

DOI 10.37279/2413-1946

ISSN 2413-1946



ИЗВЕСТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ ТАВРИДЫ

**TRANSACTIONS OF TAURIDA
AGRICULTURAL SCIENCE**

№37 (200) 2024

№ 37 (200), 2024

*Известия
сельскохозяйственной
науки Тавриды*

**Теоретический и научно-практический
журнал основан в 1941 году.**

Издается четыре раза в год.

Учредитель и издатель: ФГАОУ ВО
«Крымский федеральный университет
имени В. И. Вернадского».

295007, Российская Федерация, Республика
Крым, г. Симферополь, проспект Академика
Вернадского, 4.

Журнал зарегистрирован в Федеральной служ-
бе по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций (Роском-
надзор). Свидетельство о регистрации средства
массовой информации ПИ № ФС 77 – 61829.

Журнал включен в систему Российского индек-
са научного цитирования (РИНЦ). Лицензион-
ный договор № 248-04/2015 от 21.04.2015.

Решением Президиума ВАК Министерства
образования и науки РФ от 12 июля 2017 г.
журнал «Известия сельскохозяйственной на-
уки Тавриды» рекомендован для публикации
основных результатов диссертаций на соис-
кание ученой степени кандидата наук, на со-
искание ученой степени доктора наук. После
ввода в действие Приказа Министерства на-
уки и высшего образования РФ от 24 февраля
2021 г. № 118 "Об утверждении номенклатуры
научных специальностей, по которым присуж-
даются ученые степени, и внесении измене-
ния в Положение о совете по защите диссер-
таций на соискание ученой степени кандидата
наук, на соискание ученой степени доктора
наук, утвержденное приказом Министерства
образования и науки Российской Федерации
от 10 ноября 2017 г. № 1093" журнал входит

№ 37 (200), 2024

*Transactions
of Taurida Agricultural
Science*

**Theoretical and research journal
has been published since 1941.**

Four times a year.

Founder: FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean
Federal University».

295007, Russian Federation, Republic of Crimea,
Simferopol, Academician Vernadsky Ave, 4.

The journal is registered with the Federal Ser-
vice for Supervision of Communications, Infor-
mation Technologies and Mass Media (Roskom-
nadzor). Certificate of mass media registration
ПИ № ФС 77 – 61829

The journal is included in the Russian Index of
Scientific Citation (RISC). License agreement
№ 248-04.2015 from 21.04.2015.

By the decision of the Presidium of the Higher
Attestation Commission of the Ministry
of Education and Science of the Russian
Federation dated July 12, 2017, the journal
"Izvestia of Agricultural Science of Taurida" was
recommended for publishing the main results
of dissertations for the degree of Candidate of
Sciences, for the degree of Doctor of Sciences.
After the entry into force of the Order of the Ministry
of Science and Higher Education of the Russian
Federation dated February 24, 2021 No. 118
"On Approval of the Nomenclature of Scientific
Specialties for which Academic Degrees are
Awarded, and Amendments to the Regulations
on the Council for the Defense of Dissertations
for the Degree of Candidate of Sciences, for the
Degree of Doctor of Sciences, approved by the
order of the Ministry of Education and Science

в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по следующим научным специальностям: 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки), 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (сельскохозяйственные науки), 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки), 4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки), 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки), 4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки), 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки), 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).

of the Russian Federation dated November 10, 2017 No. 1093" the journal is included in the list of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate of sciences, for the degree of Doctor of Sciences in the following scientific specialties should be published: 4.1.1. General agriculture and crop production (agricultural sciences), 4.1.2. Breeding, seed production and biotechnology (agricultural sciences), 4.1.4. Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops (agricultural sciences), 4.1.6. Forestry, forestry, forest crops, agroforestry, landscaping, forest pyrology and taxation (agricultural sciences), 4.2.1. Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology (veterinary sciences), 4.2.2. Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary expertise and biosafety (veterinary sciences), 4.2.3. Infectious diseases and animal immunology (veterinary sciences), 4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences).

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Изотов А. М., д-р с.-х. наук, профессор

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Адамень Ф.Ф., д-р с.-х. наук, профессор

Алдошин Н.В., д-р техн. наук, профессор

Алейникова Н.В., д-р с.-х. наук, доцент

Бабицкий Л.Ф., д-р техн. наук, профессор

Бебия С.М., д-р биол. наук, профессор

Ватников Ю.А., д-р ветеринар. наук, профессор

Гербер Ю.Б., д-р техн. наук, профессор

Горина В.М., д-р с.-х. наук

Догода П.А., д-р с.-х. наук, профессор

Ена А.В., д-р биол. наук, профессор

Завалий А.А., д-р техн. наук, доцент

Захаренко Г.С., д-р биол. наук

Иванченко В.И., д-р с.-х. наук, профессор

Коба В.П., д-р биол. наук, профессор

Кокотовихин С.В., д-р с.-х. наук, профессор

CHIEF EDITOR

Izotov A. M., Dr. Agr. Sci., Professor

EDITORIAL BOARD

Adamen F.F., Dr. Agr. Sci., Professor

Aldoshin N.V., Dr. Tech. Sci., Professor

Aleinikova N.V., Dr. Agr. Sci., Associate Professor

Babitskiy L.F., Dr. Tech. Sci., Professor

Bebiya S.M., Dr. Biol. Sci., Professor

Vatnikov Y.A., Dr. Vet. Sci., Professor

Gerber Yu.B., Dr. Tech. Sci., Professor

Gorina V.M., Dr. Agr. Sci.

Dogoda P.A., Dr. Agr. Sci., Professor

Yena A.V., Dr. Biol. Sci., Professor

Zavaliy A.A., Dr. Tech. Sci., Associate Professor

Zakharenko G.S., Dr. Biol. Sci.

Ivanchenko V.I., Dr. Agr. Sci., Professor

Koba V.P., Dr. Biol. Sci., Professor

Kokovikhin S.V., Dr. Agr. Sci., Professor

Кораблева Т.Р., д-р ветеринар. наук, профессор
Лемешенко В.В., д-р ветеринар. наук, профессор
Лиховской В.В., д-р с.-х. наук
Лукьянова Г.А., д-р ветеринар. наук, профессор
Мамсиров Н.И. д-р с.-х. наук, доцент
Мельничук Т.Н., д-р с.-х. наук
Паштецкий В.С., д-р с.-х. наук, член-корреспондент РАН
Смыков А.В., д-р с.-х. наук
Сотник А.И., д-р с.-х. наук
Сулейманов С.М., д-р ветеринар. наук, профессор
Танюкевич В.В., д-р с.-х. наук, профессор
Щипакин М.В., д-р ветеринар. наук, доцент

Korablieva T.R., Dr. Vet. Sci., Professor
Lemeshchenko V.V., Dr. Vet. Sci., Professor
Likhovskoy V.V., Dr. Agr. Sci.
Lukianova G.A., Dr Vet. Sci., Professor
Mamsirov N.I. Dr. Agr. Sci.
Melnichuk T.N., Dr. Agr. Sci.
Pashtetsky V.S., Dr. Agr. Sci., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
Smykov A.V., Dr. Agr. Sci.
Sotnik A.I., Dr. Agr. Sci.
Suleymanov S.M., Dr Vet. Sci., Professor
Tanyukevich V.V., Dr. Agr. Sci., Professor
Shchipakin M.V., Dr Vet. Sci., Associate Professor

Содержание

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Назаренко Л.В. Математические модели и корреляционные зависимости показателей продуктивности сортов озимой пшеницы в зависимости от нормы высева в условиях Краснодарского края.....	8
Чернышова Е.О., Макуха О.В., Коковихин С.В. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от сроков посева и системы защиты растений от болезней и вредителей в условиях орошения Северного Причерноморья.....	26
Бурлак В.А., Себежко Б.А. Влияние длины вставки совместимого сорта на рост прививок и саженцев груши на айве	47
Макуха О.В., Макаренко А.А., Великанова Л.О., Василько В.П., Бойко Е.С. Моделирование показателей подвижных форм микроэлементов в почвах при длительном орошении и агроэкологическое обоснование мероприятий сохранения их плодородия.....	55
Кибальник О.П., Ефремова И.Г. Оценка относительной засухоустойчивости образцов зернового сорго методом проращивания семян в растворе сахарозы.....	76
Бурлак В.А., Сафу Э.М. Влияние сорто-подвойных комбинаций и внесения хелатов железа на проявление хлороза у саженцев груши в питомнике.....	85
Адамень Ф.Ф., Коковихин С.В., Сташкина А.Ф. Научное обоснование структуры посевных площадей и схем севооборотов для неполивных условий Северного Причерноморья.....	92
Сташкина А.Ф. Исследования фитогеографического ареала распространения рода фисташки <i>Pistacia spp.</i> L в Иране.....	110
Ена А.В., Ена Я.А. Перспективные сорта дикорастущего плюща обыкновенного (<i>Hedera helix</i> L.).....	124
Салтыков А.Н., Роговой В.И. Естественное возобновление дуба скального (<i>Quercus petraea</i> Liebl.) в культурах сосны крымской (<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold subsp. <i>pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe и сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) в условиях предгорного лесостепного Крыма.....	131
Зацепина И.В. Влияние регулятора роста растений янтарной кислоты для выращивания зеленых черенков сортов и форм груши с помощью искусственного тумана.....	144
Бабушкина Р.А., Макаренко А.А., Логойда Т.В., Василько В.П., Великанова Л.О. Эффективность применения орошения и инокуляции семян при выращивании сортов сои интенсивного типа.....	152
Алдошин Н.В., Васильев А.С., Соловьева Л.М. Совершенствование технологии возделывания озимой тритикале в условиях центрального нечерноземья.....	172

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Гербер Ю.Б., Красовский В.В. Технологии интеллектуального анализа и принятия решений в садоводстве.....	186
Высоцкая Н.Д., Шабанов Н.П. Исследование точности численных решений при расчете цилиндрического амортизатора сжатия.....	199
Носова Е.В., Гербер Ю.Б., Гаврилов А.В., Поротова Е.Ю., Каледина М.В. Исследование комплексного влияния состава и температуры молока на вязкость как параметра оптимизации механической обработки.....	209
Завалий А.А., Воложанинов С.С. Метод цифровой диагностики качества опрыскивания виноградов с использованием тепловизора.....	223

ВЕТЕРИНАРИЯ

Лукьянов Р.Ю., Лукьянова Г.А., Куевда Е.Н. Изменение показателей клеточного иммунитета организма ягнят при лечении ассоциативной бронхопневмонии.....	235
Бамбуляк Н.Ф., Шведова А.Д. Диагностика и лечение разрыва передней крестообразной связки у собак	242
Мельник В.В., Цыцылина В.А. Целесообразность применения железосодержащих препаратов у супоросных свиноматок.....	253
Кораблева Т.Р., Сенчук И.В. Оценка сочетанного влияния озона и пробиотического препарата «Бацелл-М» на клинический статус и сохранность цыплят яичных кроссов.....	259
Рефераты.....	271

Contents

AGRONOMY AND FORESTRY

Nazarenko L.V. Mathematical models and correlation dependencies of productivity indicators of winter wheat varieties depending on seeding rate in the conditions of the Krasnodar region.....	8
Chernyshova E.O., Makukha O.V., Kokovikhin S.V. Productivity of corn hybrids depending on the time of sowing and the system for protecting plants from diseases and pests under irrigation conditions of the Northern Black Sea region.....	26
Burlak V.A., Sebezhko B.A. Effect of insertion length of a compatible variety on the growth of grafts and seedlings of pear on quince	47
Makukha O.V., Makarenko A.A., Velikanova L.O., Vasilko V.P., Boyko E.S. Modeling indicators of mobile forms of microelements in soils under long-term irrigation and agroecological justification of measures for the preservation of their fertility.....	55
Kibalnik O.P., Efremova I.G. Evaluation of the relative drought resistance of grain sorghum samples by germination of seeds in sucrose solution.....	76
Burlak V.A., Safu E.M. Effect of varietal-podstock combinations and iron chelate application on the manifestation of chlorosis in pear seedlings in the nursery.....	85
Adamen F.F., Kokovikhin S.V., Stashkina A.F. Scientific justification of the structure of cropped area and crop rotation schemes for non-irrigated conditions of the Northern Black sea region.....	92
Stashkina A.F. Studies of the phytogeographic areadistribution of the pistachio genus <i>Pistacia</i> spp. L in Iran.....	110
Yena A. V., Yena Ya. A. Promising sports of wild common ivy (<i>Hedera helix</i> L.)	124
Saltykov A.N., Rogovoy V.I. Natural regeneration of sessile oak (<i>Quercus petraea</i> Liebl.) in plantations of Crimean pine (<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold subsp. <i>pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe and Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) in the conditions of the foothill forest-steppe Crimea.....	131
Zatsepin I. V. The effect of the plant growth regulator succinic acid for growing green cuttings of pear varieties and shapes using artificial fog.....	144
Babushkina R.A., Makarenko A.A., Logoyda T.V., Vasilko V.P., Velikanova L.O. Effectiveness of irrigation and seed inoculation in the growing of intensive soybean varieties.....	152
Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Solovyova L.M. Improving the technology of winter triticale cultivation in the conditions of the central non-chernozem region.....	172

AGRO-INDUSTRIAL ENGINEERING

Gerber Y.B., Krasovsky V.V. Technologies of intellectual analysis and decision-making in horticulture ..	186
Vysotskaya N.D., Shabanov N. P. Study of the accuracy of numerical solutions in the calculation of a cylindrical compression shock absorber.....	199
Nosova E.V., Gerber Yu.B., Gavrilov A.V., Porotova E.Yu., Kaledina M.V. Investigation of the complex effect of milk composition and temperature on viscosity as a parameter for optimizing mechanical processing.....	209
Zavaliy A.A., Volozhaninov S. S. The method of digital diagnostics of the quality of spraying vineyards using a thermal imager.....	223

VETERINARY

Lukianov R.Y., Lukianova G.A., Kuevda E.N. Changes in indicators of cellular immunity in lambs during treatment of associate bronchopneumonia.....	235
---	-----

Bambulyak N.F., Shvedova A.D. Diagnosis and treatment of anterior cruciate ligament rupture in dogs	242
Melnik V.V., Tsytsylyna V.A. Feasibility of using iron-containing preparations in gestating sows.....	253
Korableva T.R., Senchuk I.V. Assessment of the combined effect of ozone and the probiotic drug «Bacell-M» on the clinical status and safety of egg cross chickens.....	259
 Abstracts	 271

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 633.11,324":631.53.048:519.233.5

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Назаренко Л.В., Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

В результате математической обработки экспериментальных данных доказано, что максимальная теоретическая урожайность семян (более 60 ц/га) может сформироваться у сортов Калым и Васса. Определена очень тесная корреляционная взаимосвязь (0,92-0,96) между подфлаговой и флаговой площадью листовой поверхности и общим (суммарным) значением данного показателя. Анализом фотосинтетической деятельности посевов установлено, что сорта Калым и Васса имеют способность к наилучшему поглощению солнечной энергии, у этих сортов $KPD_{\text{ФАР}}$ был равен, в среднем по фактору, 0,90 и 0,88%, соответственно. Норма высева в меньшей мере отразилась на эффективности использования солнечной энергии. Проявилась слабая тенденция повышения $KPD_{\text{ФАР}}$

INFLUENCE OF VARIETAL COMPOSITION AND SEEDING RATES ON THE EFFICIENCY OF GROWING WINTER WHEAT SEEDS IN THE CONDITIONS OF THE KRASNODAR REGION

Nazarenko L.V., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin".

After result of mathematical processing of experimental data, it was proven that the maximum theoretical seed yield (more than 60 c/ha) can be formed in the Kalym and Vassa varieties. A very close correlation relationship (0.92-0.96) was determined between the sub-flag, flag leaf area, and the total (total) value of this indicator. An analysis of the photosynthetic activity of crops established that the varieties Kalym and Vassa have the ability to absorb solar energy best; in these varieties, the PAR efficiency was equal, on average by factor, to 0.90 and 0.88%, respectively. The seeding rate had a lesser impact on the efficiency of solar energy use. There was a weak tendency for PAR efficiency to increase with an increase in seeding rate from 3 to 5-7 million pcs./ha.

при повышении нормы высева от 3 до 5-7 млн шт./га.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, норма высева, урожайность, корреляция, регрессия, математическая модель.

Key words: winter wheat, variety, seeding rate, yield, correlation, regression, mathematical model.

Введение. Агроэкологические условия выращивания озимой пшеницы, как и многих других сельскохозяйственных культур, в широком диапазоне изменяются под действием разных технологических операций, например, систем обработки почв, удобрений, защиты растений и др. [1, 2, 3, 4]. Взаимосвязь между погодными условиями и продуктивностью растений чётко проявляется при воздействии на плодородие почвы, динамику водного, воздушного и пищевого режимов почв, что позволяет устанавливать взаимозависимости между этими составляющими элементами агроэкосистем [5, 6, 7].

При выращивании сортов озимой пшеницы с разным генетическим потенциалом продуктивности обработка почвы и фон минерального питания непосредственно влияют на плодородие почвы (содержание гумуса и других ценных органических веществ), что в конечном счёте является залогом формирования высоких и качественных урожаев культуры. Плодородие почвы определяется ее способностью обеспечить растения необходимыми питательными веществами. Высокоплодородные почвы содержат оптимальное сочетание макро- и микроэлементов, необходимых для роста и развития растений. Когда почва богата питательными веществами и доступной влагой, она способствует нормальному росту растений, а также их устойчивости к болезням и вредителям. Причём как одностороннее действие, так и взаимодействие природных и агротехнологических факторов определяют уровни продуктивности озимой пшеницы, которые могут быть установлены в математических зависимостях и отображены в моделях продукционного процесса [8, 9, 10, 11].

Моделирование продуктивности растений в агрономии используется для различных целей. Например, для создания адаптивных технологий выращивания и оптимальной стратегии зернового производства. Определение наилучших методов и технологических процессов выращивания растений в конкретных почвенно-климатических условиях выращивания, доступного ресурсного и технического обеспечения, нормирования удобрений, пестицидов, биопрепаратов, поливной воды, эффективности использования фотосинтетически активной радиации и др. [12, 13, 14]. Появляется возможность прогнозирования урожайности, расчётов моделей продуктивности растений в определённые фазы роста и развития и определения биологического потенциала на протяжении всего вегетационного периода. Установление закономерностей роста и развития растений позволяет изучать воздействие различных экологических факторов, таких как изменение климата, почвенного состава и загрязнение

окружающей среды, на продуктивность растений [15, 16, 17, 18, 19]. Это помогает в прогнозировании и предупреждении неблагоприятных событий. Моделирование позволяет оценить продуктивность различных сортов и определить оптимальные условия для выращивания растений. Это помогает агрономам выбирать наиболее подходящие сорта растений для конкретных условий и потребностей. В целом, моделирование продуктивности растений в агрономии помогает агрономам принять рациональные решения и оптимизировать процессы выращивания растений для увеличения их продуктивности и улучшения устойчивости агропроизводственных систем [20, 21, 22].

Материал и методы исследований. Целью исследований было установить корреляционные зависимости и сформировать математические модели продуктивности разных по генетическому потенциалу сортов озимой пшеницы отечественной селекции в зависимости от нормы высева при выращивании в условиях Краснодарского края.

Исходными данными для моделирования были результаты наших полевых исследований с сортами озимой пшеницы, которые были проведены на опытном поле учхоза «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина на протяжении 2011 – 2014 гг. Схема двухфакторного опыта включала такие факторы и варианты:

1. Сорт (фактор А): Юка; Краснодарская 99; Гром; Протон; Калым; Васса; Этнос.

2 Норма высева (фактор В): 3 млн шт./га; 5 млн шт./га; 7 млн шт./га.

Агротехника в опытах была общепринятой для зоны проведения исследований за исключением изучаемых факторов и их вариантов. Фон плодородия почвы – средний. Сроки сева - оптимальные для данной зоны (первая декада октября). Уход за посевами состоял в борьбе с сорняками с применением гербицидов. Уборку урожая осуществляли комбайном «Terrion 2010» методом сплошного учета.

Математическую обработку экспериментальных данных, установление тесноты корреляционных связей и формирование моделей семенной продуктивности исследуемых сортов озимой пшеницы проводили согласно специальных методик в агрономии [23].

Результаты и обсуждения. Полученные в полевых опытах результаты свидетельствуют о существенных различиях тесноты математических взаимосвязей между семенной продуктивностью и густотой посева, которую регулировали при изменениях нормы высева. Корреляционно-регрессионный анализ экспериментальных данных позволил установить теоретические значения урожайности семян исследуемых сортов озимой пшеницы при смоделированных нормам высева в диапазоне от 1 до 9 млн шт. на 1 га (рис. 1).

Доказано, что расчётный потенциал семенной продуктивности был у сорта Краснодарская 99, у которого теоретическая урожайность была на уровне 40 ц/га в диапазоне норм высева от 4 до 7 млн шт./га. Значительно выше (до 47 ц/га) про-

явилась теоретическая величина урожайности семян у сорта Юка с пиковым значением при норме высева 5,5 млн шт./га. Промежуточное значение по потенциалу теоретической семенной продуктивности занимали Гром, Протон и Этнос, причём у сорта Гром в отличие от всех других изучаемых сортов, проявилась незначительная тенденция снижения урожайности семян в диапазоне посевной нормы от 4,5 до 6,0 млн шт./га с небольшим повышением до и после этого промежутка норм высева семян. Установлено, что максимальную теоретическую урожайность более 60 ц/га способны обеспечить только два сорта – Калым и Васса. Следует отметить, что у сорта Калым линия тренда показывает максимальное значение на отрезке нормы высева 5,2-5,7 млн шт./га, а у сорта Васса наблюдается практически линейное увеличение теоретической урожайности семян по мере возрастания нормы высева.

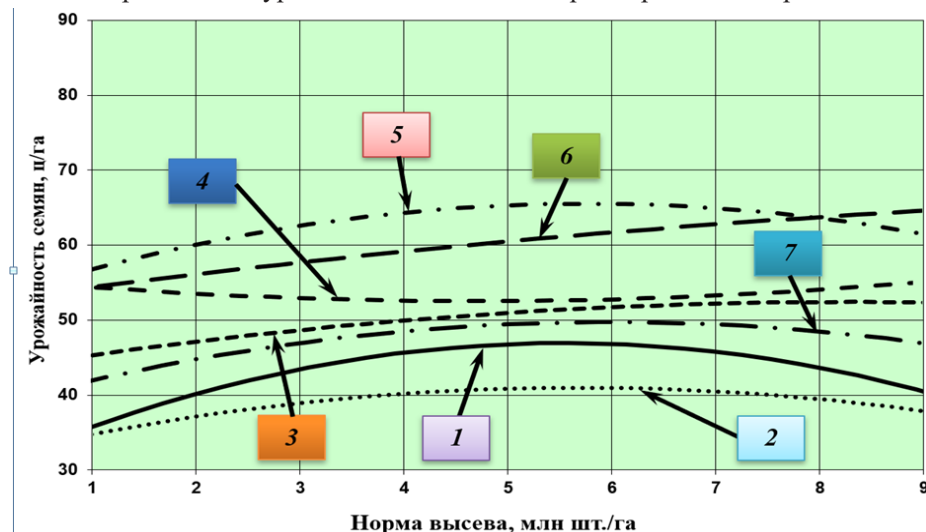


Рисунок 1. Корреляционно-регрессионная модель теоретической урожайности семян в зависимости от нормы высева по исследуемым сортам озимой пшеницы:

- 1 – Юка ($y = -0,5417x^2 + 6x + 30,308$; $R^2 = 0,4834$);
- 2 – Краснодарская 99 ($y = -0,2833x^2 + 3,2167x + 31,833$; $R^2 = 0,3275$);
- 3 – Гром ($y = -0,1333x^2 + 2,2167x + 43,117$; $R^2 = 0,5211$);
- 4 – Протон ($y = 0,1375x^2 - 1,3167x + 52,879$; $R^2 = 0,1735$);
- 5 – Калым ($y = -0,3875x^2 + 4,4667x + 44,987$; $R^2 = 0,4508$);
- 6 – Васса ($y = -0,0625x^2 + 1,9x + 47,296$; $R^2 = 0,3917$);
- 7 – Этнос ($y = -0,3125x^2 + 3,75x + 41,396$; $R^2 = 0,2109$)

По наиболее урожайным сортам полевого опыта установлены математические закономерности между количеством продуктивных стеблей и уровнями теоретической урожайности семян озимой пшеницы, которые свидетельствуют о существенных различиях между разными по генетическому потенциалу сортами исследуемой культуры (рис. 2). С использованием корреляционно-регрессионного моделирования доказано, что сорт Васса способен сформировать максимальный уровень урожайности семян более 65 ц/га и выше при плотности стеблей 500-550 шт./м².

