особенно важным является учёт интеллектуальных, инвестиционных, инновационных, предпринимательских, информационных, управленческих составляющих.

Трудовой потенциал как совокупность способностей и возможностей персонала обеспечивать эффективную деятельность. Это культура труда, уровень квалификации преподавателей, их деловые, профессиональные и педагогические способности, состояние здоровья и нравственность. Интеллектуальный потенциал – это совокупность интеллектуальных способностей, творческой активности сотрудников и непрерывного развития человеческого потенциала. Научный потенциал характеризует способность сотрудников вести научные исследования и разработки, направленные на совершенство-

вание образовательного процесса и дифференциацию видов деятельности в соответствии с запросами региона.

В монографии эти аспекты нашли своё достойное отражение. Структура изложения подаваемого материала достаточно логична. В ней представлены и теоретические аспекты развития кадрового потенциала, и методические аспекты исследования затронутой проблемы, и практические аспекты формирования потенциала научной школы, его развития и эффективной реализации.

Особую ценность представляют критерии и показатели оценки эффективности деятельности научной школы, в отличие от деятельности кафедры, в которых доминируют критерии образовательного процесса. Авторы иллюстрируют представленный подход к оценке результативности развития кадрового потенциала, давая конкретный цифровой материал в динамике (базовый потенциал, его развитие и эффективность реализации), на примере авторской научной школы.

Представленная монография «Развитие кадрового потенциала научной школы» актуальна и будет с интересом воспринята научной общественностью как опытных преподавателей, так и молодых исследователей (аспирантов, соискателей научной степени, а также магистрантов и бакалавров).

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».

Есполов Т. И., доктор экономических наук, профессор, академик Казахской ААН, ректор НАО «Казахский национальный аграрный университет».

Николаенко С. Н., доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник образования Украины, ректор Национального университета биоресурсов и природопользования Украины.

Мицкевич Б., доктор экономических наук, профессор, декан экономического факультета Западнопоморского технологического университета.

Макаш Ш., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой медицинских и ароматических растений Западновенгерского университета.

Джафаров И. Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор Азербайджанского государственного аграрного университета, член-корреспондент НАН Азербайджана.

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.

Лихацевич 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.

Шаршунов В. А., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техносферной деятельности и общей физики учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», член-корреспондент НАН Беларуси, заслуженный деятель науки Республики Беларусь.

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 технической 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-bgaa@yandex.ru*

© *Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2022*

Подписано в печать 08.12.2022 Формат 60/84^{1/8}

Усл. печ. л. 22,32 Уч.-изд. л. 18,80 Заказ Тираж 135 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*