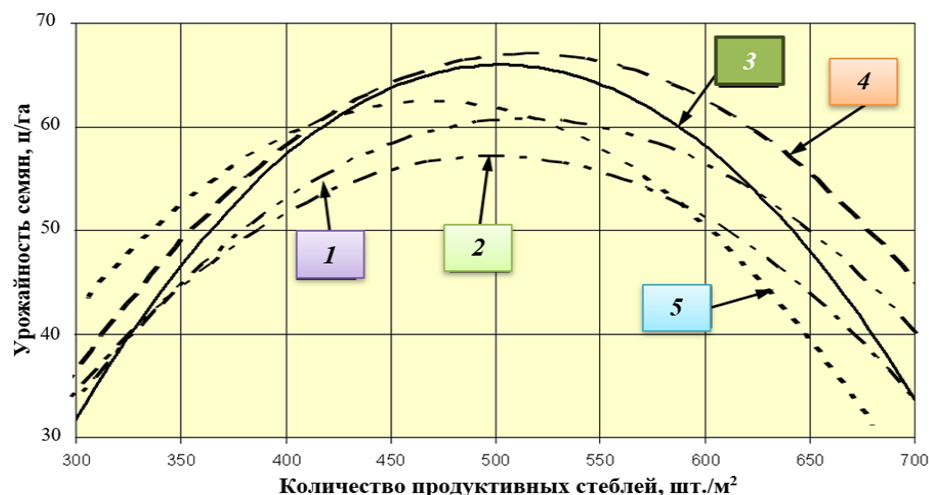


Рисунок 2 . Математическая модель между показателями продуктивного стеблестоя и теоретической урожайностью

исследуемых сортов озимой пшеницы:

- 1 – Гром ($y = -0,000008x^2 + 0,0834x - 16,352$; $R^2 = 0,7128$);
- 2 – Протон ($y = -0,000057x^2 + 0,0643x - 12,083$; $R^2 = 0,7314$);
- 3 – Калым ($y = -0,00003x^2 + 0,0637x - 10,846$; $R^2 = 0,6208$);
- 4 – Васса ($y = -0,00041x^2 + 0,0948x - 18,784$; $R^2 = 0,7423$);
- 5 – Этнос ($y = -0,000073x^2 + 0,0694x - 13,383$; $R^2 = 0,6311$)

Несущественно уступает ему по исследуемым показателям сорт Калым, который также обладает потенциалом урожайности на уровне 65 ц/га, однако более интенсивно снижает продуктивность при количестве продуктивных стеблей больше 480 шт/м².

Наименьшее соотношение количества продуктивных стеблей и урожайности зерна зафиксировано на сорте Протон. На этом сорте даже при плотности продуктивных стеблей более 450 шт./м² теоретический уровень урожайности зерна находится на уровне 55-57 ц/га.

Кроме того, для установления корреляционно-регрессионных зависимостей были проведены расчёты по установлению математических закономерностей между показателями урожайности семян и площадью листовой поверхности. Для сравнительной оценки были выбраны сорта с минимальным (Юка, Краснодарская 99) и максимальным (Калым, Васса) уровнями продуктивностями.

В полевых опытах доказано, что площадь ассимиляционной поверхности оказывала существенное влияние на формирование величины урожайности изучаемых сортов (рис. 3).

Проявилось чёткое разделение направленности линий полиномиальных трендов по сортам, которые зависели от их уровня семенной продуктивности. Так, наименее урожайные сорта (Юка, Краснодарская 99) характеризовались криволинейной трендовой зависимостью с понижением урожайности после 20-22 см² у первого сорта и 27-29 см² – у второго. Также, следует подчеркнуть,

что у сорта Краснодарская 99 диапазон семенной продуктивности был самым коротким среди всех исследуемых сортов.

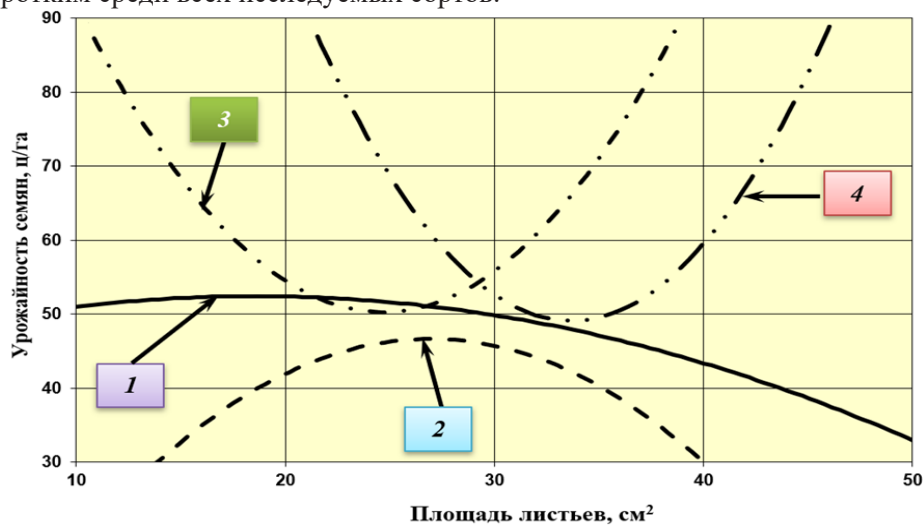


Рисунок 3. Корреляционно-регрессионная модель теоретической урожайности семян в зависимости от площади листьев по исследуемым сортам озимой пшеницы:

- 1 – Юка ($y = -0,0197x^2 + 0,7331x + 45,619$; $R^2 = 0,3069$);
 2 – Краснодарская 99 ($y = -0,0978x^2 + 5,2701x - 24,341$; $R^2 = 0,9333$);
 3 – Калым ($y = 0,1944x^2 - 9,3564x + 162,82$; $R^2 = 0,4723$);
 4 – Васса ($y = 0,261x^2 - 18,773x + 387,6$; $R^2 = 0,3325$)

У сортов Калым и Васса, которые имели максимальные уровни урожайности проявилась обратно пропорциональная зависимость формирования продуктивности, что можно объяснить генетически обусловленными особенностями данных сортов и внутренней конкуренцией за пластические вещества между листовой массой и семенами.

Учитывая установленные отличия в закономерностях формирования урожая семян в зависимости от параметров площади ассимиляционной поверхности растений необходимо для каждого сорта определять оптимальную площадь листьев с помощью регулирования норм высева для получения максимально возможного уровня урожая при установленных наилучших параметрах площади листовой поверхности.

По результатам обобщения экспериментальных данных и оценки влияния погодных факторов на семенную продуктивность исследуемых сортов (Юка, Калым, Васса) установлено, что суммы положительных температур свыше 0°C формируют волнообразную форму теоретической величины урожая семян озимой пшеницы, что объясняется падением продуктивности растений как при недостатке необходимых для нормального роста и развития температур, так и негативного влияния повышенного температурного режима, приводящего к стрессу и снижению урожайности (рис. 4).

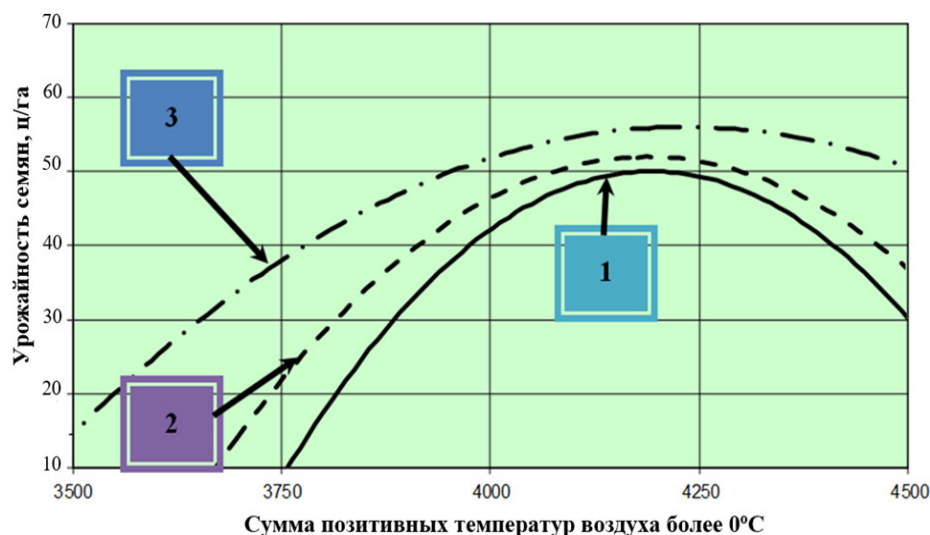


Рисунок 4. Корреляционно-регрессионная зависимость влияния суммы положительных температур воздуха более 0 °С на урожайность семян сортов озимой пшеницы:

- 1 – Юка: $y = -0,00003x^2 + 0,1485x - 462,12$; $R^2 = 0,7805$;
 2 – Калым: $y = -0,00003x^2 + 0,1508x - 273,79$; $R^2 = 0,7114$;
 3 – Васса: $y = -0,00005x^2 + 0,0805x - 135,42$; $R^2 = 0,7363$

Результаты математического моделирования свидетельствуют о том, что наибольший потенциал урожайности зерна имеет сорт озимой пшеницы Васса – более 55 ц/га при поступлении суммы положительных температур воздуха в диапазоне от 4100-4300 °С. Наименьшую продуктивность способен обеспечить сорт Юка – на уровне до 50 ц/га. Сорт Калым по потенциальной урожайности семян занимает промежуточное положение.

В отличие от температурного режима максимально положительная реакция изучаемых сортов проявилась при моделировании уровней урожайности семян в зависимости от количества атмосферных осадков за весенне-летний период (рис. 5).

Максимальная положительная реакция на наименьшую обеспеченность природной влагой (количество осадков за исследуемый период в диапазоне от 0 до 30 мм) отмечено у сорта Калым. Однако, начиная с суммы осадков свыше 35 мм, зафиксировано преимущество сорта Васса, который при наибольшем количестве осадков за весенне-летний период в пределах 110-120 мм способен сформировать теоретическую урожайность семян на уровне 62-64 ц/га. Минимальные значения теоретической урожайности были у сорта Юка – при наилучшем природном влагообеспечении осадками (100-120 мм) данный показатель составлял 50,0-50,1 ц/га.

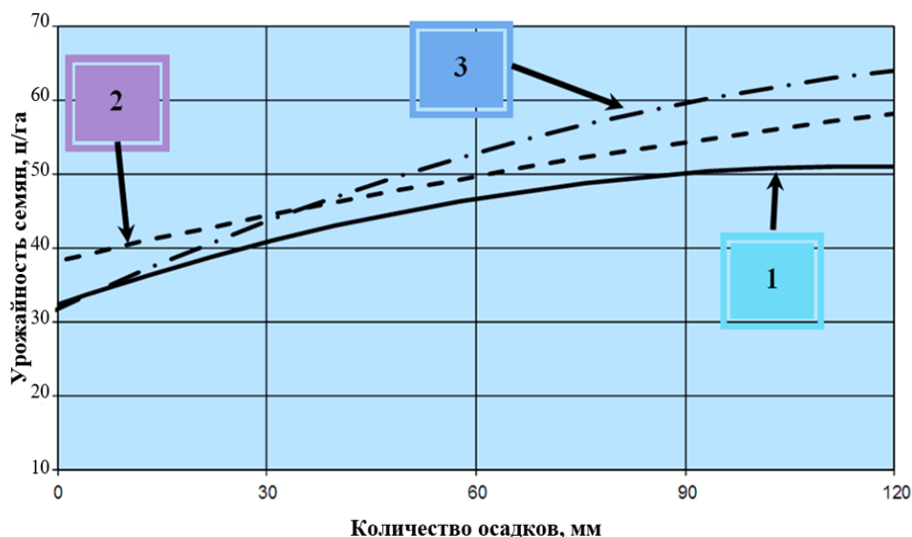


Рисунок 5. Корреляционно-регрессионная модель влияния количества атмосферных осадков за весенне-летний период на урожайность семян озимой пшеницы по сортам:

1 – Юка: $y = -0,0002x^2 + 0,031x + 3,1905$; $R^2 = 0,8211$;

2 – Калым: $y = -0,0003x^2 + 0,0189x + 3,8731$; $R^2 = 0,7568$;

3 – Васса: $y = -0,0002x^2 + 0,0377x + 2,8903$; $R^2 = 0,7412$

В целом, математический анализ по выявлению тесноты корреляционных связей элементов по изучению уровней продуктивности исследуемых сортов озимой пшеницы показал существенные различия как в позитивном, так и в негативном диапазоне (табл. 1).

Минимальный отрицательный коэффициент корреляции – 0,41 был установлен при соотношении показателей «площадь флагового листа – урожайность семян», что подтверждает биологически обоснованное противоречие между величинами площади листовой поверхности флагового листа и урожайности, а также связанного с этим перераспределения пластических веществ между листьями и колосом на завершающих фазах роста и развития растений.

Следует подчеркнуть, что максимальную положительную корреляционную взаимосвязь близкую к единице (0,92-0,96) имела взаимосвязь между подфлаговой и флаговой площадью листовой поверхности и общим (суммарным) значением данного показателя. Данный факт подчёркивает важность формирования площади листьев на всех этапах органогенеза.

Близкая к нулевому значению корреляция выявилась при сравнении урожайности семян озимой пшеницы с такими показателями: «длина стебля», «длина верхней части стебля», «масса стебля», «количество зерен». Наоборот, высокая степень корреляции с коэффициентом 0,7 и более зафиксирована между такими показателями: «суммарная площадь листовой поверхности – длина стебля», «площадь листьев – масса стебля», «масса стебля – длина стебля и колоса», «суммарная площадь листьев – масса зерна», «площадь листьев – количество колосков» и др.

Таблица 1. Корреляционные зависимости элементов продуктивности исследуемых сортов озимой пшеницы, 2012-2014 гг.

Показатели	Средняя урожайность, ц/га	Площадь флаг, см ²	Площадь подфлаг, см ²	Площадь сума, см ²	Длина колоса, см	Длина стебля, см	Длина верхнее, см	Масса колоса, г	Масса стебля, г	Масса верхнее, г	Масса зерна, г	Количество зёрен, шт.	Количество колосков, шт.
Средняя урожайность, ц/га		-0,41	-0,18	-0,29	-0,16	-0,08	0,08	-0,20	-0,08	-0,25	-0,15	-0,07	-0,09
Площадь флаг, см ²	-0,41		0,79	0,92	0,70	0,69	0,19	0,33	0,74	0,62	0,63	0,36	0,59
Площадь подфлаг, см ²	-0,18	0,79		0,96	0,60	0,64	0,04	0,26	0,84	0,69	0,83	0,69	0,79
Площадь сума, см ²	-0,29	0,92	0,96		0,68	0,70	0,11	0,31	0,85	0,70	0,79	0,59	0,75
Длина колоса, см	-0,16	0,70	0,60	0,68		0,75	0,33	0,12	0,81	0,65	0,64	0,45	0,63
Длина стебля, см	-0,08	0,69	0,64	0,70	0,75		0,45	-0,09	0,79	0,59	0,47	0,19	0,43
Длина верхнее, см	0,08	0,19	0,04	0,11	0,33	0,45		-0,35	0,39	0,61	0,19	-0,15	-0,05
Масса колоса, г	-0,20	0,33	0,26	0,31	0,12	-0,09	-0,35		0,01	-0,03	0,24	0,25	0,32
Масса стебля, г	-0,08	0,74	0,84	0,85	0,81	0,79	0,39	0,01		0,87	0,86	0,59	0,73
Масса верхнее, г	-0,25	0,62	0,69	0,70	0,65	0,59	0,61	-0,03	0,87		0,83	0,52	0,61
Масса зерна, г	-0,15	0,63	0,83	0,79	0,64	0,47	0,19	0,24	0,86	0,83		0,88	0,86
Количество зёрен, шт.	-0,07	0,36	0,69	0,59	0,45	0,19	-0,15	0,25	0,59	0,52	0,88		0,87
Количество колосков, шт.	-0,09	0,59	0,79	0,75	0,63	0,43	-0,05	0,32	0,73	0,61	0,86	0,87	

Одним из важнейших факторов, определяющих продуктивность озимой пшеницы и других с.-х. культур, является солнечная энергия и прежде всего фотосинтетически активная радиация (ФАР) как источник энергии для фотосинтеза и создания органического вещества. Многие отечественные и зарубежные учёные в своих исследованиях отмечали, что для получения высокого урожая любой культуры необходимо создавать такие посевы, которые могли бы полнее поглощать ФАР и использовать её на фотосинтез с наибольшим коэффициентом полезного действия ($KPD_{ФАР}$). Однако на озимой пшенице эти вопросы мало исследованы. Солнечная энергия как фактор урожая при её выращивании часто не учитывается ни в полевых опытах, ни в производственных условиях, что не даёт возможности реализовать потенциал продуктивности существующих сортов.

В научной литературе отмечается, что поглощение и размеры использования солнечной энергии в значительной степени зависят от технологии возделывания культуры. Ряд учёных указывают, что нормы высева и способы посева являются одними из основных факторов регулирования условий поглощения и использования солнечной энергии. Известно, что поглощённая растениями солнечная энергия тратится главным образом на транспирацию и теплоотдачу (90-95%), а на фотосинтез – всего 1-5%. Существующие знания закономерностей трансформации солнечной энергии в органическое вещество и зерно не дают возможности поднять $KPD_{ФАР}$ посевами озимой пшеницы даже на 2-3% при теоретически возможном уровне в 20%.

В условиях Краснодарского края поглощение и использование солнечной энергии посевами озимой пшеницы остаются практически не исследованными. Поэтому мы изучали эти вопросы в зависимости от сортового состава и норм высева, с целью определения оптимальных параметров для каждого сорта с максимально высоким уровнем поглощения и использования солнечной энергии.

Проведённый анализ показал, что между показателями эффективности использованием ФАР и величиной урожая семян (энергией, аккумулированной в урожае) существует тесная корреляционная связь ($r=0,93$). Соответственно, для получения высокого урожая озимой пшеницы необходимо с помощью применения научно обоснованного комплекса агротехнических мероприятий создавать такие посевы, которые бы в максимальной степени поглощали и использовали солнечную энергию. Расчётами установлено, что эффективность использования солнечной энергии с разной степенью интенсивности изменяется по сортам и нормам высева (табл. 2). Так, превысил $KPD_{ФАР}$ 0,90% при выращивании сорта Калым с нормами высева 5 и 7 млн шт./га, а сорта Васса – только при посевной норме 7 млн шт./га. Также у этих сортов наблюдалась тенденция увеличения $KPD_{ФАР}$ при переходе нормы высева от 3 млн шт./га до 5 и 7 млн шт./га. Минимальным исследуемый показатель был на вариантах с сортом Краснодарская 99 при всех нормах высева, где он снизился до 0,62-0,65%.

Таблица 2. Эффективность использования солнечной энергии (ФАР) посевами озимой пшеницы в зависимости от сортового состава и норм высева семян (2012-2014 гг.)

Сорт (фактор А)	Норма высева, млн шт. (фактор В)	Показатели			Среднее по фак- торам, % ***	
		приход ФАР на посевы озимой пшеницы*	аккумуляровано энергии в урожае, ГДж/га	использовано солнечной энергии ФАР, % (КПД _{ФАР})**	А	В
Юка	3	10326	71,4	0,69	0,72	0,77
	5	10326	77,0	0,75		0,80
	7	10326	75,4	0,73		0,81
Краснодарская 99	3	10326	64,0	0,62	0,64	
	5	10326	67,1	0,65		
	7	10326	66,5	0,64		
Гром	3	10326	80,0	0,77	0,81	
	5	10326	83,8	0,81		
	7	10326	85,7	0,83		
Протон	3	10326	82,4	0,80	0,80	
	5	10326	81,8	0,79		
	7	10326	82,9	0,80		
Калым	3	10326	90,3	0,87	0,90	
	5	10326	94,8	0,92		
	7	10326	94,3	0,91		
Васса	3	10326	86,2	0,83	0,88	
	5	10326	90,8	0,88		
	7	10326	94,8	0,92		
Этнос	3	10326	82,0	0,79	0,82	
	5	10326	86,1	0,83		
	7	10326	86,1	0,83		
Среднее			82,1	0,79		

Примечание. * – показатель за весенне-летний период вегетации озимой пшеницы, в среднем за три года исследований; ** – КПД_{ФАР} – коэффициент полезного действия фотосинтетически активной радиации; *** – среднефакториальные показатели для КПД_{ФАР}

В среднем по фактору А доказано, что наилучшее поглощение солнечной энергии с КПД_{ФАР} на уровне 0,90% обеспечивает сорт Калым, который имеет улучшенную архитектуру. Также высокий показатель был зафиксировано на

сорта Васса ($KPD_{\text{ФАР}} = 0,88\%$). Средний уровень эффективности использования с $KPD_{\text{ФАР}}$ в диапазоне 0,80-0,82% показали сорта: Протон, Гром, Этнос. Минимальный показатель $KPD_{\text{ФАР}}$ был у сорта Краснодарская 99 – 0,64%, что меньше, чем на сорте Калым в 1,4 раза.

По второму исследуемому фактору (В – норма высева) установлено, что в среднем по фактору при применении минимальной нормы высева (3 млн шт./га) $KPD_{\text{ФАР}}$ также имеет наименьшее значение – 0,77%. На вариантах с нормами высева 5 и 7 млн шт./га данный показатель несущественно увеличился до 0,80-0,81, или на 0,03-0,04 процентных пункта.

Выводы. Корреляционно-регрессионный анализ позволил определить тесноту и направленность математических связей между урожайностью семян с одной стороны, а также природными и агротехническими факторами, с другой стороны. Теоретический уровень семенной продуктивности минимальным был у сорта Краснодарская 99 (40 ц/га) при расчётных посевных нормах 4-7 млн шт./га. Средний потенциал семенной продуктивности имели сорта озимой пшеницы Гром, Протон и Этнос. Наибольшая теоретическая урожайность семян (превышающая 60 ц/га) установлена у сортов Калым и Васса. Причём у первого сорта оптимальной была расчётная посевная норма 5,2-5,7 млн шт./га, а у сорта Васса – проявилось практически линейное нарастание продуктивности при загущении посевов.

Рассчитаны уравнения регрессии, которые отображают потенциал семенной продуктивности исследуемых сортов с нормами высева. Доказана максимальная взаимосвязь (0,92-0,96) между подфлаговой и флаговой площадью листовой поверхности и общим (суммарным) значением данного показателя. Практически отсутствовала корреляция между урожайностью семян с длиной стебля, массой стебля, количеством зерен и другими показателями структуры урожая.

Анализом фотосинтетической деятельности посевов установлено, что сорта Калым и Васса имеют способность к наилучшему поглощению солнечной энергии, у этих сортов $KPD_{\text{ФАР}}$ был равен, в среднем по фактору, 0,90 и 0,88%, соответственно. Наименьшее значение данного показателя (0,64%) было зафиксировано на сорте Краснодарская 99. Норма высева в меньшей мере отразилась на эффективности использования солнечной энергии. Проявилась слабая тенденция повышения $KPD_{\text{ФАР}}$ при повышении нормы высева от 3 до 5-7 млн шт./га. Между величиной $KPD_{\text{ФАР}}$ и урожаем семян пшеницы озимой существует положительная осевая тесная корреляционная связь ($r = 0,93$), что свидетельствует о необходимости разработки и использования комплекса агроприёмов для оптимизации и максимизации процессов поглощения солнечной энергии.

Список использованных источников:

1. Матирный, А. Н. Влияние различных систем обработки почвы на засорённость посевов кукурузы на зерно в условиях Западного Предкавказья /

References:

1. Matirny, A. N. The influence of various tillage systems on the weediness of corn crops for grain in the conditions of Western Ciscaucasia / A. N. Matirny,

А. Н. Матирный, Т. В. Логойда, А. А. Макаренко // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : Материалы VIII международной научно-практической конференции, посвящается 95-летию Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар, 19–23 июня 2017 года / ответственный редактор Замотайлов А.С.. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 280-282.

2. Ничипуренко, Е. Н. Влияние системы удобрений на фоне отвальной обработки на продуктивность озимой пшеницы на мочарных почвах центральной зоны Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, В. П. Василько // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса : Сборник статей по итогам международной научно-практической конференции, Саратов, 16–22 июля 2019 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2019. – С. 415-417.

3. Затолокина, Ю. А. Влияние некорневых подкормок на урожайность зерна озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Ю. А. Затолокина, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 866-867.

4. Коковихин, С. В. Агрометеорологическое обоснование климатической

T. V. Logoyda, A. A. Makarenko // Agrotechnical method of protecting plants from harmful organisms : Materials of the VIII international scientific and practical conference, dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar, June 19–23, 2017 / executive editor Zamotailov A.S. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 280-282.

2. Nichipurenko, E. N. The influence of the fertilizer system against the background of moldboard cultivation on the productivity of winter wheat on mochar soils in the central zone of the Krasnodar region / E. N. Nichipurenko, V. P. Vasilko // Modern problems and prospects for the development of the agro-industrial complex: Collection of articles following the results of the international scientific and practical conference, Saratov, July 16–22, 2019. – Saratov: Limited Liability Company "Amirit", 2019. – P. 415-417.

3. Zatolokina, Yu. A. The influence of foliar fertilizing on the grain yield of winter wheat in the conditions of the central zone of the Krasnodar Territory / Yu. A. Zatolokina, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles on materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists, dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26–30, 2016 / Rep. per issue A. G. Koshchayev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 866-867.

4. Kokovikhin, S. V. Agrometeorological justification for climate optimization of agricultural technologies of main crops on the territory

оптимизации агротехнологий основных культур на территории Донецко-Донского северо-степного края / С. В. Коковихин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 30(193). – С. 89-97.

5. Влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на содержание гумуса в низинно-западинном агроландшафте / Е. Н. Ничипуренко, В. П. Василько, Д. В. Горобец, И. А. Павелко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции, Краснодар, 19 декабря 2019 года / Ответственный за выпуск А. Г. Кошчаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 17-18

6. Эффективность обработки чернозема выщелоченного на агрофизические показатели и урожайность зерна кукурузы в центральной зоне Краснодарского края / А. Н. Матирный, А. А. Макаренко, Н. И. Бардак, Т. В. Логойда // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 101-106.

7. Ничипуренко, Е. Н. Влияние системы удобрений на качество зерна озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы : Материалы VI Международной научно-практической онлайн-конференции, Майкоп, 25 ноября 2020 года. – Майкоп: Издательство "Магарин Олег Григорьевич", 2020. – С. 166-167.

8. Коковихин, С. В. Влияние агро-

of the Donetsk-Don north-steppe region / S. V. Kokovikhin // News of Agricultural Science of Taurida. – 2022. – No. 30(193). – pp. 89-97.

5. The influence of technologies for cultivating agricultural crops on the humus content in the low-lying agricultural landscape / E. N. Nichipurenko, V. P. Vasilko, D. V. Gorobets, I. A. Pavelko // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of abstracts based on materials All-Russian (national) conference, Krasnodar, December 19, 2019 / Responsible for the issue A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2019. – pp. 17-18

6. Efficiency of processing leached chernozem on agrophysical indicators and corn grain yield in the central zone of the Krasnodar region / A. N. Matirny, A. A. Makarenko, N. I. Bardak, T. V. Logoyda // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2018. – No. 74. – P. 101-106.

7. Nichipurenko, E. N. The influence of the fertilizer system on the quality of winter wheat grain in the central zone of the Krasnodar Territory / E. N. Nichipurenko, T. D. Fedorova // Science, education and innovation for the agro-industrial complex: state, problems and prospects: Materials VI International Scientific and Practical Online Conference, Maykop, November 25, 2020. – Maykop: Publishing house "Magarin Oleg Grigorievich", 2020. – P. 166-167.

8. Kokovikhin, S. V. Influence of agrometeorological conditions on the productivity of agricultural plants in the south of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. V. Nesterchuk, T. A. Grechishkina // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries:

метеорологических условий на продуктивность растений сельскохозяйственных культур в условиях Юга Украины / С. В. Коковихин, В. В. Нестерчук, Т. А. Гречишкина // Стратегические направления развития АПК стран СНГ : материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах, Барнаул, 27–28 февраля 2017 года. Том 2. – Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 257-259.

9. Вожегова, Р. А. Агромелиоративное обоснование севооборотов на неполивных и орошаемых землях Южной степи Украины / Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин // Стратегические направления развития АПК стран СНГ : материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах, Барнаул, 27–28 февраля 2017 года. Том 2. – Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 235-237.

10. Подушин, Ю. В. Применение вегетационного индекса NDVI для оценки влияния агротехнических факторов на рост растений / Ю. В. Подушин, Ю. П. Федулов, А. А. Макаренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г., Краснодар, 29 марта 2017 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 243-244.

11. Ничипуренко, Е. Н. Влияние основной обработки почвы на засоренность посевов озимой пшеницы в цен-

materials of the XVI International scientific and practical conference: in three volumes, Barnaul, February 27–28, 2017. Volume 2. – Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2017. – P. 257-259.

9. Vozhegova, R. A. Agromeliorative justification of crop rotations on non-irrigated and irrigated lands of the Southern steppe of Ukraine / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International scientific -practical conference: in three volumes, Barnaul, February 27–28, 2017. Volume 2. – Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2017. – P. 235-237.

10. Podushin, Yu. V. Application of the NDVI vegetation index to assess the influence of agrotechnical factors on plant growth / Yu. V. Podushin, Yu. P. Fedulov, A. A. Makarenko // Scientific support of the agro-industrial complex: collection of articles based on materials 72 1st scientific and practical conference of teachers based on the results of research work for 2016, Krasnodar, March 29, 2017. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 243-244.

11. Nichipurenko, E. N. The influence of basic tillage on weed infestation of winter wheat crops in the central zone of the Krasnodar Territory / E. N. Nichipurenko, T. D. Fedorova // Science, education and innovation for the agro-industrial complex: state, problems and prospects: Materials of the VI International Scientific and Practical Online Conference, Maykop,

тральной зоне Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы : Материалы VI Международной научно-практической онлайн-конференции, Майкоп, 25 ноября 2020 года. – Майкоп: Издательство "Магарин Олег Григорьевич", 2020. – С. 164-166.

12. Тарасенко, Б. И. Обработка почвы / Б. И. Тарасенко, Н. И. Бардак, А. А. Макаренко. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – 162 с.

13. Эффективность применения азотных удобрений под озимую пшеницу в ранневесеннюю подкормку на черноземе выщелоченном / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько, Н. Н. Кравцова, А. А. Макаренко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 89. – С. 54-59.

14. Василько, В. П. Динамика основных параметров агрохимических свойств чернозема выщелоченного в равнинном агроландшафте центральной зоны Краснодарского края в зависимости от системы основной обработки почвы / В. П. Василько, А. А. Макаренко, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 102. – С. 110-113.

15. Адамень, Ф. Ф. Математическое моделирование продуктивности орошаемой озимой пшеницы в зависимости от влияния метеорологических факторов в условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – №

November 25, 2020. – Maykop: Publishing house "Magarin Oleg Grigorievich", 2020. – P. 164-166.

12. Tarasenko, B. I. Soil cultivation / B. I. Tarasenko, N. I. Bardak, A. A. Makarenko. – 3rd edition, revised and expanded. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2021. – 162 p.

13. Efficiency of using nitrogen fertilizers for winter wheat in early spring feeding on leached chernozem / A. M. Kravtsov, A. V. Zagorulko, N. N. Kravtsova, A. A. Makarenko // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2021. – No. 89. – P. 54-59.

14. Vasilko, V.P. Dynamics of the main parameters of the agrochemical properties of leached chernozem in the flat agricultural landscape of the central zone of the Krasnodar Territory depending on the system of basic soil cultivation / V.P. Vasilko, A.A. Makarenko, A.A. Magomedtagirov // Proceedings Kuban State Agrarian University. – 2022. – No. 102. – P. 110-113.

15. Adamen, F. F. Mathematical modeling of the productivity of irrigated winter wheat depending on the influence of meteorological factors in the conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. – 2023. – No. 33(196). – P. 6-16.

16. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: Possible problems and ways of solving them in the South Steppe Zone of Ukraine / R. A. Vozhekhova, S. V. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018.

33(196). – С. 6-16.

16. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: Possible problems and ways of their solving in the South Steppe Zone of Ukraine / R. A. Vozhehova, S. V. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 331-340.

17. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.

18. Statistical yielding models of some irrigated vegetable crops in dependence on water use and heat supply / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Journal of Water and Land Development. – 2020. – Vol. 45. – P. 190-197.

19. Оптимизация агротехнологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях с использованием информационных технологий / С. В. Коковихин, И. А. Биднина, В. А. Шарий [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 2(65). – С. 63-71.

20. Макаренко, А. А. Моделирование и оптимизация режима орошения полевых культур на уровне севооборотов и полей с учётом метеорологических факторов / А. А. Макаренко, С. В. Коковихин, Е. С. Бойко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 191. – С. 238-253.

21. Адамень, Ф. Ф. Индексный анализ и моделирование продуктивности полевых культур в зависимости от

– Vol. 9, No. 6. – P. 331-340.

17. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.

18. Statistical yielding models of some irrigated vegetable crops in dependence on water use and heat supply / R. Vozhekhova, S. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Journal of Water and Land Development. – 2020. – Vol. 45. – P. 190-197.

19. Optimization of the agrotechnological process of cultivating agricultural crops on irrigated lands using information technologies / S. V. Kokovikhin, I. A. Bidnina, V. A. Shariy [et al.] // Soil Science and Agrochemistry. – 2020. – No. 2(65). – P. 63-71.

20. Makarenko, A. A. Modeling and optimization of the irrigation regime of field crops at the level of crop rotations and fields, taking into account meteorological factors / A. A. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 191. – P. 238-253.

21. Adamen, F. F. Index analysis and modeling of the productivity of field crops depending on the levels of natural and artificial moisture when grown in irrigated conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. – 2023. – No. 34(197). – P. 58-70.

22. Bazaliy, V.V. Statistical assessment of the productivity of winter wheat depending on hydrothermal factors in the conditions of irrigation in the south of Ukraine / V.V. Bazaliy, Yu.A. Lavrinenko,

уровней природного и искусственного увлажнения при выращивании в орошаемых условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 34(197). – С. 58-70.

22. Базалий, В. В. Статистическая оценка продуктивности озимой пшеницы в зависимости от гидротермических факторов в условиях орошения юга Украины / В. В. Базалий, Ю. А. Лавриненко, С. В. Коковихин // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2011. – № 75-1. – С. 20-32.

23. Ушкаренко В.А., Лазарев Н.Н., Голобородько С.П., Коковихин С.В. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография – М.: Изд. РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – 336 с.

S.V. Kokovikhin // Collection of scientific works of the Uman National University of Gardening. – 2011. – No. 75-1. – P. 20-32.

23. Ushkarenko V.A., Lazarev N.N., Goloborodko S.P., Kokovikhin S.V. Dispersion and correlation analysis in plant growing and grassland management: monograph - M.: Publishing house. RGAU - Moscow Agricultural Academy named after. K.A. Timiryazeva, 2011. – 336 p.

Сведения об авторе:

Лев Викторович Назаренко – директор опытной станции УОХ «Кубань» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Information about the author:

Lev Viktorovich Nazarenko – the Director of the Experimental Station of the Kuban agricultural enterprise of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: agronomic@kubsau.ru, st. Kalinina, 13, Krasnodar, 350044, Russia.

УДК 633.15:631.53.04:632

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ
КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ СРОКОВ ПОСЕВА И
СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ
РАСТЕНИЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ И
ВРЕДИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ
ОРОШЕНИЯ СЕВЕРНОГО
ПРИЧЕРНОМОРЬЯ**

**PRODUCTIVITY OF CORN
HYBRIDS DEPENDING ON THE
TIME OF SOWING AND THE
SYSTEM FOR PROTECTING
PLANTS FROM DISEASES AND
PESTS UNDER IRRIGATION
CONDITIONS OF THE
NORTHERN BLACK SEA REGION**

Чернышова Е.О., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Макуха О.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Херсонский аграрный университет»;
Коковихин С.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

Chernyshova E.O., Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kherson Agrarian University»;
Makukha O.V., Candidate of Agricultural Sciences, associate professor;
Kokovikhin S.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin".

В полевых опытах установлено, что на варианте с гибридом Каховский при его высевании 25 апреля и при химической защите растений выход сырой надземной биомассы повысился до 84,0 т/га. Урожайность зерна кукурузы наибольшей величины (142 ц/га) достигла у гибрида Каховский при посеве 25 апреля и применении химической защиты растений. Доказано, что применение биологических и химических препаратов в системе защиты растений способствовало росту зерновой продуктивности на 8,1-13,2%. Дисперсионным анализом установлено максимальное влияние на продуктивность

In field experiments, it was established that in the variant with the Kakhovsky hybrid, when it was sown on April 25 and with chemical plant protection, the yield of raw above-ground biomass increased to 84.0 t/ha. The highest corn grain yield (142 c/ha) was achieved by the Kakhovsky hybrid when sowing on April 25 and using chemical plant protection. It has been proven that the use of biological and chemical preparations in the plant protection system contributed to an increase in grain productivity by 8.1-13.2%. Analysis of variance established the maximum impact on corn productivity of sowing

кукурузы сроков посева – 52,4%, а также защиты растений – 17,4%. Показатели качества зерна несущественно изменялись по факторам и вариантам полевого опыта. Так, у гибрида Каховский содержание белка и крахмала имело слабую тенденцию к росту на 3,2 и 1,7 процентных пунктов, по сравнению с гибридом Азов. Напротив, у гибрида Азов проявился несущественный на 0,9% рост содержания жира в зерне.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, орошение, биопрепараты, защита растений, продуктивность, биомасса, сухое вещество, урожайность, доля влияния факторов, качество зерна.

time - 52.4%, as well as plant protection - 17.4%. Grain quality indicators did not change significantly according to factors and variants of field experience. Thus, in the Kakhovsky hybrid, the protein and starch content had a weak tendency to increase by 3.2 and 1.7 percentage points compared to the Azov hybrid. On the contrary, the Azov hybrid showed an insignificant 0.9% increase in fat content in grain.

Key words: corn, hybrid, irrigation, biological products, plant protection, productivity, biomass, dry matter, yield, share of factor influence, grain quality.

Введение. Производство зерна – главная задача сельскохозяйственной отрасли. Следует подчеркнуть, что при решении этой задачи значительное место принадлежит кукурузе, которая в современном мировом земледелии выступает как культура неограниченных возможностей по продуктивности и диапазону использования для промышленной переработки [1; 2; 3; 4; 5]. При выращивании в разных странах мира, в том числе и в Российской Федерации, набор гибридов кукурузы различается по продолжительности вегетационного периода, устойчивости к затенению, загущению, поражению вредителями и болезнями, дефициту влажности, реакцией на изменения уровня питания, водного режима и т.д. В связи с этим актуальным аспектом использования при выращивании гибридов разных групп спелости является определение и применение оптимальных параметров их выращивания, свойственных конкретным биологическим типам [6; 7; 8; 9].

В комплексе агротехнических мероприятий важное место занимают предшественники, обработка почвы, дозы минеральных удобрений, сроки посева, густота стояния растений, режимы орошения и другие технологические факторы. В условиях глобального потепления и изменения климата актуально обоснование и разработка мер ослабления негативных явлений засухи, жары и дефицита почвенной влаги. В ракурсе этих проблем важное место занимает поиск путей оптимизации условий выращивания растений кукурузы различных биотипов, а также исследования адаптивных функций и агроценотической устойчивости вновь гибридов интенсивного типа, оптимизация соотношения различных групп спелости в неоднородных почвенно-климатических подзонах [10; 11; 12; 13; 14].

Сроки посева являются важными при выращивании кукурузы, особен-

но при орошении. Кукуруза является культурой с длительным периодом вегетации, и правильно выбранные сроки посева могут значительно влиять на её урожайность и качество. Важно учесть климатические условия региона и конкретные требования каждого гибрида кукурузы. Орошение кукурузы также требует определённого распределения поливной воды – формирования научно обоснованного режима орошения [15; 16]. Необходимо обеспечить растения водой на каждой стадии их развития, начиная с появления всходов и заканчивая созреванием початков. Оптимальное орошение помогает поддерживать необходимый уровень влажности в почве, обеспечивает нормальный рост и развитие растений. Если сроки посева или орошения неправильно выбраны, это может привести к неполноценному развитию растений, ухудшению урожая и качества початков, а также увеличению риска заболеваний и вредителей. Также огромное значение при выращивании кукурузы имеет защита растений. Её эффективность определяется влиянием многих регулируемых и нерегулируемых факторов, однако главным направлением считается биологизация и снижение экологической нагрузки на агроэкосистемы [17; 18; 19; 20; 21].

Одним из приоритетных направлений развития сельского хозяйства Российской Федерации является стабильное производство продовольственного и фуражного зерна. Кукуруза по потенциальной продуктивности занимает ведущее место в группе фуражных культур. Тем не менее, большинство посевов зерновой кукурузы в стране расположено в районах недостаточного и неустойчивого увлажнения, в которых основным лимитирующим фактором формирования высоких урожаев является недостаточное количество осадков. В этом регионе основным источником существенного повышения продуктивности кукурузы является орошение, которое, согласно многолетним исследованиям научных учреждений Северного Причерноморья, обеспечивает повышение урожая зерна в 2-3 раза, по сравнению с неполивными условиями [22; 23; 24].

Материал и методы исследований. Целью исследований было установить продуктивность и качество зерна гибридов зерновой кукурузы в зависимости от сроков посева и систем защиты растений при выращивании культуры в орошаемых условиях Северного Причерноморья.

Полевые исследования проводили в 2013-2015 гг. в полевых условиях на территории Северного Причерноморья на опытном поле Института орошаемого земледелия в Днепровском районе Херсонской области с использованием методик полевого опыта [1; 25]. Схема трёхфакторного полевого опыта приведена в табличном материале статьи (табл. 1-8). Почва опытного участка тёмно-каштановая среднесуглинистая, слабосолонцеватая с содержанием гумуса в пахотном слое 2,1%. Агротехника выращивания гибридов в полевых опытах была общепринятой для орошаемых условий Северного Причерноморья, за исключением изучаемых факторов. Повторность опыта – четырёхкратная. Поливы проводили дождевальным агрегатом ДДА-100МА с биологически оптимального режима орошения. Математическую обработку данных проводили с помощью дисперсионного анализа [25].

Результаты и обсуждения. В полевых опытах доказано, что при выращивании зерна гибридов кукурузы в результате применения поливов, высоких норм минеральных удобрений, пестицидов и биопрепаратов обеспечило формированию высоких показателей выхода сырой надземной биомассы с единицы посевной площади (табл. 1). На варианте, где высевали гибрид Каховский в первый срок (25 апреля), а в период вегетации формировали систему химической защиты растений этот показатель достиг максимального уровня – 84,0 т/га. Наименьшие значения выхода сырой массы из единицы посевной площади – 61,4-61,6 т/га, зафиксировали у гибрида Азов при посеве в третий срок (15 мая) и применении биологической защиты растений, а также на контрольном варианте фактора С, что было меньше наилучшего результата на 36,8%.

Таблица 1. Выход сырой надземной массы гибридов кукурузы в зависимости от сроков посева и защиты растений, т/га (2013-2015 гг.)

Гибрид (фактор А)	Срок посева (фактор В)	Защита растений (фактор С)			Среднее по факторам	
		контроль	биозащита	химзащита	В	А
Азов	Первый (25.04)	69,4	76,2	76,9	74,2	69,3
	Второй (05.05)	68,3	70,0	72,5	70,2	
	Третий (15.05)	61,6	61,4	67,2	63,4	
Каховский	Первый (25.04)	72,0	76,3	84,0	77,5	74,7
	Второй (05.05)	67,0	76,0	80,4	74,5	
	Третий (15.05)	63,4	76,4	76,8	72,2	
Среднее по фактору С		67,0	72,7	76,3	72,0	
НСР ₀₅ частных различий, т/га: А – 2,3; В – 1,8; С – 1,8 главных эффектов, т/га: А – 1,6; В – 1,1; С – 1,1						

Рост исследуемого показателя в среднем по фактору А до 74,7 т/га проявился у гибрида Каховский. При посеве гибрида Азов накопление сырой надземной массы уменьшилось в среднем на 7,8% (до 69,3 т/га).

Выход сырой надземной биомассы кукурузы в значительной степени колебался в зависимости от сроков посева. Наибольшее положительное действие на этот показатель имел первый срок посева, который осуществляли 25 апреля. При этом получены максимальные значения изучаемого показателя в среднем по фактору 74,2-77,5 т/га. Перенос посева на поздние сроки – 5 и 15 мая обусловили понижение выхода сырой надземной массы на 4,0-16,9%.

Химическая защита растений позволила повысить выход сырой надземной массы с 1 га посевной площади в среднем по фактору С до 76,3 т/га. При биоло-

гической защите растений отмечено его уменьшение на 4,9% (до 72,7 т/га). Минимальные значения выхода зелёной массы были на контрольном варианте без использования средств защиты растений – 67,0 т/га, что меньше биологической защиты на 8,6%, а вариант с химической системой защиты кукурузы – на 13,9%.

Установлено, что сбор сухого вещества растений кукурузы в зависимости от гибридного состава, сроков посева и защиты растений в целом отражал тенденции, выявленные относительно выхода из единицы посевной площади сырой биомассы (табл. 2).

Таблица 2. Сбор сухого вещества растений кукурузы в зависимости от гибридного состава, сроков посева и защиты растений, т/га (2013-2015 гг.)

Гибрид (фактор А)	Срок посева (фактор В)	Защита растений (фактор С)			Среднее по факторам	
		контроль	биозащита	химзащита	В	А
Азов	Первый (25.04)	26,1	28,5	28,7	27,7	25,9
	Второй (05.05)	25,6	26,2	27,0	26,3	
	Третий (15.05)	23,2	23,0	25,1	23,8	
Каховский	Первый (25.04)	27,0	28,5	31,3	29,0	27,9
	Второй (05.05)	25,2	28,4	30,0	27,9	
	Третий (15.05)	23,8	28,6	28,1	26,8	
Среднее по фактору С		25,2	27,2	28,4	26,9	
НСР ₀₅ частных различий, т/га: А – 1,2; В – 0,9; С – 0,9 главных эффектов, т/га: А – 0,8; В – 0,6; С – 0,6						

В полевом опыте наибольшее значение сбора сухого вещества (31,3 т/га) было сформировано на участках с гибридом Каховский, который высевали в первый срок (25.04) и применяли систему химической защиты растений от вредных организмов. На варианте с гибридом Азов наблюдали уменьшение этого показателя до 23,0 т/га или в 1,4 раза.

Гибрид Азов также имел самый плохой среднефакториальный результат с точки зрения получения сухого вещества с 1 га посевной площади. Да, у него данный показатель составил, в среднем по фактору А, 25,9 т/га. При выращивании гибрида Каховский отмечено увеличение сбора сухого вещества на 7,5% (до 27,9 т/га).

Первый срок посева 25 апреля позволил получить максимальный сбор сухого вещества на гибриде Азов – 28,7 т/га, а на гибриде Каховский – 29,0 т/га. При переносе посева на второй (5 мая) и, особенно, на третий (15 мая) сроки наблюдалось снижение изучаемого показателя на 4,0-5,5 и 8,0-16,7% соответственно.

В опытах доказано, что химическая защита растений обеспечила устойчивое повышение сбора сухого вещества с урожаем зерна гибридов кукурузы, продуктивность которых изучали. При непроведении защитных мероприятий (контроль, обработка водой) этот показатель составил в среднем по фактору С 25,2 т/га. На варианте, где формировали биологическую систему защиты растений, проявился его рост на 8,1% (до 27,2 т/га), а наиболее величины достигнуты на опытных участках с химической защитой растений – 28,4 т/га, что больше контроля на 12,8%, а при биологической защите – на 4,3%, соответственно.

В основу интегрированной системы защиты растений положены биологизированные и экологизированные подходы для обеспечения равновесия в агроэкосистемах, ориентированные наряду с использованием агротехнических, химических, биологических и других методов с использованием природных регуляторных механизмов. При этом особое внимание уделяется сохранению полезной фауны и флоры, поиску замены химических средств защиты альтернативными методами, биологически активными веществами. Использование орошения в засушливых условиях Северного Причерноморья является одним из наиболее эффективных факторов, действующих на все биологические компоненты агроэкосистемы. Однако во время искусственного увлажнения одновременно с положительным действием на растения кукурузы происходит улучшение условий жизнедеятельности влаголюбивых видов вредителей – проволочников, блошек, тлей, стеблевой бабочки и др., активизируются возбудители болезней – корневые гнили, головнёвые болезни и т.д. На посевах кукурузы следует уделять особое внимание борьбе с вредителями и болезнями.

Обработка семян кукурузы протравителями Иншур Перформ т.к.с. (0,5 л/т) и Космос 250 т.л.с. (4 л/т) способствовала оптимизации фитосанитарного состояния опытных участков. В годы исследований порог вредоносности превышали хлопчатниковая совка и бабочка стеблевая кукурузная, что вызвало необходимость применения пестицидов (табл. 3).

Таблица 3. Эффективность применения при выращивании исследуемых гибридов кукурузы биологической и химической защиты растений (2013-2015 гг.)

Вариант защиты растений	Стеблевой мотылёк кукурузный		Эффектив- ность, %	Совка хлопковая		Эффектив- ность, %
	численность гусениц, шт./м²			численность гусениц, шт./м²		
	до обработки	после обработки		до обработки	после обработки	
Контроль (обработка водой)	16,3	18,6	–	23,4	26,1	–
Биологический	15,9	2,1	88,7	23,2	2,9	88,8
Химический	17,1	2,8	84,9	22,9	3,6	86,2

Эффективность действия инсектицида составляла 84,9-86,2%. Следует отметить, что эффективность биологического инсектицида Гаупсин превышала первый вариант, где исследуемый показатель увеличился до 88,7-88,8%, что на 3,3% превышает химический инсектицид.

Анализом результатов проведённых фитосанитарных обследований доказано, что в фазу молочной спелости были отмечены такие болезни, как бактериальная гниль стебля, пузырчатая и летучая головня, однако распространение этих болезней не имело хозяйственного значения.

Для уменьшения вредоносности фузариоза произвели опрыскивание растений химическими и биологическими фунгицидами (рис. 1).

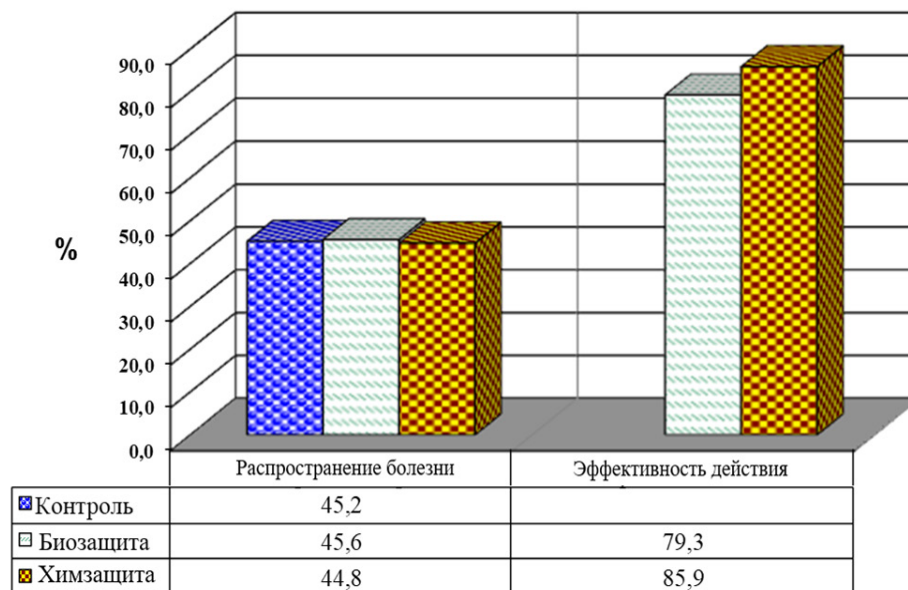


Рисунок 1. Эффективность действия химической и биологической защиты (в среднем по гибриднему составу и срокам посева), %

Эффективность действия химических фунгицидов равнялась 85,9%. Влияние биофунгицидов было менее существенным и составляло 79,3%, что на 6,6% меньше первого варианта.

Влажность зерна является важнейшим фактором при уборке урожая. Уборочная влажность зерна гибридов имеет чётко определённые особенности проявления в зависимости от группы спелости гибрида, а также от особенностей генотипического проявления темпов влагоотдачи при созревании (табл. 4).

Исследуемый показатель повысился в среднем за три года проведения исследований до 18,1% при высевании гибрида Каховский в первый срок (25 апреля), а также при использовании биологических средств защиты растений. Наименьшая влажность зерна – на уровне 15,1% была на варианте с гибридом Азов при посеве во второй срок на фоне отсутствия защиты растений (кон-

трольный вариант с обработкой чистой водой). Таким образом, разница между этими противоположными показателями равнялась 19,9 процентным пунктам.

**Таблица 4. Влажность зерна кукурузы перед уборкой
в зависимости от исследуемых факторов, % (2013-2015 гг.)**

Гибрид (фактор А)	Срок посева (фактор В)	Защита растений (фактор С)			Среднее по факторам	
		контроль	биозащита	химзащита	В	А
Азов	Первый (25.04)	15,6	15,7	15,5	15,6	15,5
	Второй (05.05)	15,1	15,4	15,8	15,4	
	Третий (15.05)	15,7	15,4	15,2	15,4	
Каховский	Первый (25.04)	17,3	18,1	17,9	17,8	17,7
	Второй (05.05)	17,5	17,7	17,7	17,6	
	Третий (15.05)	17,9	17,6	17,2	17,6	
Среднее по фактору С		16,4	16,7	16,6	16,6	
НСР ₀₅ частных различий, %: А – 0,42; В – 0,35; С – 0,35 главных эффектов, %: А – 0,37; В – 0,30; С – 0,30						

Гибрид Каховский характеризовался повышенным уровнем влажности зерна в предуборочный период, в среднем по фактору А – до 17,7%. У гибрида Азов этот показатель снизился на 14 процентных пунктов (до 15,5%).

По второму исследуемому фактору (В – срок посева) на гибридах Азов и Каховский разница между исследуемыми вариантами была математически недостоверной – меньше НСР₀₅ по этому фактору – 0,30-0,35%. Эта разница была равна по гибридам, продуктивность которых исследовали в полевых опытах, всего лишь 0,8-1,1 процентных пунктов.

Также разница в предуборочной влажности зерна между исследуемыми вариантами защиты растений (фактор С) была несущественной (менее НСР₀₅ по этому фактору). При этом некоторым преимуществом имела биологическая защита, у которой этот показатель составил, в среднем, 16,7%. При химической защите наблюдалось его несущественное понижение на 0,2 процентных пункта, а на контрольном варианте – до 16,4%, или на 0,8 процентных пункта.

В зависимости от исследуемых факторов, анализ урожайных данных показал, что гибрид Азов обеспечил наименьший уровень продуктивности при его посеве в третий срок (15 мая) и без использования биологических или химических средств защиты растений, то есть на контроле с обработкой его чистой водой. Повышение этого показателя в 1,5 раза (до 142 ц/га) зафиксировали на

варианте с гибридом Каховский при посеве в ранний срок (25 апреля) и применении химической системы защиты растений, которую формировали при уходе за посевами кукурузы (табл. 5).

Таблица 5. Урожайность зерна гибридов кукурузы в зависимости от сроков посева и защиты растений, ц/га (2013-2015 гг.)

Гибрид (фактор А)	Срок посева (фактор В)	Защита растений (фактор С)			Среднее по факторам	
		контроль	биозащита	химзащита	В	А
Азов	Первый (25.04)	112	126	129	122	112
	Второй (05.05)	110	117	118	115	
	Третий (15.05)	94	97	106	99	
Каховский	Первый (25.04)	124	133	142	133	120
	Второй (05.05)	108	121	128	119	
	Третий (15.05)	102	109	113	108	
Среднее по фактору С		108	117	123	116	
НСР ₀₅ частных различий, ц/га: А – 4,8; В – 3,7; С – 3,7 главных эффектов, ц/га: А – 3,4; В – 2,5; С – 2,5						

Также гибрид Каховский сформировал наибольшую урожайность при сравнении среднефакториальных показателей фактора А – на уровне 120 ц/га, а на делянках полевого опыта с гибридом Азов отмечено её уменьшение на 7% (до 112 ц/га).

Сроки посева в значительной степени влияли на уровень урожайности зерна исследуемых гибридов кукурузы, причём она была максимальной на обоих гибридах при высеивании её в первый срок (25 апреля). Так, у гибрида Азов при посеве в первый срок этот показатель составил, в среднем, 122 ц/га. При посеве во второй и третий сроки отмечено снижение зерновой продуктивности соответственно на 6,4 и 23,3% (до 11,5 и 9,9 ц/га). У гибрида Каховский также при посеве 25 апреля (первый срок) отмечено увеличение урожайности зерна до 133 ц/га. При посеве этого гибрида 5 мая произошло снижение данного показателя на 11,7% (до 11,9 ц/га), а наименьший уровень урожайности – 10,8 ц/га, наблюдался при третьем сроке посева (15.05).

Установлено, что применение биологических и химических препаратов в системе защиты растений от возбудителей болезней и вредителей на гибриде Азов позволило сохранить в среднем по фактору С 9 ц/га зерна, а на гибриде Каховский – 14 ц/га. Следовательно, среднефакториальный прирост урожайности зерна равнялся 8,1 и 13,2% соответственно, что свидетельствует о необ-

ходимости применения как биологической, так и химической защиты растений при выращивании исследуемой культуры. Большинство прибавок урожая зерна по отдельным сочетаниям от применения систем защиты растений по фактору С являются математически доказанными, то есть превышают $HCP_{05} - 3,7$ ц/га.

Дисперсионная обработка полученных данных урожайности исследуемой культуры позволила установить действие и взаимодействие изучаемых факторов на силу их влияния на формирование зерновой продуктивности (рис. 2).

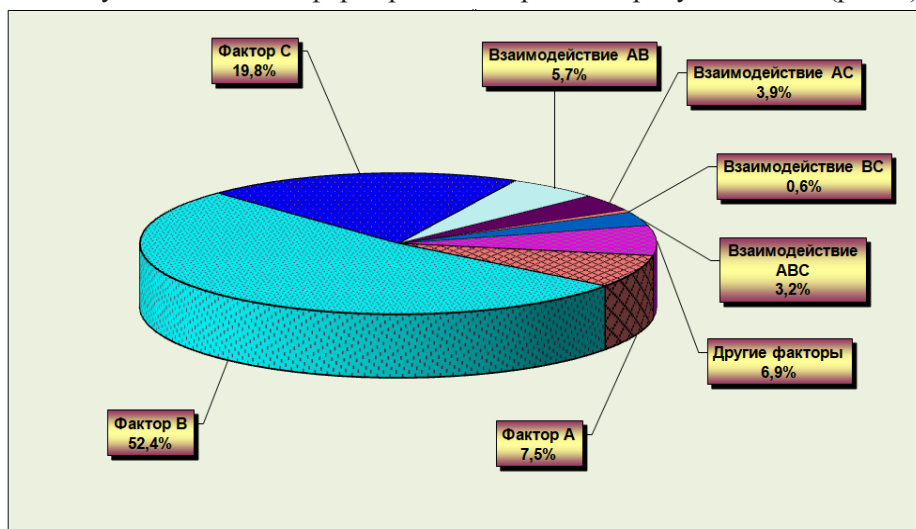


Рисунок 2. Изменчивость результативных признаков влияния исследуемых факторов (фактор А (гибрид), фактор В (срок посева), фактор С (защита растений) и их взаимодействие на формирование урожая зерна кукурузы, % (2013-2015 гг.)

Удельный вес влияния исследуемых факторов в среднем за годы проведения исследований распределялся следующим образом: гибридный состав (фактор А) – 7,5%; Срок посева (фактор В) – 52,4%; защита растений (фактор С) – 17,4%. Как видим, самое существенное влияние проявилось по факторам В и С.

При этом важное значение также имело взаимодействие факторов АВ (гибриды и сроки посева), доля влияния которых составила 5,7%. Другие взаимодействия изучаемых факторов (АС, ВС и АВС) были несущественными – от 0,6 до 3,2%. На влияние неучтённых факторов (остаточное) приходится 6,9%. Следовательно, согласно полученным результатам, можно сделать вывод о том, что в среднем за годы проведения исследований при сложившихся в эти годы погодных условиях наивысшее влияние на урожайность кукурузы оказали сроки посева и защита растений, а гибридный состав – отразился в меньшей степени.

Биометрический анализ початков кукурузы доказал, что количество зерен на одной кочане максимальной величины (584 шт.) зафиксировано у гибрида Азов при высевании его во второй срок (5 мая) и применении биологической защиты растений (табл. 6). Данный показатель уменьшился на 33,9% (до 436 шт.), то есть

до своего минимального значения на варианте с гибридом Азов при его высевании в третий срок (15.05) без защиты растений (контрольный вариант фактора С).

Таблица 6. Количество зёрен в кочане в зависимости от гибридного состава, сроков посева и защиты растений, шт. (2013-2015 гг.)

Гибрид (фактор А)	Срок посева (фактор В)	Защита растений (фактор С)			Среднее по факторам	
		контроль	биозащита	химзащита	В	А
Азов	Первый (25.04)	511	522	535	523	508
	Второй (05.05)	496	584	583	554	
	Третий (15.05)	436	447	463	449	
Каховский	Первый (25.04)	553	581	553	562	533
	Второй (05.05)	569	572	514	552	
	Третий (15.05)	454	493	510	486	
Среднее по фактору С		503	533	526	521	
НСР ₀₅ частных различий, шт.: А – 12,4; В – 10,8; С – 10,8 главных эффектов, шт.: А – 9,5; В – 7,2; С – 7,2						

Выращивание гибрида Каховский способствовало формированию максимального количества зёрен на одном початке кукурузы, в среднем по фактору, на уровне 533 шт. Это значение было на 4,9% выше гибрида Азов, у которого оно составило, в среднем по фактору А, 508 шт./початок и было больше НСР₀₅ по этому фактору.

Определённые отличия в формировании данного показателя выявлены по отношению ко второму изучаемому фактору (В – срок посева). У гибрида Азов его наибольшая величина (554 шт./початок) была при выращивании во второй срок (5 мая), а в первый и третий сроки – он уменьшился соответственно на 6,1 и 16%.

У гибрида Каховский оптимальным с точки зрения повышения количества зёрен на одном початке кукурузы оказался первый срок посева (25 апреля), где он составил, в среднем по фактору, 562 шт. При втором сроке (05.05) отмечено незначительное, на 1,9%, уменьшение данного показателя, что меньше НСР₀₅ по данному фактору – 10,8 шт./початок. Наименьшее количество зёрен на початке (486 шт.) сформировалась при посеве 15 мая (третий срок), что было меньше первого срока на 15,8%, а второго – на 13,6%.

Следует заметить, что при биологической защите получено максимальное количество зёрен на одном початке (533 шт.) при сравнении данного показате-

ля по третьему исследуемому фактору (С). На варианте с химической защитой растений он уменьшился на 4,6%, а своего минимума, в среднем 503 шт./початок, достиг на контрольном варианте (обработка чистой водой).

Величина массы 1000 зёрен имела схожие тенденции по факторам А и С, однако и характеризовалась некоторыми отличиями относительно второго исследуемого фактора (В – срок посева). Максимального значения, на уровне 412 г, этот показатель качества зерна достиг на варианте с гибридом Каховский при его высевании в ранний срок (25 апреля) на фоне химической защиты растений (табл. 7). Минимальный результат – 296 г, который был меньше оптимального в 1,4 раза, получен на контрольном варианте фактора С на гибриде Азов при его посеве в первый срок (25 апреля).

Таблица 7. Масса 1000 зёрен гибридов кукурузы в зависимости от гибридного состава, сроков посева и защиты растений, г (2013-2015 гг.)

Гибрид (фактор А)	Срок посева (фактор В)	Защита растений (фактор С)			Среднее по факторам	
		контроль	биозащита	химзащита	В	А
Азов	Первый (25.04)	296	314	352	321	321
	Второй (05.05)	301	313	335	316	
	Третий (15.05)	320	329	333	327	
Каховский	Первый (25.04)	317	355	412	361	349
	Второй (05.05)	322	324	337	328	
	Третий (15.05)	348	358	364	357	
Среднее по фактору С		317	332	356	335	
НСР ₀₅ частных различий, г: А – 6,9; В – 6,1; С – 6,1 главных эффектов, г: А – 5,8; В – 5,5; С – 5,5						

Существенный (на 7,8%) рост массы 1000 зёрен до 349 г выявлен, в среднем по фактору А, на варианте с гибридом Каховский. Среднефакториальное значение этого показателя у гибрида Азов составило 321 г. Сроки посева в разной степени повлияли на величину изучаемого показателя. На экспериментальных участках полевых опытов, где выращивали гибрид Азов наименьшая масса 1000 зёрен на уровне 316 г, зафиксирована при посеве во второй срок (5 мая). В первый и третий сроки посева исследуемый показатель незначительно (в пределах 1,4-2,1%) уменьшился до 321-327 г. Напротив, у гибрида Каховский разница между исследуемыми сроками посева была существенной – 8,8-10,1%, однако сохранялась тенденция формирования минимальной массы 1000

зёрен именно при втором сроке посева (5 мая).

Защита растений обусловила устойчивый рост изучаемого показателя на 4,8-12,0% по направлению от контрольного варианта (обработка чистой водой), где, в среднем, он составил 317 г до 332 и 356 г, соответственно на участках с применением биологической и химической систем защиты растений.

Показатели качества зерна существенно отличались по факторам и вариантам полевого опыта с кукурузой, что можно объяснить особенностью схемы опытов, в частности отсутствием таких факторов как режим орошения, удобрения и т.д. (табл. 8).

Таблица 8. Качество зерна исследуемых гибридов кукурузы в зависимости от влияния сроков посева и защиты растений, % (2013-2015 гг.)

Гибрид (фактор А)	Срок посева (фактор В)	Защита растений (фактор С)	Содержание			В среднем по фактору А		
			белка	крахмала	жиру	белка	крахмала	жира
Азов	Первый (25.04)	Контроль	8,32	67,4	3,63	8,5	68,6	3,8
		Биозащита	8,43	68,4	3,72			
		Химзащита	8,50	69,2	3,82			
	Второй (05.05)	Контроль	8,24	68,3	3,70			
		Биозащита	8,37	68,9	3,93			
		Химзащита	8,62	69,5	3,88			
	Третий (15.05)	Контроль	8,56	67,3	3,84			
		Биозащита	8,61	68,6	3,95			
		Химзащита	8,79	69,7	3,91			
Каховский	Первый (25.04)	Контроль	8,56	68,5	3,82	8,8	69,7	3,7
		Биозащита	8,79	70,2	3,94			
		Химзащита	8,70	70,4	3,99			
	Второй (05.05)	Контроль	8,55	69,1	3,61			
		Биозащита	8,68	70,2	3,95			
		Химзащита	8,92	70,7	3,89			
	Третий (15.05)	Контроль	8,80	68,7	3,52			
		Биозащита	8,92	69,4	3,60			
		Химзащита	8,93	70,5	3,75			
НСР ₀₅ , %		А	0,21	1,52	0,11			
		В	0,17	1,15	0,06			
		С	0,17	1,15	0,06			

Сравнение по гибриднему составу (фактор А) свидетельствует, что у гибрида Каховский содержание белка и крахмала имело слабую тенденцию к ро-

сту на 3,2 и 1,7 процентных пунктов, по сравнению с гибридом Азов, у которого эти показатели составили, соответственно, 8,5 и 68,6%.

Напротив, у гибрида Азов проявился некоторый рост содержания жира – на 0,9% по сравнению с гибридом Каховский. Следует заметить, что разница между показателями качества зерна кукурузы была математически достоверна только по гибриднему составу, а по срокам посева и защите растений такие колебания были несущественными.

Выводы. В полевых опытах установлено, что на варианте с гибридом Каховский при его высевании 25 апреля и при химической защите растений выход сырой надземной биомассы повысился до 84,0 т/га. При наихудшем сочетании исследуемых факторов – гибрид Азов, посев 15 мая, биологическая защита растений и варианте без защиты, зафиксировано его уменьшение до 61,4-61,6 т/га, или на 36,8%. Сбор сухого вещества растений кукурузы максимальной величины на уровне 31,3 т/га достиг гибрида Каховский при посеве 25 апреля и формировании химической защиты растений. На делянках с гибридом Азов он снизился в 1,4 раза – до 23,0 т/га соответственно. В опытах доказано, что эффективность действия химических фунгицидов равнялась 85,9%. Влияние биофунгицидов было менее существенным и составляло 79,3%, что на 6,6% меньше первого варианта. Гибрид Каховский характеризовался повышенным уровнем влажности зерна в предуборочный период, в среднем по фактору А – до 17,7%. У гибрида Азов этот показатель снизился на 14 процентных пунктов. По срокам посева эта разница составила 0,8-1,1 процентных пункта, то есть была математически не достоверной.

Урожайность зерна кукурузы максимальной величины – 142 ц/га достигла у гибрида Каховский при посеве 25 апреля и применении химической защиты растений. На варианте с гибридом Азов при посеве 15 мая и без защиты растений (контроль) произошло её падение в 1,5 раза. Сроки посева в значительной степени повлияли на зерновую продуктивность кукурузы. Так, у гибрида Каховский посев 25 апреля (первый срок) способствовало росту зерновой продуктивности до 133 ц/га. Установлено, что применение биологических и химических препаратов в системе защиты растений способствовало росту урожайности зерна на 8,1-13,2%. Дисперсионным анализом установлено максимальное влияние на продуктивность кукурузы сроков посева – 52,4%, а также защиты растений – 17,4%.

Биометрическим анализом установлено, что наибольшее количество зёрен на одном качании 584 шт. была на гибриде Азов при посеве его в срок 5 мая и применении биологической защиты растений. Однако выращивание гибрида Каховский способствовало формированию максимального значения этого показателя, в среднем по фактору А – на уровне 533 шт. Также на гибриде Каховский количество зёрен на одной кочане росло при посеве 25 апреля. Максимального уровня (412 г) масса 1000 зерен достигла на варианте с гибридом Каховский при посеве 25 апреля при химической защите растений. Наименьшие значения приобрели на контрольном варианте (без защиты растений) на гибриде Азов при его высевании 25 апреля. Показатели качества зерна несущественно изме-

нялись по факторам и вариантам полевого опыта. Так, у гибрида Каховский содержание белка и крахмала имело слабую тенденцию к росту. Напротив, у гибрида Азов проявился несущественный на 0,9% рост содержания жира в зерне.

Список использованных источников:

1. Адамень, Ф.Ф. Индексный анализ и моделирование продуктивности полевых культур в зависимости от уровней природного и искусственного увлажнения при выращивании в орошаемых условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 34(197). – С. 58-70.

2. Николаев, Е.В. Адаптивные технологии – основное направление развития растениеводства / Е.В. Николаев, А.М. Изотов, Б.А. Тарасенко // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2012. – № 149. – С. 5-13.

3. Эффективность обработки чернозема выщелоченного на агрофизические показатели и урожайность зерна кукурузы в центральной зоне Краснодарского края / А.Н. Матирный, А.А. Макаренко, Н. И. Бардак, Т. В. Логойда // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 101-106.

4. Изотов, А.М. Продуктивность полеводства степного Крыма при различной структуре посевных площадей / А. М. Изотов, Б. А. Тарасенко, Д. П. Дударев // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2018. – № 16(179). – С. 16-21.

5. Загорулько, А.В. Формирование продуктивности кукурузы на зерно под

References:

1. Adamen, F.F. Index analysis and modeling of the productivity of field crops depending on the levels of natural and artificial moisture when grown in irrigated conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. – 2023. – No. 34(197). – P. 58-70.

2. Nikolaev, E.V. Adaptive technologies - the main direction of development of crop production / E.V. Nikolaev, A.M. Izotov, B.A. Tarasenko // Scientific works of the Southern Branch of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine "Crimean Agrotechnological University". Series: Agricultural Sciences. – 2012. – No. 149. – P. 5-13.

3. The effectiveness of processing leached chernozem on agrophysical indicators and corn grain yield in the central zone of the Krasnodar region / A.N. Matirny, A.A. Makarenko, N.I. Bardak, T.V. Logoyda // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2018. – No. 74. – P. 101-106.

4. Izotov, A.M. Productivity of field crops in the steppe Crimea with different structures of sown areas / A. M. Izotov, B. A. Tarasenko, D. P. Dudarev // News of agricultural science of Taurida. – 2018. – No. 16(179). – P. 16-21.

5. Zagorulko, A. V. Formation of corn productivity for grain under the influence of fertilizing with nitrogen fertilizers and microelements / A. V. Zagorulko, A. A.

влиянием подкормок азотными удобрениями и микроэлементами / А. В. Загоруйко, А. А. Макаренко // Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий : Сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 05–09 июня 2023 года / Отв. за выпуск А.Г. Максименко. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 134-136.

6. Затолокина, Ю.А. Влияние некорневых подкормок на урожайность зерна озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Ю. А. Затолокина, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кошчаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 866-867.

7. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: Possible problems and ways of their solving in the South Steppe Zone of Ukraine / R. A. Vozhehova, S. V. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 331-340.

8. Заяц, И.С. Рост, развитие и урожайность кукурузы на зерно в зависимости от срока посева на черноземе выщелоченном Краснодарского края / И. С. Заяц, А. А. Макаренко // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ : Сборник статей по

Makarenko // Ecology and environmental management: sustainable development of rural areas: Collection of articles based on materials of the III All-Russian scientific-practical conference, Krasnodar, June 05–09, 2023 / Rep. for the release of A.G. Maksimenko. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2023. – pp. 134-136.

6. Zatolokina, Yu.A. The influence of foliar fertilizing on the grain yield of winter wheat in the conditions of the central zone of the Krasnodar Territory / Yu. A. Zatolokina, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles on materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists, dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26–30, 2016 / Rep. per issue A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 866-867.

7. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: Possible problems and ways of solving them in the South Steppe Zone of Ukraine / R. A. Vozhekhova, S. V. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 331-340.

8. Zayats, I.S. Growth, development and yield of corn for grain depending on the sowing time on leached chernozem of the Krasnodar Territory / I. S. Zayats, A. A. Makarenko // Bulletin of scientific and technical creativity of the youth of the Kuban State Agrarian University: Collection articles based on research materials. In 4 volumes / Edited by A.I. Trubilina. Volume 1. – Krasnodar: Kuban

материалам научно-исследовательских работ. В 4-х томах / Под редакцией А.И. Трубилина. Том 1. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 115-118.

9. Влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на содержание гумуса в низинно-западинном агроландшафте / Е. Н. Ничипуренко, В. П. Василько, Д. В. Горобец, И. А. Павелко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции, Краснода, 19 декабря 2019 года / Ответственный за выпуск А. Г. Кошчаев. – Краснода: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 17-18

10. Подушин, Ю.В. Применение вегетационного индекса NDVI для оценки влияния агротехнических факторов на рост растений / Ю. В. Подушин, Ю. П. Федулов, А. А. Макаренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г., Краснодар, 29 марта 2017 года. – Краснода: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 243-244.

11. Исакова, С.В. Урожайность зерна кукурузы в зависимости от некорневых подкормок в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края / С. В. Исакова, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября

State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2018. – pp. 115-118.

9. The influence of technologies for cultivating agricultural crops on the content of humus in a low-lying agricultural landscape / E. N. Nichipurenko, V. P. Vasilko, D. V. Gorobets, I. A. Pavelko // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of abstracts based on materials All-Russian (national) conference, Krasnodar, December 19, 2019 / Responsible for the issue A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2019. – pp. 17-18

10. Podushin, Yu.V. Application of the NDVI vegetation index to assess the influence of agrotechnical factors on plant growth / Yu. V. Podushin, Yu. P. Fedulov, A. A. Makarenko // Scientific support of the agro-industrial complex: collection of articles based on materials 72 1st scientific and practical conference of teachers based on the results of research work for 2016, Krasnodar, March 29, 2017. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 243-244.

11. Isakova, S.V. Corn grain yield depending on foliar fertilizing in the zone of unstable moisture in the Krasnodar region / S. V. Isakova, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles on materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists, dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26–30, 2016 / Rep. per issue A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 868-869.

12. Kokovikhin, S.V. Agrometeorological justification for

2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 868-869.

12. Коковихин, С.В. Агрометеорологическое обоснование климатической оптимизации агротехнологий основных культур на территории Донецко-Донского северо-степного края / С. В. Коковихин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 30(193). – С. 89-97.

13. Куля, Н.Н. Эффективность применения гербицидов на засоренность посевов кукурузы на зерно в Центральной зоне Краснодарского края / Н. Н. Куля, А. А. Макаренко // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ : Сборник статей по материалам научно-исследовательских работ. В 4-х томах / Под редакцией А.И. Трубилина. Том 1. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 111-114.

14. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.

15. Макаренко, А.А. Моделирование и оптимизация режима орошения полевых культур на уровне севооборотов и полей с учётом метеорологических факторов / А. А. Макаренко, С. В. Коковихин, Е. С. Бойко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 191. – С. 238-253.

16. Statistical yielding models of some irrigated vegetable crops in dependence on water use and heat supply / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Journal of Water and Land Development. –

climate optimization of agricultural technologies of main crops on the territory of the Donetsk-Don north-steppe region / S. V. Kokovikhin // News of Agricultural Science of Tavrida. – 2022. – No. 30(193). – pp. 89-97.

13. Kulya, N.N. Efficiency of the use of herbicides on weed infestation of corn crops for grain in the Central zone of the Krasnodar Territory / N. N. Kulya, A. A. Makarenko // Bulletin of scientific and technical creativity of youth of the Kuban State Agrarian University: Collection of articles based on scientific materials works. In 4 volumes / Edited by A.I. Trubilina. Volume 1. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2018. – pp. 111-114.

14. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.

15. Makarenko, A.A. Modeling and optimization of the irrigation regime of field crops at the level of crop rotations and fields, taking into account meteorological factors / A. A. Makarenko, S.V. Kokovikhin, E. S. Boyko // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 191. – P. 238-253.

16. Statistical yielding models of some irrigated vegetable crops in dependence on water use and heat supply / R. Vozhekhova, S. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Journal of Water and Land Development. – 2020. – Vol. 45. – P. 190-197.

17. Izotov, A. M. Method of adapting the sowing period of winter wheat to autumn weather conditions / A. M. Izotov, B. A. Tarasenko // Scientific works of the

2020. – Vol. 45. – P. 190-197.

17. Изотов, А. М. Метод адаптирования срока сева озимой пшеницы к погодным условиям осени / А. М. Изотов, Б. А. Тарасенко // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2012. – № 145. – С. 13-17.

18. Вожегова, Р. А. Агромелиоративное обоснование севооборотов на неполивных и орошаемых землях Южной степи Украины / Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин // Стратегические направления развития АПК стран СНГ : материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах, Барнаул, 27–28 февраля 2017 года. Том 2. – Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 235-237.

19. Ничипуренко, Е. Н. Влияние разных гербицидов на урожайность кукурузы в центральной зоне Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, В. П. Василько // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края, Краснодар, 29–30 ноября 2017 года / Ответственный за выпуск А. Г. Кошчаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 204-205.

20. Эффективность применения гербицидов в посевах кукурузы на зерно в зависимости от срока посева на черноземе выщелоченном центральной зоны

Southern Branch of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine "Crimean Agrotechnological University". Series: Agricultural Sciences. – 2012. – No. 145. – P. 13-17.

18. Vozhegova, R. A. Agromeliorative justification of crop rotations on non-irrigated and irrigated lands of the Southern steppe of Ukraine / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International scientific-practical conference: in three volumes, Barnaul, February 27–28, 2017. Volume 2. – Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2017. – P. 235-237.

19. Nichipurenko, E. N. The influence of various herbicides on corn yield in the central zone of the Krasnodar Territory / E. N. Nichipurenko, V. P. Vasilko // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the XI All-Russian Conference of Young Scientists, dedicated to 95 -anniversary of the Kuban State Agrarian University and the 80th anniversary of the formation of the Krasnodar Territory, Krasnodar, November 29–30, 2017 / Responsible for the issue A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 204-205.

20. The effectiveness of the use of herbicides in corn crops for grain depending on the sowing time on leached chernozem in the central zone of the Krasnodar Territory / T. V. Logoyda, A. A. Makarenko, A. A. Magomedtagirov [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2020. – No. 82. – P. 90-96.

Краснодарского края / Т. В. Логойда, А. А. Макаренко, А. А. Магомедтагиров [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 82. – С. 90-96.

21. Матирный, А. Н. Влияние различных систем обработки почвы на засорённость посевов кукурузы на зерно в условиях Западного Предкавказья / А. Н. Матирный, Т. В. Логойда, А. А. Макаренко // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : Материалы VIII международной научно-практической конференции, посвящается 95-летию Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар, 19–23 июня 2017 года / ответственный редактор Замотайлов А.С.. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 280-282.

22. Изотов, А. М. Диагностика неоднородностей почвенного покрова в полеводстве с помощью метода вертикального электродирования / А. М. Изотов, Б. А. Тарасенко, Д. П. Дударев // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2016. – № 8(171). – С. 34-41.

23. Ничипуренко, Е. Н. Цифровизация в сельском хозяйстве / Е. Н. Ничипуренко // Цифровые технологии в аграрном образовании : Сборник статей по материалам учебно-методической конференции, Краснодар, 01 марта – 30 2022 года / Отв. за выпуск Д.С. Лилякова. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 13-14.

24. Оптимизация агротехнологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях с использованием информацион-

21. Matirny, A. N. The influence of various tillage systems on the weediness of corn crops for grain in the conditions of Western Ciscaucasia / A. N. Matirny, T. V. Logoyda, A. A. Makarenko // Agrotechnical method of protecting plants from harmful organisms : Materials of the VIII international scientific and practical conference, dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar, June 19–23, 2017 / executive editor Zamotailov A.S. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 280-282.

22. Izotov, A. M. Diagnosis of soil heterogeneity in field cultivation using the method of vertical electrical sounding / A. M. Izotov, B. A. Tarasenko, D. P. Dudarev // Proceedings of agricultural science of Tavrida. – 2016. – No. 8(171). – pp. 34-41.

23. Nichipurenko, E. N. Digitalization in agriculture / E. N. Nichipurenko // Digital technologies in agricultural education: Collection of articles based on the materials of the educational and methodological conference, Krasnodar, March 01 - 30, 2022 / Responsible. for the release of D.S. Lilyakova. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2022. – pp. 13-14.

24. Optimization of the agrotechnological process of cultivating agricultural crops on irrigated lands using information technologies / S. V. Kokovikhin, I. A. Bidnina, V. A. Shariy [et al.] // Soil Science and Agrochemistry. – 2020. – No. 2(65). – P. 63-71.

25. Ushkarenko V.A., Lazarev N.N., Goloborodko S.P., Kokovikhin S.V. Dispersion and correlation analysis in plant growing and grassland management:

ных технологий / С. В. Коковихин, И. А. Биднина, В. А. Шарий [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 2(65). – С. 63-71.

25. Ушкаренко В.А., Лазарев Н.Н., Голобородько С.П., Коковихин С.В. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография – М.: Изд. РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – 336 с.

monograph - M.: Publishing house. RGAU - Moscow Agricultural Academy named after. K.A. Timiryazeva, 2011. – 336 p.

Сведения об авторах:

Евгения Олеговна Чернышова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники и защиты растений, ректор Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Херсонский аграрный университет», 73006, г. Херсон, ул. Розы Люксембург, 23.

Ольга Владимировна Макуха – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой ботаники и защиты растений Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Херсонский аграрный университет», e-mail: olgaovm19@gmail.com, 73006, г. Херсон, ул. Розы Люксембург, 23.

Сергей Васильевич Коковихин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, исполняющий обязанности заведующего кафедрой общего и орошаемого земледелия Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: serg.ac@mail.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Information about the authors:

Evgeniia Olegovna Chernyshova - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Botany and Plant Protection, Rector of the State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kherson Agrarian University», Rosa Luxemburg str, 23, Kherson, 73006.

Olga Vladimirovna Makukha - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Manager of the Department of Botany and Plant Protection, State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kherson Agrarian University», e-mail: olgaovm19@gmail.com, Rosa Luxemburg str, 23, Kherson, 73006.

Sergey Vasilevich Kokovikhin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Acting Head of the Department of General and Irrigated Agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: serg.ac@mail.ru, st. Kalinina, 13, Krasnodar, 350044.

УДК 634.13: 631.541

**ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ
ВСТАВКИ СОВМЕСТИМОГО
СОРТА НА РОСТ
ПРИВИВОК И САЖЕНЦЕВ
ГРУШИ НА АЙВЕ**

**EFFECT OF INSERTION LENGTH
OF A COMPATIBLE VARIETY
ON THE GROWTH OF GRAFTS
AND SEEDLINGS OF PEAR ON
QUINCE**

Бурлак В.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Себежко Б.А., магистрант 2 курса
Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

Burlak V.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

Sebezhko B.A., 2nd year master's student, Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»

Короткая вставка совместимого сорта длиной 5-10 см тормозит рост прививок груши на айве в начале вегетации. При длине вставки совместимого сорта 20-30 см активный рост прививок начинается сразу после прорастания почек.

Ключевые слова: саженцы, груша, подвой айва, вставка совместимого сорта.

A short insertion of a compatible variety with a length of 5-10 cm inhibits the growth of pear grafts on quince at the beginning of the growing season. At the insertion length of a compatible variety of 20-30 cm, active growth of grafts starts immediately after bud germination.

Key words: seedlings, pear, quince scion, compatible variety insertion.

Введение. Клоны айвы являются основным подвоем груши в южной зоне плодового хозяйства. Но большинство сортов груши несовместимы с айвой. Несовместимость физиологического типа, частичная или полная, проявляется в нарушении обмена веществ между подвоем и привоем и угнетении роста в питомнике и в саду. При несовместимости разломного типа саженцы хорошо растут, но со временем под действием механической нагрузки в питомнике или в саду отламываются в месте прививки [1,2].

Саженцы несовместимых с айвой сортов груши выращивают со вставкой совместимого сорта. Минимальная вставка применяется при несовместимости разломного типа с использованием николировки, или окулировки двойным щитком, где совместимый сорт имеет толщину до 1 мм. Николировка может применяться для ограниченного набора сортов груши с несовместимостью разломного типа – Любимица Клаппа, Вильямс летний. У сортов с физиологической несовместимостью тонкий промежуточный щиток совместимого сорта не решает проблему – рост прививок и саженцев угнетается в такой же степе-

ни, как и при прямой прививке на айву [3].

Саженцы большинства сортов груши на подвое айва с физиологической несовместимостью (Бере Боск, Мраморная, Крымская медовая, Якимовская) [1,2] выращиваются путём двойной прививки со вставкой совместимого сорта длиной 10 см [8,9]. По мнению других авторов длина вставки совместимого сорта для груши на айве может быть произвольной и не имеет принципиального значения [5,7].

В опытах по изучению способов прививки при выращивании саженцев груши несовместимого с айвой сорта Бере Боск, проводившихся в Институте «Агротехнологическая академия» Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, было замечено торможение роста побегов в начале вегетации при вставке совместимого сорта Кюре длиной 10 см [6]. В связи с этим в 2022-2023 гг. были проведены опыты по изучению длины вставки совместимого сорта Кюре при прививке груши Бере Боск на айву ВА₂₉.

Материал и методы исследований. Саженцы выращивали с использованием весенней прививки двухкомпонентного черенка «вставка-сорт». По этой технологии в условиях Крыма в конце февраля изготавливаются двухкомпонентные черенки: на черенок вставки совместимого сорта длиной 15-20 см прививается трёхглазковый черенок несовместимого сорта, а затем полученные двойные черенки прививают на подвой во втором поле питомника, то есть на подвой, которые уже год росли в питомнике [4]. К концу вегетации через семь месяцев после весенней прививки получают разветвленные и неразветвленные однолетние саженцы со вставкой совместимого сорта.

Опыты были заложены методом рандомизированных повторений в 4-кратной повторности, по 15 подвоев в делянке. Подвоем служили отводки айвы ВА₂₉ первого сорта с диаметром корневой шейки 8-10 мм, размножаемый сорт – Бере Боск, имеющий полную физиологическую несовместимость с айвой [1,2].

Отводки айвы высаживали в первое поле питомника по схеме 90х20 см в марте 2021 года (первый опыт) и в марте 2022 года (второй опыт). В течение первой вегетации за ними ухаживали с поливом капельным орошением, прополками и рыхлением почвы. Осенью 2021 и 2022 гг. после листопада в саду заготовили черенки совместимого сорта Кюре и несовместимого сорта Бере Боск и хранили их до момента прививки.

В конце февраля 2022 и 2023 гг. изготавливали двухкомпонентные черенки «вставка-сорт»: на черенок совместимого сорта Кюре длиной 5 см, 10 см, 20 см и 30 см способом улучшенной копулировки прививали трёхглазковый черенок несовместимого сорта Бере Боск. Изготовленные двухкомпонентные черенки укладывали в полиэтиленовые пакеты, смачивали водой и хранили в неотапливаемом помещении с температурой в среднем +5...+6 °С до весенней прививки. В третьей декаде марта 2022 и 2023 гг. двухкомпонентные черенки «вставка-сорт» прививали во втором поле питомника на подвой на высоте 15-20 см от почвы. За контроль в опытах взяли длину вставки 10 см.

Результаты и обсуждение. Приживаемость весенних прививок двухком-

понентным черенком в оба года исследований во всех вариантах была очень высокой - 95-100%.

Распускание почек и начало роста побегов в оба года исследований начиналось в третьей декаде мая. В первые 20 дней, с 20 мая по 10 июня 2022 и 2023 гг., интенсивность роста побегов в вариантах с короткой вставкой 5 см и 10 см была низкой - 2-7 мм в сутки, в то время как в на прививках с длинной вставкой 20 см и 30 см в этот период побеги росли очень интенсивно – 10-13 мм в сутки (табл. 1).

Таблица 1. Интенсивность роста осевых побегов у прививок груши Бере Боск на айве при разной длине вставки совместимого сорта Кюре, мм/сутки, 2022-2023 гг.

Вариант (длина вставки)	20.05- 10.06	11.06- 30.06	1.07- 20.07	21.07- 10.08	11.08- 30.08	Среднее
2022 г.						
1. Вставка 5 см	5	16	17	16	4	11,6
2. Вставка 10 см (к)	7	17	15	17	2	11,6
3. Вставка 20 см	11	18	16	10	2	11,4
4. Вставка 30 см	13	20	11	10	0	10,8
2023 г.						
1. Вставка 5 см	2	5	12	14	10	8,6
2. Вставка 10 см (к)	5	10	15	15	7	10,4
3. Вставка 20 см	10	16	17	9	5	11,4
4. Вставка 30 см	13	17	16	11	6	12,6

В последующие 20 дней, с 11 июня по 30 июня, наблюдались различия по годам. В 2022 году интенсивность роста побегов выравнивалась по вариантам и составила от 16 до 20 мм в сутки. В 2023 году в этот же период побеги в вариантах с длинной вставкой 20 см и 30 см росли в 2-3 раза интенсивнее, чем при вставке 5 см и 10 см.

В период с 1 по 20 июля уровень интенсивности роста побегов сохранялся (2022 г.) или усиливался (2023 г.), кроме варианта 4 в 2022 г., где его значение снизилось до 11 мм в сутки.

В течение следующих 20 дней, с 21 июля по 10 августа 2022 и 2023 гг., интенсивность роста побегов в вариантах с короткой вставкой 5 см и 10 см сохранилась на уровне предыдущего периода и составила 14-17 мм в сутки. В вариантах с длинной вставкой 20 см и 30 см произошло снижение интенсивности роста побегов до 9-11 мм в сутки.

Во второй-третьей декадах августа 2022 и 2023 гг. побеги росли слабо или прекратили рост, кроме первого варианта (вставка 5 см) в 2023 году, где рост продолжался (10 мм в сутки).

В 2022 году среднем за период с 20 мая по 30 августа интенсивность роста

побегов в опытных вариантах и в контроле практически не отличалась и находилась в пределах 10,8-11,6 мм в сутки.

В 2023 году средняя интенсивность роста побегов была прямо пропорциональна длине вставки: в варианте 1 и в контроле она составила 8,6-10,4 мм в сутки, в вариантах с длинной вставкой (20 см и 30 см) средний прирост в сутки был значительно выше – 11,4-12,6 мм.

Следовательно, при короткой вставке 5 см и 10 см в первые 20-40 дней после распускания почек наблюдается торможение роста побегов, в то время как у прививок с длинной вставкой 20 см и 30 см побеги сразу начинают расти интенсивно.

Кроме того, при короткой вставке (5-10 см) интенсивный рост побегов сдвигается на 20 - 40 дней и приходится на вторую половину июня – начало августа (2022 год) или даже на июль-август (2023 год). В вариантах с длинной вставкой 20-30 см побеги растут интенсивно в более благоприятный период – с 20 мая по 20 июля.

Влияние длины вставки на рост побегов зависело от условий года. В 2022 году в период с мая по август выпало 290 мм осадков (56% годовой нормы). В результате торможение роста побегов на начальном этапе в вариантах с короткой вставкой компенсировалось его усилением в конце июня – начале августа 2022 года. В 2023 году с мая по август выпало 185 мм осадков (36% от годовой нормы), и в результате интенсивный рост побегов в июле-августе вариантах с короткой вставкой происходил в менее благоприятных условиях.

Опытный участок орошаемый, но осадки сказываются на росте саженцев, так как повышают относительную влажность воздуха, что важно для груши, имеющей низкую устойчивость к воздушной засухе. Температура воздуха не могла повлиять на различия между вариантами по интенсивности роста побегов, так как по месяцам и в среднем за май-август 2022 и 2023 гг. она была одинаковой – соответственно 20,5 °C и 21,0 °C.

Особенности интенсивности роста побегов сказались на диаметре штамба и высоте саженцев (табл. 2).

Таблица 2. Биометрические показатели саженцев груши Бере Боск на айве в зависимости от длины вставки совместимого сорта, 2022-2023 гг.

Вариант (длина вставки)	Диаметр штамба, мм		Высота саженца, см	
	2022	2023	2022	2023
1. Вставка 5 см	10,0	8,9	148	96
2. Вставка 10 см (к)	10,0	9,7	155	113
3. Вставка 20 см	9,4	12,1	156	134
4. Вставка 30 см	10,1	12,2	155	158
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	1,06	$F_{\phi} < F_{05}$	21,1

В 2022 году диаметр штамба и высота саженцев в опытных вариантах и в контроле были практически одинаковыми и не имели существенных различий.

В 2023 году саженцы в вариантах с длинной вставкой 20 см и 30 см имели

значительно больший диаметр штамба, чем в контроле и варианте 1 со вставкой 5 см: разница составила 2,4-3,3 мм, или 25-34%. Соответственно и высота саженцев в вариантах 3 и 4 была на 24-45 см больше, чем в контроле, и на 38-64 см превосходила первый вариант с самой короткой вставкой.

Выход стандартных саженцев в 2022 году во всех вариантах был одинаковым и составил 58,8-65,0% от числа привитых подвоев, или 32,6-36,1 тыс. шт. в пересчете на 1 га (табл. 3).

Таблица 3. Выход стандартных саженцев группы Бере Боск на айве со вставкой совместимого сорта разной длины, 2022-2023 гг.

Вариант (длина вставки)	В % от числа привитых подвоев			С 1 га, тыс. шт.		
	2022	2023	Среднее	2022	2023	Среднее
1. Вставка 5 см	65,0	35,0	50,0	36,1	19,4	27,8
2. Вставка 10 см (к)	63,7	50,0	56,9	35,4	27,5	31,5
3. Вставка 20 см	58,8	95,0	76,9	32,6	52,7	42,6
4. Вставка 30 см	65,0	95,0	80,0	36,1	52,7	44,4
НСР ₀₅				$F_{\phi} < F_{05}$	4,39	

В 2023 году в 3 и 4 вариантах со вставками длиной 20 см и 30 см выход стандартных саженцев был значительно выше, чем при коротких вставках 5 см и 10 см в контроле и первом варианте и составил 95% от числа привитых подвоев, или 52,7 тыс. шт. в пересчете на 1 га. Это в 1,9 раза больше, чем в контроле, и в 2,7 раза превышает выход саженцев по сравнению с первым вариантом. Различия между вариантами существенны при достаточной точности опыта (НСР₀₅%=11,5).

Следует отметить, что в 2023 году первый вариант с короткой вставкой уступал контролю (вставка 10 см) по выходу саженцев на 8,5 тыс. шт., или 31%. Различия между вариантами в 2023 году связаны с ослаблением динамики роста побегов в начальный период и соответственно снижением высоты саженцев и диаметра штамба.

В среднем за 2 года выход стандартных саженцев в вариантах с длинной вставкой 20 см и 30 см составил 42,6-44,4 тыс. шт. с 1 га, что на 11,1-12,9 тыс. шт., или 35,2-41,0% больше, чем в контроле.

Ветвление саженцев в 2022 году во всех вариантах было одинаковым (47,1-52,9%). В 2023 году варианты с длинной вставкой имели 90-95% разветвленных саженцев, а в контроле и первом варианте их было меньше на 15-40% (табл.4).

В среднем за 2 года выход разветвленных саженцев в вариантах 3 и 4 увеличился по сравнению с контролем на 10%, по сравнению с первым вариантом – на 18%.

Таблица 4. Влияние длины вставки совместимого сорта на выход разветвленных саженцев группы Бере Боск на подвое айва, в % от количества выращенного посадочного материала 2022-2023 гг.

Вариант (длина вставки)	2022	2023	Среднее
1. Вставка 5 см	50,6	55,6	53,1
2. Вставка 10 см (контроль)	47,1	75,0	61,0
3. Вставка 20 см	52,9	90,0	71,5
4. Вставка 30 см	47,0	95,0	71,0

Расчёт экономической эффективности показал, что доход в пересчете на 1 га и рентабельность производства в вариантах со вставкой 20 и 30 см в 2-3 раза превышают показатели в контроле и первом варианте (табл. 5).

Таблица 5. Экономическая эффективность выращивания саженцев группы сорта Бере Боск на айве со вставкой совместимого сорта разной длины, в среднем за 2022-2023 гг.

Вариант (длина вставки)	Выход саженцев с 1 га, тыс. шт.	Затраты на 1 га, тыс. руб.	Себестоимость 1 саженца, руб.	Цена реализации 1 саженца, руб.	Доход		Рентабельность, %
					на 1 саженец, руб.	с 1 га, тыс. руб.	
1. Вставка 5 см	27,8	3250	117	180	63	1751	54
2. Вставка 10 см (к)	31,5	3250	103	182	79	2488	77
3. Вставка 20 см	42,6	3280	77	190	113	4810	147
4. Вставка 30 см	44,4	3350	75	187	112	4973	149

*Примечания: 1. Затраты во всех вариантах опыта различались в связи разным расходом черенков. 2. Цена реализации саженцев рассчитывалась с учетом их товарности и стоимости первого сорта в 2022 г. - 200 руб., в 2023 г. - 250 руб., второго сорта в 2022 г. - 150 руб., в 2023 г. - 200 руб.

Доход с 1 га в вариантах с длинной вставкой составил 4,8-4,9 млн. руб., рентабельность 147-149%, в то время как в контроле 2,5 млн. руб. и 77%.

Выводы. 1. При выращивании саженцев группы физиологически несовместимого сорта Бере Боск на подвое айва ВА₂₉ при короткой вставке совместимого сорта Кюре длиной 5-10 см происходит торможение роста прививок в течение 20-40 дней после распускания почек.

2. При длине вставки совместимого сорта 20-30 см активный рост побегов привитого сорта начинается сразу после распускания почек.

3. Влияние длины вставки совместимого сорта на рост саженцев зависит

от погодных условий.

4. Для получения стабильных результатов по преодолению несовместимости груши сорта Бере Боск с айвой следует применять вставку длиной 20 см.

Список использованных источников:

1. Бурлак В.А. Изучение совместимости новых сортов груши с айвой в питомнике // Науч. труды КГАТУ. Сельскохозяйственные науки. – Симферополь, 2005. – вып.89. – с. 106-115.
2. Бурлак В.А. Совместимость перспективных сортов груши с айвой // Науч. тр. ЮФ «КАТУ» НАУ.-Симферополь, 2006.-Вып. 94.-С.143-152
3. Бурлак В.А., Лыкова В.Д. Никотировка как способ преодоления несовместимости груши с айвой //Научовий вісник НУБіП України. - №103.- Київ, 2009. – С.294-298
- 4.Бурлак В.А., Попова В.Д. Способ выращивания саженцев груши со вставкой. – Патент на полезную модель №79897, Украина. -МКП (2013) и 2012 10703, A01H1/00 A01H/3/00. – Заявл. 12.09.2012; Оpubл. 13.05.2013. Бюл. 9
5. Матвиенко М.В., Бабина Р.Д., Кондратенко П.В. Груша в Украине. – Киев: Аграрная мысль, 2006. – 315 с.
6. Попова, В.Д. Весенняя прививка двухкомпонентного черенка – перспективный способ выращивания саженцев груши / В.Д. Попова // Садоводство и виноградарство. – М., 2013. – № 2. – С. 41–43.
7. Сухоцкий М.И. Книга современного садовода // Минск: Минская фабрика цветной печати. – 2009. - 495 с.
8. Татаринов А.Н., Зуев В.Ф. Питомник плодовых и ягодных культур. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 270 с.
9. Плодовые, ягодные культуры и технология их возделывания / Якушев

References:

1. Burlak V.A. Study of compatibility of new pear varieties with quince in the nursery // Scientific Works of KSTU. Agricultural sciences. - Simferopol, 2005. - issue 89. - с. 106-115.
2. Burlak V.A. Compatibility of promising varieties of pear with quince //Scientific works of YF "KATU" NAU.- Simferopol, 2006.-Vyp. 94.-C.143-152
3. Burlak V.A., Lykova V.D. Nicotisation as a way to overcome the incompatibility of pear with quince // Naukoviy visnik NUBIP of Ukraine.- #103.-Kiiv, 2009. - C.294-298
4. Burlak V.A., Popova V.D. Method for growing pear seedlings with an insert. –Patent for utility model No. 79897, Ukraine. -MKP (2013) and 2012 10703, A01H1/00 A01H/3/00. – Appl. 09/12/2012; Published May 13, 2013. Bull. nine
5. Matvienko M.V., Babina R.D., Kondratenko P.V. Pear in Ukraine. – Kiev: Agrarian Thought, 2006. – 315 p.
6. Popova, V.D. Spring grafting of a two-component cuttings is a promising method of growing pear seedlings / V.D. Popova // Horticulture and viticulture. – М., 2013. – No. 2. – pp. 41-43.
7. Sukhotsky M.I. The book of a modern gardener // Minsk: Minsk factory of colour printing. - 2009. - 495 с.
8. Tatarinov A.N., Zuev V.F. Nursery of fruit and berry crops. - Moscow: Rosselkhozizdat, 1984. - 270 с.
9. Fruit and berry crops and technology of their cultivation / Yakushev

В.И., Шевченко В.В. Кочеткова В.А. и др. – М.: Агропромиздат, 1988. – 529 с.

V.I., Shevchenko V.V., Kochetkova V.V. Kochetkova V.A. et al. - Moscow: Agropromizdat, 1988. - 529 c.

Сведения об авторах:

Бурлак Владимир Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодово-овощеводства и виноградарства Институт «Агротехнологическая академия» ФGAOU BO «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: bva.1951@mail.ru, 295492, Симферополь, п. Аграрное.

Себежко Богдан Александрович, магистрант 2 курса Институт «Агротехнологическая академия» ФGAOU BO «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» e-mail: sebezkhko98@inbox.ru, 295492, Симферополь, п. Аграрное.

Information about the author:

Burlak Vladimir Alexandrovich - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Horticulture and Viticulture of the Institute "Agrotechnological Academy" of V.I. Vernadsky Federal State Autonomous Okrug, e-mail: bva.1951@mail.ru, Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

Sebezkhko Bogdan Aleksandrovich, Master's student of the 2nd year of the Institute "Agrotechnological Academy" FGAOU BO "V.I. Vernadsky KFU"., Associate Professor of Academy of Life and Environmental Sciences FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: sebezkhko98@inbox.ru, Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

УДК 631.45:631.67

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОДВИЖНЫХ
ФОРМ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В
ПОЧВАХ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ
ОРОШЕНИИ И
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ
МЕРОПРИЯТИЙ СОХРАНЕНИЯ
ИХ ПЛОДОРОДИЯ**

Макуха О.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Херсонский аграрный университет»;

Макаренко А.А., кандидат сельскохозяйственных наук;

Великанова Л.О., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор;

Василько В.П., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор;

Бойко Е.С., старший преподаватель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

В результате моделирования установлены взаимосвязи между фоновым питанием и содержанием микроэлементов в почве, исследовано влияние на их подвижность почвообразующих процессов. Прогноз изменений содержания микроэлементов, проведённый на основе многолетнего мониторинга орошаемых земель Северного Причерноморья, позволил выявить тесную корреляционно-регрессионную связь

**MODELING INDICATORS
OF MOBILE FORMS OF
MICROELEMENTS IN
SOILS UNDER LONG-
TERM IRRIGATION AND
AGROECOLOGICAL
JUSTIFICATION OF MEASURES
FOR THE PRESERVATION OF
THEIR FERTILITY**

Makukha O.V., Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kherson Agrarian University»;

Makarenko A.A., Candidate of Agricultural Sciences;

Velikanova L.O., Candidate of Agricultural Sciences, Professor;

Vasilko V.P., Candidate of Agricultural Sciences, Professor;

Boyko E.S., Senior Lecturer, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin».

Because of modeling, the relationship between the background nutrition and the content of microelements in the soil was established, and the influence of soil-forming processes on their mobility investigated. The forecast of changes in the content of microelements, carried out on the basis long-term monitoring of irrigated lands in the Northern Black Sea region, made it possible to identify a close correlation and regression

между интервальным соотношением азота к фосфору и содержанием цинка и меди. Доказано, что азотные и фосфорные удобрения имеют проявления математические закономерности в отношении меди и цинка. Они способны стабилизировать эти микроэлементы в виде комплексных соединений. Азотные удобрения способны вызвать снижение усвояемой меди, а фосфорные – цинка. Для цинка и для меди рассчитаны уравнение криволинейной регрессии второго порядка, которое характеризуется высокой степенью связи коэффициентами детерминации (R^2) 0,9487 и 0,9487, соответственно. Калийные удобрения приводят к снижению содержания бора в почве. Проведённое моделирование свидетельствует об опасности загрязнения орошаемых земель тяжёлыми металлами и подчёркивает необходимость оперативного реагирования на дефицит микроэлементов для растений в целях балансовой оптимизации питательного режима почвы для сохранения её плодородия и обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственной отрасли.

Ключевые слова: моделирование, почва, плодородие, орошение, поливная вода, удобрения, микроэлементы.

relationship between the interval ratio of nitrogen to phosphorus and the content of zinc and copper. It been proven that nitrogen and phosphorus fertilizers exhibit mathematical patterns in relation to copper and zinc. They are capable of stabilizing these alloys in the form of complex compounds. Nitrogen fertilizers can cause a decrease in assimilated copper; and phosphorus fertilizers - zinc. For zinc and copper, a second-order curvilinear regression equation was calculated, which is characterized by a high degree of correlation with coefficients of determination (R^2) of 0.9487 and 0.9487, respectively. Potassium fertilizers lead to a decrease in boron content in the soil. The modeling carried out indicates the danger of contamination of irrigated lands with heavy metals and emphasizes the need quickly respond to a deficiency of microelements for plants in order to balance the optimization of the nutritional regime of the soil to preserve its fertility and ensure the environmental safety of the agricultural industry.

Key words: modeling, soil, fertility, irrigation, irrigation water, fertilizers, microelements.

Введение. Научное обоснование технологий выращивания сельскохозяйственных культур представляет собой процесс исследования и анализа, основанный на научных принципах и методах, с целью определения оптимальных условий и методов для успешного выращивания и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Научное обоснование технологий выращивания включает в себя несколько этапов. Первый этап состоит в изучении биологических показателей сельскохозяйственной культуры, которые необходимо принимать во внимание при планировании их технологий выращивания. На

этом этапе проводятся исследования, направленные на изучение биологических, физиологических и агротехнических особенностей конкретной культуры [1; 2; 3; 4]. Исследуются требования к почве, климату, влаге, свету и другим факторам, которые влияют на рост и развитие культуры. Оценка и выбор сортов предусматривает анализ результатов исследований, на основании которого проводится оценка различных сортов (гибридов) культуры с целью выбора наиболее устойчивых к условиям выращивания, высокоурожайных, обладающих необходимым набором показателей качества. Следующий этап предусматривает разработку агротехнических рекомендаций. На основе собранных данных и проведённых исследований разрабатываются рекомендации по оптимальным методам выращивания сельскохозяйственных культур, включающие такие аспекты, как подготовка почвы, посев, удобрение, полив, защита от вредителей и болезней [5; 6; 7; 8; 9]. Важнейшей составляющей научного обоснования земледелия, является проведение полевых опытов. Для проверки эффективности и надёжности разработанных агротехнологий проводятся полевые опыты. На опытных полях сравниваются различные варианты выращивания сельскохозяйственных культур, применяется контроль группа, где используются привычные методы выращивания. После проведения полевых опытов осуществляется анализ полученных данных, оцениваются урожайность, качество продукции, затраты и другие показатели. На основе анализа делаются выводы об эффективности и экономической целесообразности применения разработанных технологий. Научное обоснование технологий выращивания сельскохозяйственных культур является основой для разработки современных агротехнических рекомендаций и позволяет сельскохозяйственным производителям получать высокие урожаи и оптимизировать затраты на выращивание культур. Также на основании полученных результатов появляется возможность математического моделирования продукционного процесса растений, а также параметров плодородия почвы [10; 11; 12].

Моделирование играет важную роль в агрономии и земледелии, предоставляя много преимуществ. Оно позволяет оптимизировать использование ресурсов, таких как вода, удобрения, пестициды, биопрепараты, техника, трудовые ресурсы и др. Это помогает снизить издержки и улучшить экономическую эффективность сельского хозяйства. Моделирование позволяет прогнозировать урожайность и качество продукции на основе различных входных параметров, таких как климатические условия, тип почвы и используемые методы обработки. Это помогает агрономам и земледельцам принимать обоснованные решения относительно планирования посевов и управления культурами. Построение моделей производственного процесса позволяет определить наиболее оптимальные временные интервалы для выполнения различных операций обработки полей, таких как посев, полив, удобрение и борьба с вредителями. Это помогает улучшить эффективность и результативность обработки полей [13; 14; 15; 16]. Прогнозирование погоды позволяет моделировать погодные условия и клима-

тические изменения, что позволяет агрономам и земледельцам принимать меры для снижения рисков, связанных с экстремальными погодными условиями, такими как засуха или наводнение. Также построенные модели позволяют испытывать и оптимизировать применение новых технологий и методик в земледелии, таких как системы точного земледелия, автоматизация, использование дронов, роботизация. Это помогает улучшить процессы и результаты работ в земледелии. Моделирование позволяет агрономам и земледельцам проводить различные сценарные анализы и прогнозировать результаты различных решений и рисков. Это помогает принимать обоснованные решения на основе данных и опыта. В целом, моделирование играет ключевую роль в оптимизации процессов земледелия и агрономии, что позволяет улучшить эффективность, результативность и устойчивость сельскохозяйственного производства [17; 18].

Внесение микроэлементов в систему удобрения сельскохозяйственных культур может быть необходимо по нескольким причинам. Например, дефицит микроэлементов. Почвы могут быть обеднены определёнными микроэлементами, что может привести к недостатку этих элементов у растений. Некоторые микроэлементы, такие как железо, марганец, медь, цинк и бор, необходимы растениям для нормального роста, развития и функционирования физиологических процессов. Если в почве не хватает этих микроэлементов, растения могут страдать от дефицита, что отразится на их здоровье и урожайности [20; 21]. Некоторые сельскохозяйственные операции, такие как интенсивное использование почвы, применение удобрений и пестицидов, могут приводить к вымыванию или блокированию микроэлементов в почве. Это в свою очередь может снижать доступность микроэлементов для растений и требовать дополнительного внесения этих элементов. Внесение оптимального количества микроэлементов может способствовать повышению урожайности и качества растениеводческой продукции. Правильное сбалансированное питание растений микроэлементами способствует активации физиологических процессов и повышает устойчивость растений к болезням, вредителям и стрессовым условиям. Внесение микроэлементов может способствовать улучшению качества почвы, снижению эрозии и защите окружающей среды. Некоторые микроэлементы, такие как цинк, медь и железо, не только являются важными для растений, но и необходимы для микроорганизмов, которые играют важную роль в поддержании плодородия почвы. Научно обоснованное внесение микроэлементов в почву, как обязательный элемент системы удобрения сельскохозяйственных культур, может быть необходимо для обеспечения оптимального роста, развития и формирования высоких и качественных урожаев, а также для повышения экономической эффективности аграрной сферы и защиты окружающей среды [19, 20].

Анализ продуктивности орошения указывает на то, что урожайность сельскохозяйственных культур на длительно орошаемых землях имеет тенденцию к понижению. Большинство ученых-мелиораторов это связывает с изменением свойств почв под влиянием антропогенных факторов. Одной из причин

понижения урожая сельскохозяйственных культур может быть уменьшение количества доступных растениям микроэлементов в почве. Следует учитывать установленные закономерности которые свидетельствуют о том, что при систематическом внесении азотных удобрений исчезает медь, фосфорных – цинк, а калийных – молибден. В условиях орошения, где вынос микроэлементов достаточно высок, процесс потери их может существенно усиливаться. В то же время количество подвижных микроэлементов может и не изменяться за счет привнесения их с поливной водой и развитием специфических для условий орошения внутрипочвенных процессов (в частности, повышение pH почвенного раствора, изменение концентрации и ионно-солевого состава, разрушение первичных минералов и т.п.). То есть определение закономерностей изменений содержания микроэлементов в почве, параметров его показателей в условиях современного почвообразования является актуальной проблемой аграрной науки в области мелиорации, орошаемого земледелия, экологии и т.д. Поэтому актуальное значение имеют исследования, направленные на установление влияния длительного орошения на содержание микроэлементов и их взаимосвязи с мелиоративным состоянием почвы, определение воздействия отдельных видов удобрений (азотных, фосфорных, калийных) на содержание микроэлементов в почве, изучение содержания микроэлементов при применении различных систем удобрения и гипсования в почвах орошаемых севооборотов, изучить содержание микроэлементов в поливной воде, эффективности применения микроудобрений в условиях орошения на фоне систематического внесения отдельных макроэлементов питания, установление закономерностей изменений содержания микроэлементов в темно-каштановой почве в условиях длительного орошения и систематического внесения удобрений, разработке моделей изменений содержания микроэлементов в орошаемых почвах Северного Причерноморья. Учитывая вышесказанное, можно утверждать, что изучение закономерностей изменений содержания микроэлементов в почве имеет важное научное и практическое значение, особенно при исследовании в системном комплексе факторов, существующих в современном почвообразовании в стационарных полевых опытах в условиях длительного орошения и систематического внесения удобрений. Металлы, содержащиеся в почве, воде и других элементах экосистемы, в процессе эволюции биосферы вовлеклись в биохимические процессы и стали необходимыми участниками важнейших биологических функций, как компоненты протеинов, гормонов и ферментов. Металлы, которые вовлекаются в биохимические процессы и оптимальное содержание которых находится в очень узком диапазоне значений, относятся к микроэлементам. Следует заметить, что дефицит микроэлементов в почве приводит к нарушению физиологических процессов, снижению активности ферментов, отставанию в росте и развитии растений, ослаблению их устойчивости к неблагоприятным условиям внешней среды [21, 22, 23].

Материал и методы исследований. Целью исследований было исследо-

вать взаимозависимости макро- и микроэлементов в системах питательного и водного режима тёмно-каштановых почв, провести моделирование показателей подвижных форм микроэлементов в почвах при длительном орошении с агроэкологическим обоснованием мероприятий сохранения их плодородия в условиях Северного Причерноморья.

Моделирование проведено с использованием методики опытного дела в агрономии [25]. Исходными данными для моделирования были экспериментальные данные плодородия почв стационарных полевых опытах Института орошаемого земледелия [3-8; 15] с определением в тёмно-каштановой почве содержания общих и подвижных микроэлементов (Zn, Cd, Cu, Fe, Pb, Mo).

Минеральные удобрения (аммиачная селитра, суперфосфат, калийная соль) применяли под каждую сельскохозяйственную культуру севооборота. Ежегодное их внесение в среднем составило: азота – 92,3 кг, фосфора – 65,7 кг и калия – 38,6 кг на гектар севооборотной площади. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1. Содержание подвижных элементов питания в тёмно-каштановой почве при систематическом внесении минеральных удобрений, слой почвы 0-30 см

№ п/п	Вариант	Азот, мг/кг почвы (N–NO ₃ +N–NH ₄)	Фосфор, мг/кг почвы (P ₂ O ₅)	Калий, мг/кг почвы (K ₂ O)	Соотношение (N : P)
1	Без удобрений	0,73	1,39	25,6	1 : 1,9
2	N	1,78	1,42	23,3	1 : 0,8
3	NK	1,91	1,53	24,4	1 : 0,8
4	P	0,73	4,70	26,0	1 : 6,4
5	PK	0,75	4,49	28,8	1 : 6,0
6	NP	1,88	4,32	23,8	1 : 2,3
7	NPK	2,04	4,29	28,1	1 : 2,1

Объектом наших исследований была орошаемая тёмно-каштановая почва 7-польного севооборота: люцерна, люцерна, люцерна, озимая пшеница, кукуруза на зерно, кукуруза на силос, озимая пшеница. По вариантам опыта после внесения минеральных удобрений отбирали образцы почвы, в которой стандартными методами определяется содержание подвижных элементов питания растений (нитратный азот – по Грандваль-Ляжу, аммиачный азот – с реактивом Неслера, подвижный фосфор – по Мачигину) и соотношением минерального азота (N – NO + N – NH₄) к подвижному фосфору на основе математических моделей [25].

Результаты и обсуждения. Результаты определения содержания микроэлементов в почве приведены в таблице 2. Доказано, что основным источником микроэлементов для растений является почва, а также с органическими, минеральными удобрениями и микроудобрениями. Длительное применение минеральных и органических удобрений в условиях орошения увеличивает концен-

трацию подвижных форм марганца, цинка, меди и железа в 1,1-1,8 раза.

В то же время, потребление этих элементов растениями (вынос с урожаем) растёт в 1,5-2,5 раза. То есть содержание микроэлементов в почве достаточно динамично и требует постоянного наблюдения для возможностей корректировки доз удобрений путём внесения необходимых микроэлементов с удобрениями или проведения подкормки в период вегетации. В связи с тем, что разница между дефицитом и токсическим уровнем некоторых микроэлементов незначительна, возникает необходимость проведения прогнозирования их динамики под влиянием природных и агротехнических факторов. Поэтому исследования по этому направлению актуальны, имеют важное научное и практическое значение.

Таблица 2. Содержание цинка и меди в темно-каштановой почве при различных соотношениях минерального азота к подвижному, слой почвы 0-30 см

Вариант	Соотноше- ние (N : P) в почве мг/кг почвы	Zn		Cu	
		мг/кг почвы			
		фактическое содержание	расчётное содержание	фактическое содержание	расчётное содержание
Без удобрений	—	1,41	—	0,22	—
N	1 : 0,8	1,62	1,72	0,05	0,02
NK	1 : 0,8	1,58	1,72	0,04	0,02
P	1 : 6,4	1,32	1,29	0,25	0,27
PK	1 : 6,0	1,34	1,30	0,23	0,26
NP	1 : 2,3	1,46	1,49	0,14	0,11
NPK	1 : 2,1	1,40	1,50	0,14	0,10

Микроэлементы принимают участие во всех жизненно важных процессах растений, таких как фотосинтез, дыхание, окислительно-восстановительные процессы, ферментативная деятельность, рост и развитие растений, нуклеиновый и белковый синтез витаминов и ростовых веществ, а также регулируют состояние протоплазмы и поступления ионов. Применение их в земледелии и растениеводстве обеспечивает возможность регулирования уровней урожайности сельскохозяйственных культур, а также качественных показателей растениеводческой продукции, в частности, за счёт повышения содержания белка, углеводов, жиров, витаминов, минеральных элементов и т.п. В то же время микроэлементы проявляют себя как активаторы, ускоряющие биохимические и физиологические процессы или как регуляторы окислительно-восстановительных процессов с активированием ряда ферментов.

Полевыми опытами [2, 7, 11] в разных почвенно-климатических зонах доказано, что под влиянием положительного действия микроэлементов увеличивается устойчивость растений к грибковым и бактериальным болезням, ослабляется давление неблагоприятных условий окружающей среды (дефицит влаги, колебания температуры, засухи и т.д.). Для увеличения вегетативной массы и содержания сухого вещества каждое растение нуждается в определённом количестве элементов питания. Оптимизация питательного режима почвы и повышение эффективности использования удобрений напрямую связаны с обеспечением их необходимым соотношением в почве макро- и микроэлементов. Особо заметно роль микроэлементов возрастает при выращивании сельскохозяйственных культур по интенсивной технологии на орошаемых землях.

Научно обоснованное применение микроудобрений в сельскохозяйственном производстве базируется главным образом на анализе показателей содержания металлов в почве. Доказано, что количество микроэлементов в нем определяет наличие их в растениях, влияет на продуктивность культур и качество продукции. Основным источником микроэлементов для растений является почва, а также поступление их с удобрениями [8, 10, 14]. К одному из важнейших показателей кислотности почвенного раствора, который в равновесии с коллоидами почвы, относят pH почвы. Растворимость большинства микроэлементов питания и потенциально токсических элементов (Cd, Ni, Pb) значительно зависит от величины pH. Для большинства элементов их растворимость увеличивается с увеличением кислотности. Исключение является молибден, доступность которого возрастает при $pH > 7,0$.

Рост органического вещества в почве сопровождается увеличением доступности растениям микроэлементов. Закон агрохимии требует для поддержания плодородия возвращать в почву не только усваиваемые, выносимые урожаем и вымываемые водой элементы, но и усваиваемые элементы, которые «исчезают» вследствие внесения удобрений. То есть, чтобы предотвратить истощение почвы, нужно возвращать в её состав доступные элементы, содержание которых существенно уменьшилось вследствие применения четырёх главных элементов питания - N, P, K, Ca. Речь идёт именно о доступных элементах, а не об общем количестве минеральных веществ в почве. Последняя не меняется, в то время как количество доступных элементов изменяется в значительной степени.

Определение содержания подвижных форм микроэлементов и тяжёлых металлов в почвах, которые орошались 36-39 лет, свидетельствует о том, что при использовании ирригационной воды второго класса (Ингулецкая оросительная система) для пахотного слоя характерной тенденцией является некоторое увеличение концентраций таких металлов, как Cu, Fe, Mn, Ni, Pb и Zn (табл. 3).

Таблица 3. Содержание подвижных форм металлов в темно-каштановой почве при длительном орошении слабо минерализованными водами Ингулецкой оросительной системы (40 лет орошения)

Вариант	Слой почвы, см	Содержание, мг/кг								
		Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Без орошения, без удобрений	0-30	0,17	0,28	0,35	0,21	0,69	14,18	0,15	1,33	0,55
	30-50	0,16	0,15	0,21	0,13	0,38	10,73	0,05	1,10	0,13
	50-70	0,12	0,53	0,42	0,24	1,16	6,93	0,44	1,54	0,11
	70-100	0,17	0,45	0,13	0,42	2,01	6,65	0,51	1,44	0,19
Орошение, без удобрений	0-30	0,14	0,35	0,25	0,30	1,35	17,41	0,27	1,74	1,02
	30-50	0,13	0,31	0,41	0,17	0,28	11,07	0,25	1,31	0,09
	50-70	0,12	0,67	0,32	0,18	0,29	6,24	0,25	2,12	0,17
	70-100	0,22	0,85	0,26	0,29	0,47	8,94	0,41	3,90	0,35
Орошение + NPK	0-30	0,29	0,43	0,68	0,31	1,45	21,23	0,61	1,89	1,22
	30-50	0,13	0,27	0,91	0,28	0,39	12,69	0,07	1,44	0,21
	50-70	0,11	0,46	0,19	0,37	0,81	5,35	0,07	1,77	0,11
	70-100	0,16	0,20	0,11	0,33	0,72	8,61	0,73	2,57	0,13
Фон		0,10	0,5	0,10	0,50	2,00	43,0	1,0	0,50	1,00
ПДК		–	5,0	6,0	3,0	–	50,0	4,0	–	23,0

В большей степени она проявилась для Zn и Fe – их концентрация возрастала в 1,8-1,9 раза. Вместе с тем их подвижность существенно не изменялась (за исключением Fe и Mn).

Исследования профильного распределения подвижных форм металлов в орошаемой почве (без удобрений) позволили выявить, что их распределение в большинстве случаев носит неравномерно-аккумулятивный характер. Наиболее высокая концентрация подвижных форм микроэлементов наблюдалась в пахотном слое (0-30 см) и на глубине 70-100 см, что связано с дополнительным поступлением их с поливной водой и миграцией в более глубокие слои.

Многолетними опытами отечественных учёных доказано, что внесение удобрений в орошаемую темно-каштановую почву Ингулецкого оросительного массива вызвало тенденцию к увеличению содержания подвижных форм всех металлов. Рост их количества проходил главным образом в верхнем слое почвы. При этом сумма тяжёлых металлов повышалась в 1,1-1,2 раза по сравнению с орошаемой почвой без применения удобрений.

При использовании поливной воды с более высоким качеством (вода реки Днепр) в многолетней динамике наблюдался некоторый рост средних концентраций подвижных форм микроэлементов, но их количество слабо отличалось от фоновых значений и от содержания в орошаемых аналогах.

В пахотном слое темно-каштановых почв, орошаемых водой реки Днепр, содержание подвижных форм Zn (по шкале И.Г. Важенина) соответствовало низкой обеспеченности растений, Co – средний, а Cu и Mn – колебалось от низкой до средней.

Исследования влияния химической мелиорации солончатых орошаемых почв свидетельствуют о том, что внесение фосфогипса в прямом действии способствовало росту в почве подвижных форм железа и свинца и уменьшению цинка и меди. По суммарному влиянию (прямое действие + последствие) при применении фосфогипса в орошаемом севообороте содержание подвижных форм цинка существенно не изменялось, а меди имел тенденцию к росту по сравнению с немелиорированной почвой. При этом подвижность микроэлементов не изменялась, а железа и свинца росла в 3,0 и 1,6 раза, соответственно. Долгое применение минеральных и органических удобрений в условиях орошения, существенно не влияя на валовое содержание металлов, вызвало тенденцию к повышению концентраций подвижных Cu, Mn, Co, Zn и Cd в 1,1-1,8 раза.

Вышеуказанные тенденции относительно стабильного валового содержания микроэлементов свидетельствуют, что на содержание их подвижных форм больше влияют изменения состояния почв и процессов при орошении и применении удобрений, чем дополнительное поступление металлов с оросительной водой.

Почвенные процессы темно-каштановых почв характеризуются формированием нового квазиравновесного состояния физических, химических и физико-химических свойств. При этом в почвообразовании доминирует гумусово-аккумулятивный процесс, на который под влиянием роста щёлочности и трансформации ионно-солевого состава почвенного раствора дополнительно действовали элементы процесса осолонцевания. Превращение минеральной компоненты почв при орошении существенно повлияло на содержание и подвижность не только макро-, а также и микроэлементов. Как уже отмечалось выше, с помощью агрохимических закономерностей и известных показателей почвы (рН, содержание макро- и микроэлементов, гумус, ионно-солевой состав и т.д.) можно прогнозировать динамику изменений содержания подвижных форм микроэлементов. При орошении ограниченно подходящими водами (по содержанию тяжёлых металлов, 2 класс) возможно увеличение средних концентраций подвижных форм Cu, Co, Zn и Cd. Рост содержания концентраций подвижных форм металлов по сравнению с валовым содержанием повышает подвижность микроэлементов и усиливает поступление их в растения.

При орошении качественными водами (1 класс, вода из реки Днепр) будет наблюдаться тенденция повышения средних концентраций подвижных форм основных микроэлементов, что обусловлено изменением ионно-солевого состава почвенного раствора и переходом существующих резервов в более подвижные формы под влиянием изменений физико-химических свойств. Но подвижность металлов не будет отличаться от неорошаемых аналогов. С учётом усиленной трансформации (водной и биологической) из пахотного слоя будет складываться отрицательный баланс марганца, цинка и меди.

На орошаемых солонцеватых почвах после химической их мелиорации (гипсования) содержание отдельных металлов растёт (в зависимости от загрязнения мелиоранта тяжёлыми металлами). Однако подвижность подавляюще-

го большинства микроэлементов в орошаемых почвах снижается, что требует их дополнительного внесения в почву, в частности, таких микроэлементов как бор, цинк, медь, для повышения производительности орошения как на локальном уровне поля, так и в глобальном смысле.

Систематическое применение минеральных удобрений, существенно не влияя на валовое содержание микроэлементов, влечёт за собой тенденцию к снижению подвижности цинка и меди. Внесение азотных удобрений снижает содержание в пахотном слое подвижных форм меди, а фосфорных – цинка. Применение минеральных удобрений изменяет в почве, в первую очередь соотношение макроэлементов. На этой основе разработаны зависимости между соотношением содержания минерального азота ($N-NH_4 + N-NO_3$) к подвижному фосфору (P_2O_5) в пахотном слое орошаемого темно-каштановой почвы и фактического содержания подвижных микроэлементов.

Наиболее предпочтительным типом при установлении криволинейных связей является решение системы нормальных уравнений с целью получения суммы наименьших квадратов отклонений фактических данных от рассчитанных уравнением второго порядка.

С помощью статистического моделирования установлена взаимозависимость между соотношением содержания минерального азота к подвижному фосфору в почве и фактическим содержанием подвижных микроэлементов (рис. 1), которая описывается формулой полиномиальной регрессии второго порядка. Для цинка такая зависимость определяется по формуле (1):

$$Y = 1,6677X^{0,1387}, \quad (1)$$

где Y – расчётное (прогнозируемое) содержание подвижного цинка в почве, мг/кг;

X – соотношение содержания минерального азота к подвижному фосфору ($N:P$) в почве

Характерным признаком для криволинейной связи существующего в большинстве случаев статистического анализа является равномерное изменение одного любого признака относительно другого. Следует заметить, что в агрохимических исследованиях почти всегда за равномерным изменением значения одного изучаемого признака имеет место его рост или, наоборот, уменьшение показателей другого. Поэтому в таких случаях связь носит криволинейный (нелинейный) характер.

Полученная зависимость имеет высокую степень связи, поскольку коэффициент детерминации (R^2) равен 0,9487, т.е. содержания минерального азота в фосфор ($N:P$).

Для меди уравнение имеет вид криволинейной регрессии второго порядка (рис. 2), отображаемого формулой (2):

$$Y = -0,0038X^2 + 0,0719X - 0,0314, \quad (2)$$

где Y – расчётное (прогнозируемое) содержание меди в почве, мг/кг;

X – соотношение содержания минерального азота к подвижному фосфору ($N:P$) в почве

Полученная зависимость имеет высокую степень связи, поскольку коэффициент детерминации (R^2) равен 0,9404, т.е. содержания минерального азота в фосфор (N : P). Экспериментальными данными доказано, что при систематическом внесении минеральных удобрений несовпадение фактического содержания подвижных цинка и меди с рассчитанным (прогнозируемым) их содержанием находится в пределах 5-8%.

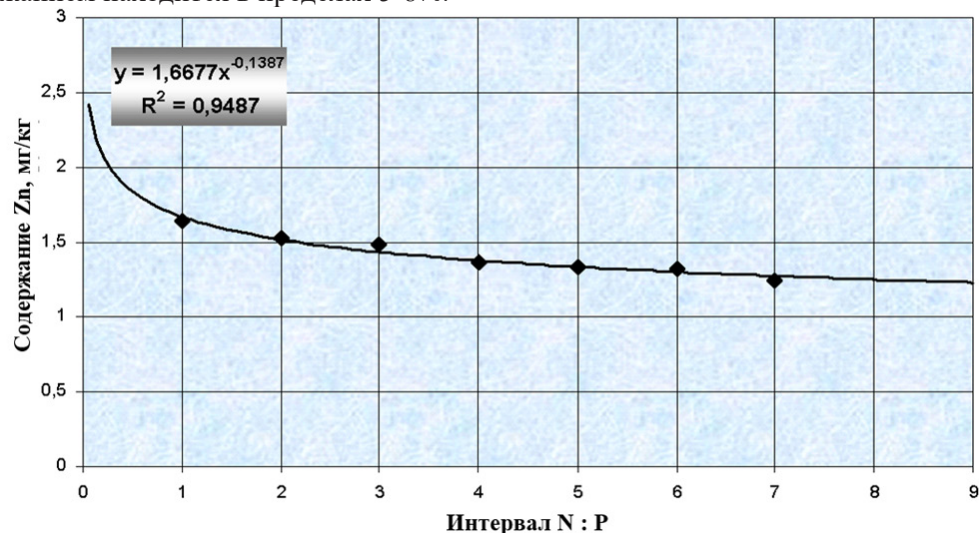


Рисунок 1. Математическая модель содержания цинка в зависимости от соотношения азота и фосфора

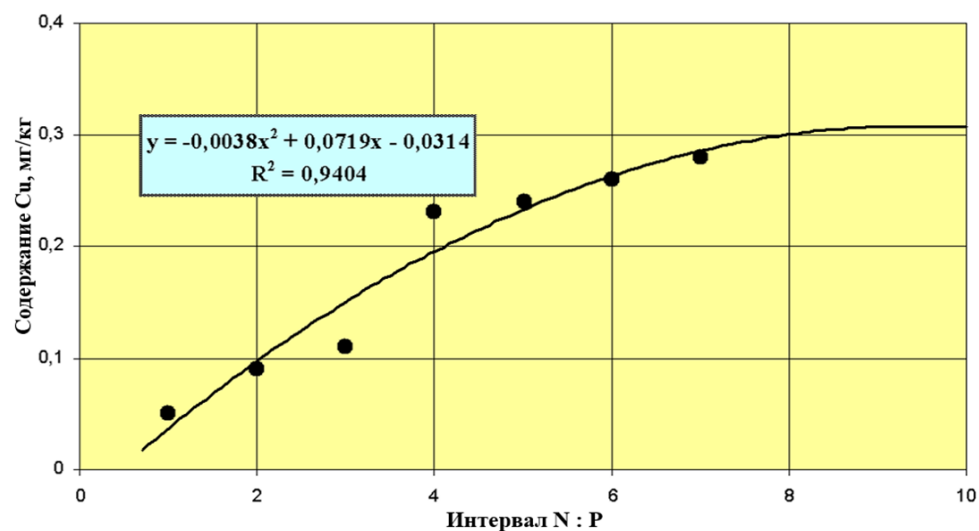


Рисунок 2. Корреляционно-регрессионная зависимость между содержанием меди и соотношением азота и фосфора

Предложенный способ позволяет определить расчётное содержание цинка и меди в почве с достаточно высокой точностью и может быть использован при планировании использования этих микроудобрений на орошаемых землях. Периодическое внесение на орошаемых землях органических удобрений (навоза и др.) из расчёта 14-16 т/га севооборотной площади способствует формированию положительного баланса в почве подвижных форм микроэлементов. Дополнительное внесение их – нецелесообразно.

Выводы. Для решения проблем рационального использования в земледелии водных и других ресурсов после разрушения Каховской ГЭС и прекращения подачи воды в оросительные системы Северного Причерноморья необходимо сконцентрироваться на выполнении следующих стратегических направлений: разработать и внедрить мероприятия по улучшению влагообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур за счёт применения водосберегающих способов основной обработки почвы; оптимизировать структуру посевных площадей, севооборотов, систем удобрения и защиты растений; разработать адаптивные режимы орошения к конкретным полям и севооборотам на основе учёта расхода воды культурами и испарения.

Смоделированный баланс основных микроэлементов в орошаемых почвах свидетельствует о том, что главной статьёй их поступлений выступают органические удобрения. Приходные статьи по уровню значимости в общем балансе создают такую взаимосвязанную систему: «органические удобрения – осадки – поливная вода – минеральные удобрения». В целом же длительное применение минеральных и органических удобрений в условиях орошения, существенно не влияет на валовое содержание микроэлементов, но влечёт за собой некоторую тенденцию повышения концентраций их подвижных форм отдельных микроэлементов и существенно не улучшает обеспеченность растений ими. Доступность микроэлементов растениям, риск их фитотоксичности зависит от физических, химических и биологических свойств почв.

В результате моделирования установлены взаимосвязи между фоном питания и содержанием микроэлементов в почве, исследовано влияние на их подвижность почвообразующих процессов. Прогноз изменений содержания микроэлементов, проведённый на основе многолетнего мониторинга орошаемых земель Северного Причерноморья, позволил выявить тесную корреляционно-регрессионную связь между интервальным соотношением азота к фосфору и содержанием цинка и меди. Доказано, что азотные и фосфорные удобрения имеют проявляют математические закономерности в отношении меди и цинка. Они способны стабилизировать эти сплавы в виде комплексных соединений. Азотные удобрения способны вызвать снижение усваиваемой меди, а фосфорные – цинка. Для цинка и для меди рассчитаны уравнение криволинейной регрессии второго порядка, которое характеризуется высокой степенью связи коэффициентами детерминации (R^2) 0,9487 и 0,9487, соответственно. Калийные удобрения приводят к снижению содержания бора в почве. Проведённое

моделирование свидетельствует об опасности загрязнения орошаемых земель тяжёлыми металлами и подчёркивает необходимость оперативного реагирования на дефицит микроэлементов для растений в целях балансовой оптимизации питательного режима почвы для сохранения её плодородия и обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственной отрасли.

Список использованных источников:

1. Василько, В. П. Влияние севооборотов различного типа на гумусное состояние агроландшафтов / В. П. Василько, Л. О. Великанова, Е. С. Бойко // Приоритетные направления инновационного развития сельского хозяйства : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Нальчик, 22 октября 2020 года. Том II. – Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Коква", 2020. – С. 28-31.

2. Коковихин, С. В. Агрометеорологическое обоснование климатической оптимизации агротехнологий основных культур на территории Донецко-Донского северо-степного края / С. В. Коковихин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 30(193). – С. 89-97.

3. Эффективность обработки чернозема выщелоченного на агрофизические показатели и урожайность зерна кукурузы в центральной зоне Краснодарского края / А. Н. Матирный, А. А. Макаренко, Н. И. Бардак, Т. В. Логойда // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 101-106.

4. Statistical yielding models of some irrigated vegetable crops in dependence on water use and heat supply / R. Vozhehova,

References:

1. Vasilko, V. P. The influence of crop rotations of various types on the humus state of agricultural landscapes / V. P. Vasilko, L. O. Velikanova, E. S. Boyko // Priority directions of innovative development of agriculture: materials of the All-Russian scientific and practical conference, Nalchik, October 22, 2020. Volume II. – Nalchik: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov", 2020. – P. 28-31.

2. Kokovikhin, S. V. Agrometeorological justification for climate optimization of agricultural technologies of main crops on the territory of the Donetsk-Don north-steppe region / S. V. Kokovikhin // News of Agricultural Science of Taurida. – 2022. – No. 30(193). – pp. 89-97.

3. The effectiveness of processing leached chernozem on agrophysical indicators and corn grain yield in the central zone of the Krasnodar region / A. N. Matirny, A. A. Makarenko, N. I. Bardak, T. V. Logoyda // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2018. – No. 74. – P. 101-106.

4. Statistical yielding models of some irrigated vegetable crops in dependence on water use and heat supply / R. Vozhekhova, S. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Journal of Water and Land Development. – 2020. – Vol. 45. – P. 190-197.

S. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Journal of Water and Land Development. – 2020. – Vol. 45. – P. 190-197.

5. The cultivation of Sorghum Bicolor using no-till technology and a complex biological substance / T. N. Melnichuk, A. M. Izotov, E. N. Turin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, 18–19 апреля 2019 года. Vol. 341. – Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012084.

6. Адамень, Ф. Ф. Индексный анализ и моделирование продуктивности полевых культур в зависимости от уровней природного и искусственного увлажнения при выращивании в орошаемых условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 34(197). – С. 58-70.

7. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: Possible problems and ways of their solving in the South Steppe Zone of Ukraine / R. A. Vozhehova, S. V. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 331-340.

8. Вожегова, Р. А. Агромелиоративное обоснование севооборотов на неполивных и орошаемых землях Южной степи Украины / Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин // Стратегические направления развития АПК стран СНГ : материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах, Барнаул, 27–28 февраля 2017 года. Том 2. – Бар-

5. The cultivation of Sorghum Bicolor using no-till technology and a complex biological substance / T. N. Melnichuk, A. M. Izotov, E. N. Turin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The proceedings of the conference AgroCON-2019 , Kurgan, April 18–19, 2019. Vol. 341. – Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012084.

6. Adamen, F. F. Index analysis and modeling of the productivity of field crops depending on the levels of natural and artificial moisture when grown in irrigated conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. – 2023. – No. 34(197). – P. 58-70.

7. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: Possible problems and ways of solving them in the South Steppe Zone of Ukraine / R. A. Vozhekhova, S. V. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 331-340.

8. Vozhegova, R. A. Agromeliorative justification of crop rotations on non-irrigated and irrigated lands of the Southern steppe of Ukraine / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International scientific -practical conference: in three volumes, Barnaul, February 27–28, 2017. Volume 2. – Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2017. – P. 235-237.

наул: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 235-237.

9. Изотов, А. М. Адаптивное управление сроком сева и нормой высева озимой пшеницы в Крыму / А. М. Изотов // Образование, наука и производство. – 2014. – № 2(7). – С. 94-97.

10. Адамень, Ф. Ф. Математическое моделирование продуктивности орошаемой озимой пшеницы в зависимости от влияния метеорологических факторов в условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 6-16.

11. Загорулько, А. В. Формирование продуктивности кукурузы на зерно под влиянием подкормок азотными удобрениями и микроэлементами / А. В. Загорулько, А. А. Макаренко // Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий : Сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 05–09 июня 2023 года / Отв. за выпуск А.Г. Максименко. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 134-136.

12. Базалий, В. В. Статистическая оценка продуктивности озимой пшеницы в зависимости от гидротермических факторов в условиях орошения юга Украины / В. В. Базалий, Ю. А. Лавриненко, С. В. Коковихин // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2011. – № 75-1. – С. 20-32.

13. Изотов, А. М. Элементы плодородия и урожайность озимой пшени-

9. Izotov, A. M. Adaptive control of sowing time and seeding rate of winter wheat in Crimea / A. M. Izotov // Education, science and production. – 2014. – No. 2(7). – pp. 94-97.

10. Adamen, F. F. Mathematical modeling of the productivity of irrigated winter wheat depending on the influence of meteorological factors in the conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of Agricultural Science of Tavrida. – 2023. – No. 33(196). – P. 6-16.

11. Zagorulko, A. V. Formation of corn productivity for grain under the influence of fertilizing with nitrogen fertilizers and microelements / A. V. Zagorulko, A. A. Makarenko // Ecology and environmental management: sustainable development of rural areas: Collection of articles based on materials of the III All-Russian scientific-practical conference, Krasnodar, June 05–09, 2023 / Rep. for the release of A.G. Maksimenko. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2023. – pp. 134-136.

12. Bazaliy, V.V. Statistical assessment of the productivity of winter wheat depending on hydrothermal factors in the conditions of irrigation in the south of Ukraine / V.V. Bazaliy, Yu.A. Lavrinenko, S.V. Kokovikhin // Collection of scientific works of the Uman National University of Gardening . – 2011. – No. 75-1. – P. 20-32.

13. Izotov, A. M. Elements of fertility and yield of winter wheat in connection with the electrical resistivity of the soil / A. M. Izotov, B. A. Tarasenko, D. P. Dudarev // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. – 2015. – No.

цы в связи с удельным электрическим сопротивлением почвы / А. М. Изотов, Б. А. Тарасенко, Д. П. Дударев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5(55). – С. 35-38.

14. Ничипуренко, Е. Н. Влияние системы удобрений на фоне отвальной обработки на продуктивность озимой пшеницы на мочарных почвах центральной зоны Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, В. П. Василько // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса : Сборник статей по итогам международной научно-практической конференции, Саратов, 16–22 июля 2019 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2019. – С. 415-417.

15. Коковихин, С. В. Влияние агрометеорологических условий на продуктивность растений сельскохозяйственных культур в условиях Юга Украины / С. В. Коковихин, В. В. Нестерчук, Т. А. Гречишкина // Стратегические направления развития АПК стран СНГ : материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах, Барнаул, 27–28 февраля 2017 года. Том 2. – Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 257-259.

16. Corona discharge influence on winter wheat and winter barley seeds infected by fungal disease / V. L. Bychkov, V. A. Chernikov, K. I. Deshko [et al.] // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2021. – Vol. 49, No. 3. – P. 1034-1040.

17. Коковихин, С. В. Влияние изменений климата и погодных условий на

5(55). – pp. 35-38.

14. Nichipurenko, E. N. The influence of the fertilizer system against the background of moldboard cultivation on the productivity of winter wheat on mochar soils in the central zone of the Krasnodar region / E. N. Nichipurenko, V. P. Vasilko // Modern problems and prospects for the development of the agro-industrial complex: Collection of articles following the results of the international scientific and practical conference, Saratov, July 16–22, 2019. – Saratov: Limited Liability Company "Amirit", 2019. – P. 415-417.

15. Kokovikhin, S. V. The influence of agrometeorological conditions on the productivity of agricultural crops in the conditions of the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. V. Nesterchuk, T. A. Grechishkina // Strategic directions development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International Scientific and Practical Conference: in three volumes, Barnaul, February 27–28, 2017. Volume 2. – Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2017. – P. 257-259.

16. Corona discharge influence on winter wheat and winter barley seeds infected by fungal disease / V. L. Bychkov, V. A. Chernikov, K. I. Deshko [et al.] // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2021. – Vol. 49, No. 3. – P. 1034-1040.

17. Kokovikhin, S. V. The influence of climate changes and weather conditions on the yield of winter wheat in the central zone of the Krasnodar Territory / S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the

урожайность озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / С. В. Коковихин, Е. С. Бойко, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 106. – С. 104-115.

18. Затолокина, Ю. А. Влияние некорневых подкормок на урожайность зерна озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Ю. А. Затолокина, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 866-867.

19. Николаев, Е. В. Адаптивные технологии – основное направление развития растениеводства / Е. В. Николаев, А. М. Изотов, Б. А. Тарасенко // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2012. – № 149. – С. 5-13.

20. Макаренко, А. А. Моделирование и оптимизация режима орошения полевых культур на уровне севооборотов и полей с учётом метеорологических факторов / А. А. Макаренко, С. В. Коковихин, Е. С. Бойко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 191. – С. 238-253.

21. Матирный, А. Н. Влияние раз-

Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 106. – P. 104-115.

18. Zatolokina, Yu. A. The influence of foliar fertilizing on the grain yield of winter wheat in the conditions of the central zone of the Краснодар Territory / Yu. A. Zatolokina, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles on materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists, dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26–30, 2016 / Rep. per issue A. G. Koshchayev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 866-867.

19. Nikolaev, E. V. Adaptive technologies - the main direction of development of crop production / E. V. Nikolaev, A. M. Izotov, B. A. Tarasenko // Scientific works of the Southern Branch of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine "Crimean Agrotechnological University". Series: Agricultural Sciences. – 2012. – No. 149. – P. 5-13.

20. Makarenko, A. A. Modeling and optimization of the irrigation regime of field crops at the level of crop rotations and fields, taking into account meteorological factors / A. A. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 191. – P. 238-253.

21. Matirny, A. N. The influence of various tillage systems on the weediness of corn crops for grain in the conditions of Western Ciscaucasia / A. N. Matirny, T. V. Logoyda, A. A. Makarenko // Agrotechnical method of protecting plants from harmful organisms : Materials

личных систем обработки почвы на За-сорённость посевов кукурузы на зерно в условиях Западного Предкавказья / А. Н. Матирный, Т. В. Логойда, А. А. Макаренко // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : Материалы VIII международной научно-практической конференции, посвящается 95-летию Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар, 19–23 июня 2017 года / ответственный редактор Замотайлов А.С.. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 280-282.

22. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.

23. Нодиров, Н. Ф. Воздействие технологии выращивания сельскохозяйственных культур на содержания гумуса в подпахотном слое / Н. Ф. Нодиров, Т. Д. Федорова, Е. Н. Ничипуренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. В 3-х частях, Краснодар, 01 марта 2022 года / Отв. за выпуск А.Г. Кощаев. Том Часть 1. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 129-131.

24. Оптимизация агротехнологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях с использованием информационных технологий / С. В. Коковихин, И. А. Биднина, В. А. Шарий [и др.] // Почвоведение и агрохи-

of the VIII international scientific and practical conference, dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar, June 19–23, 2017 / executive editor Zamotailov A.S. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 280-282.

22. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.

23. Nodirov, N. F. Impact of technology for growing agricultural crops on the humus content in the subsoil layer / N. F. Nodirov, T. D. Fedorova, E. N. Nichipurenko // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on materials 77- th scientific and practical conference of students based on the results of research for 2021. In 3 parts, Krasnodar, March 01, 2022 / Rep. for the release of A.G. Koshchayev. Volume Part 1. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2022. – P. 129-131.

24. Optimization of the agrotechnological process of cultivating agricultural crops on irrigated lands using information technologies / S. V. Kokovikhin, I. A. Bidnina, V. A. Shariy [et al.] // Soil Science and Agrochemistry. – 2020. – No. 2(65). – P. 63-71.

25. Ushkarenko V.A., Lazarev N.N., Goloborodko S.P., Kokovikhin S.V. Dispersion and correlation analysis in plant growing and grassland farming: monograph. – M.: Publishing house. RGAU - Moscow Agricultural Academy named after. K.A. Timiryazeva, 2011. – 336 p.

мия. – 2020. – № 2(65). – С. 63-71.

25. Ушкаренко В.А., Лазарев Н.Н., Голобородько С.П., Коковихин С.В. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография. – М.: Изд. РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – 336 с.

Сведения об авторах:

Ольга Владимировна Макуха – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой ботаники и защиты растений Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Херсонский аграрный университет», e-mail: olgaovm19@gmail.com, 73006, г. Херсон, ул. Розы Люксембург, 23.

Александр Алексеевич Макаренко – кандидат сельскохозяйственных наук, декан факультета агрономии и экологии, доцент кафедры общего и орошаемого земледелия Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Лариса Олеговна Великанова – кандидат экономических наук, профессор, доцент кафедры информационных систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: velikanova@

Information about the authors:

Olga Vladimirovna Makukha - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Manager of the Department of Botany and Plant Protection, State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kherson Agrarian University», e-mail: olgaovm19@gmail.com, 73006, Kherson, Rosa Luxemburg str, 23.

Alexander Alekseevich Makarenko - Candidate of Agricultural Sciences, Dean of the Faculty of Agronomy and Ecology, Associate Professor of the Department of General and Irrigated Agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

Larisa Olegovna Velikanova – Candidate of Economic Sciences, Professor, Associate Professor of the Department of Information Systems of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", e-mail: velikanova@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Валентина Павловна Василько – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры общего и орошаемого земледелия Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Елена Сергеевна Бойко – старший преподаватель кафедры общего и орошаемого земледелия Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Valentina Pavlovna Vasilko – Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of General and Irrigated Agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin"

Elena Sergeevna Boyko – senior lecturer of the department of general and irrigated agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

УДК: 633.174:631.527+631.671.3

**ОЦЕНКА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ
ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ
ОБРАЗЦОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО
МЕТОДОМ ПРОРАЩИВАНИЯ
СЕМЯН В РАСТВОРЕ САХАРОЗЫ****EVALUATION OF THE RELATIVE
DROUGHT RESISTANCE OF
GRAIN SORGHUM SAMPLES
BY GERMINATION OF SEEDS IN
SUCROSE SOLUTION****Кибальник О.П.**, канд. биол. наук, главный научный сотрудник;**Ефремова И.Г.**, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Российский научноисследовательский и проектнотехнологический институт сорго и кукурузы» «Россорго».**Kibalnik O.P.**, Candidate of Biological Sciences, Chief Researcher;**Efremova I.G.**, Candidate of Agricultural Sciences, Leader FBSBI "Researcher Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn"

Проведены исследования по выделению исходного материала для дальнейшей селекции на повышение стрессоустойчивости в условиях смоделированной засухи. Оценка влияния различного осмотического давления раствора сахарозы (от 6 до 18 атм.) на характер развития первичных проростков и корешков изученных образцов зернового сорго позволила установить определенные закономерности при проращивании семян. Раствор сахарозы с осмотическим давлением в 12 атмосфер оказал пороговое влияние на характер формирования, развития проростков и корешков: дальнейший рост гипертонического давления осмотика до 18 атмосфер приостановил развитие органов под воздействием изменений условий среды. В среднем за 2022-2023 гг. к числу высокоустойчивых по индексу длины корня ($ИДК=0,78$) отнесен сорт РСК Коралл; устойчивых – сорта РСК Кахолонг, Пищевое 614, РСК Инфинити, линии Л-50/14 и Л-251/14.

Ключевые слова: зерновое сорго,

Studies have been conducted to isolate the source material for further breeding to increase stress resistance in conditions of simulated drought. Assessment of the effect of different osmotic pressure of sucrose solution (from 6 to 18 atm.) the nature of the development of primary seedlings and roots of the studied samples of grain sorghum allowed us to establish certain patterns during seed germination. Sucrose solution with osmotic pressure of 12 atmospheres had a threshold effect on the nature of formation, development of seedlings and roots: a further increase in hypertensive osmotic pressure to 18 atmospheres suspended the development of organs under the influence of changes in environmental conditions. On average, in 2022-2023, the RSK Koral variety was classified as highly resistant according to the Root Length Index ($RLI=0.78$); the resistant varieties were RSK Kaholong, Pischevovoe 614, RSK Infiniti, lines L-50/14 and L-251/14/

Keywords: grain sorghum, drought

засухоустойчивость, проращивание *resistance, seed germination, sucrose, семян, сахаразы, концентрация осмо- osmotic concen-tration, root length тика, индекс длины корешка. index.*

Введение. В современной селекции сельскохозяйственных культур особое внимание уделяется стрессоустойчивости генотипов к абиотическим факторам. В настоящее время данная проблема связана с глобальными изменениями климата, которые сопровождаются частой засухой и выпадением малого количества осадков. Засухоустойчивость – это способность растения в условиях засухи с наименьшим ущербом осуществлять рост, развитие и воспроизведение. Способность генотипа адаптироваться к изменчивости факторов внешней среды – важнейший элемент характеристики общебиологических свойств растений [1]. В широком смысле засухоустойчивость определяется как способность сорта формировать более высокую продуктивность по сравнению с другими в условиях дефицита влаги [2]. Селекция засухоустойчивых сортов является сложной задачей, которая связана с многолетними полевыми исследованиями в разные по климатическим условиям годы.

В настоящее время в помощь селекционерам для изучения и повышения засухоустойчивости новых сортов большую ценность представляют лабораторные методы ранней диагностики на семенах и проростках, оценка которых может проводиться круглый год и вовлекать в анализы большое количество селекционного материала. Из них перспективен простой метод диагностики, пригодный для массового первичного отбора засухоустойчивых образцов, основанный на определении роста проростков в растворах осмотиков, имитирующих недостаток влаги [3]. Растворы сахарозы, имитирующие засуху в лабораторных условиях, используются в разных концентрациях и подбираются экспериментальным путем. В литературе известны исследовательские работы по ряду полевых культур, посвященные определению лабораторной засухоустойчивости путем проращивания семян в растворах сахарозы и использованию полученной оценки в селекционном процессе на повышение устойчивости к засухе [4]. Этот метод апробирован на таких культурах как озимая рожь [4], озимая пшеница [5], ячмень [6, 7], лен [8], соя [9], горох [10; 11]. Традиционно в исследованиях засухоустойчивости экспрессметодом в качестве осмотиков используют растворы сахарозы, связывающие воду при росте зародышевых корешков и ростков [10]. Научных сведений по данному направлению исследований по сорговым культурам недостаточно, в связи с этим анализ интенсивности развития проростков и первичных корешков образцов зернового сорго в лабораторном методе проращивания семян в растворах сахарозы разных концентраций для оценки степени засухоустойчивости является актуальным.

Цель исследований: провести диагностику образцов зернового сорго в смоделированных к засухе условиях с использованием возрастающих концентраций раствора сахарозы для использования в селекции на повышение устойчивости к засушливым явлениям.

Задачи исследований: анализ длины проростков и первичных корешков образцов сор-го при проращивании в растворах сахарозы возрастающих концентраций (6-18 атм.); определение оптимальной концентрации раствора сахарозы для оценки засухоустойчивости сорго; определение индекса длины корешка образцов сорго; выделение наиболее устойчивых образцов сорго по комплексу изученных показателей.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований служили сорта и линии зернового сорго (всего 11) селекции ФГБНУ РосНИИСК «Рос-сорго» – сорта Магистр, РСК Кахолонг, РСК Коралл, Пищевое 614, Кремовое, Принц, Кулон, линии РСК Инфинити, Л-65/14, Л-50/14, Л-251/14.

Оценку засухоустойчивости зернового сорго проводили согласно методике проращивания семян в растворе сахарозы различной концентрации [3]. Семена изучаемых культур закладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу по 50 штук в трехкратной повторности и проращивали на дистиллированной воде в термостате ТСО-200 СПУ при температуре 25°C. Для проведения исследований использовали 50 штук трехсуточных проростков. Контрольную группу проростков оставляли на дистиллированной воде, опытную переносили на водный раствор сахарозы: в каждую чашку Петри добавляли по 5 мл раствора $C_{12}H_{22}O_{11}$ или H_2O в зависимости от условий опыта. При моделировании осмотического стресса испытывали различные концентрации сахарозы: 8,3% (6 атм.), 12,4% (9 атм.), 16,5% (12 атм.), 20,7% (15 атм.), 24,8% (18 атмосфер). Проростки экспонировали при оптимальной температуре 25 °C в течение 4-х суток в термостате. У семисуточных проростков определяли длину проростков и корешков для оценки влияния различных концентраций препарата на повышение устойчивости изучаемых культур к осмотическому стрессу.

Анализ устойчивости к осмотическому стрессу образцов сорго проведен с использованием индекса длины корешков (ИДК) – величина отношения длины корешков у проростков, выращенных на провокационном фоне (засоление, засуха, низкая температура) к контрольным значениям. Данный индекс позволяет учесть степень замедления роста корней растений, подвергнутых стрессорным воздействиям. Согласно значениям индекса выделяют три группы образцов: высокоустойчивые (ИДК > 0,8), устойчивые (ИДК=0,60-0,80) и среднеустойчивые (ИДК=0,40-0,59) к осмотическому стрессу [10].

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена с помощью программ «AGROS 2.09» методом дисперсионного многофакторного анализа [12].

Результаты и обсуждение. Проблема засухоустойчивости растений является актуальной для многих регионов нашей страны с аридным климатом. Образцы, способные прорасти в условиях осмотического стресса и формирующие мощную первичную корневую систему, в дальнейшем могут быть более засухоустойчивыми в естественных полевых условиях. Правильно подобранная концентрация осмотика позволит получить более точное представление об относительной засухоустойчивости генотипа.

В этой связи в лабораторных условиях проведено испытание по проращиванию семян 11 образцов сорго в течение 2022-2023 гг. Экспериментальные данные по рассматриваемым признакам подвергались статистической обработке методом многофакторного дисперсионного анализа, где в качестве фактора А рассматривается генотип, фактора В – вариант опыта, фактора С – условия года. Дисперсионным анализом установлено достоверное влияние генотипического фактора, условий проведения опытов и взаимодействия изучаемых факторов на длину проростка. У образцов сорго обнаружены достоверные различия по длине проростков, варьирующие в среднем по опыту от 3,5 см (Принц) до 5,3 см (Магистр) (Рис. 1).

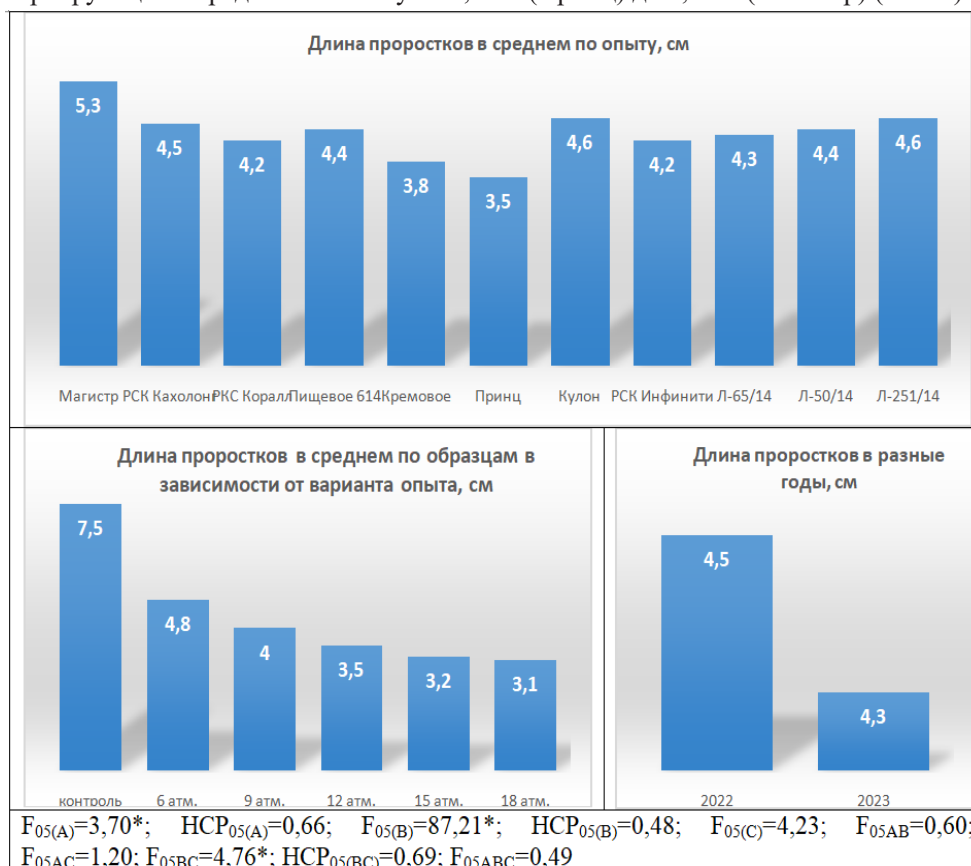


Рисунок 1. Длина проростков образцов зернового сорго в зависимости от осмотического давления сахарозы, среднее за 2022-2023 гг. Данные, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

Выявлены сорта и линии, формирующие в среднем по опыту проростки наибольшей длины, превосходящей другие образцы. К таким отнесены сорта Магистр (5,3 см), Кулон (4,6 см), линия Л-251/14 (4,6 см). Длина проростков в среднем по образцам существенно снижалась при увеличении осмотического

давления сахарозы по сравнению с контрольным вариантом – 7,5 см. Достоверное уменьшение длины проростков наблюдалось при проращивании семян в растворах сахарозы с осмотическим давлением 6-12 атм. (4,8-3,5 см, соответственно). Дальнейшее повышение осмотического давления сахарозы до 15-18 атм. не привело к значимому снижению длины проростков (соответственно 3,2 и 3,1 см).

Средовый фактор на данный признак значимого влияния не оказал ($F_{05} < F_{\text{теор.}}$). По длине проростков в среднем по опыту и в зависимости от вариантов опыта не обнаружено различий в разные годы: 4,5 см в опыте 2022 года, 4,3 см – в 2023 году.

Длина корешков образцов зернового сорго в среднем по опыту варьировала от 2,2 см (сорт Кулон) до 5,6 см (сорта Магистр и Пищевое 614) (Рис. 2). Большинство образцов (всего 9) сформировали корешки длиной 4,5-5,6 см. Сорт Кулон и селекционная линия Л-65/14 отличились с небольшой длиной корешков – 2,2-3,4 см, соответственно.

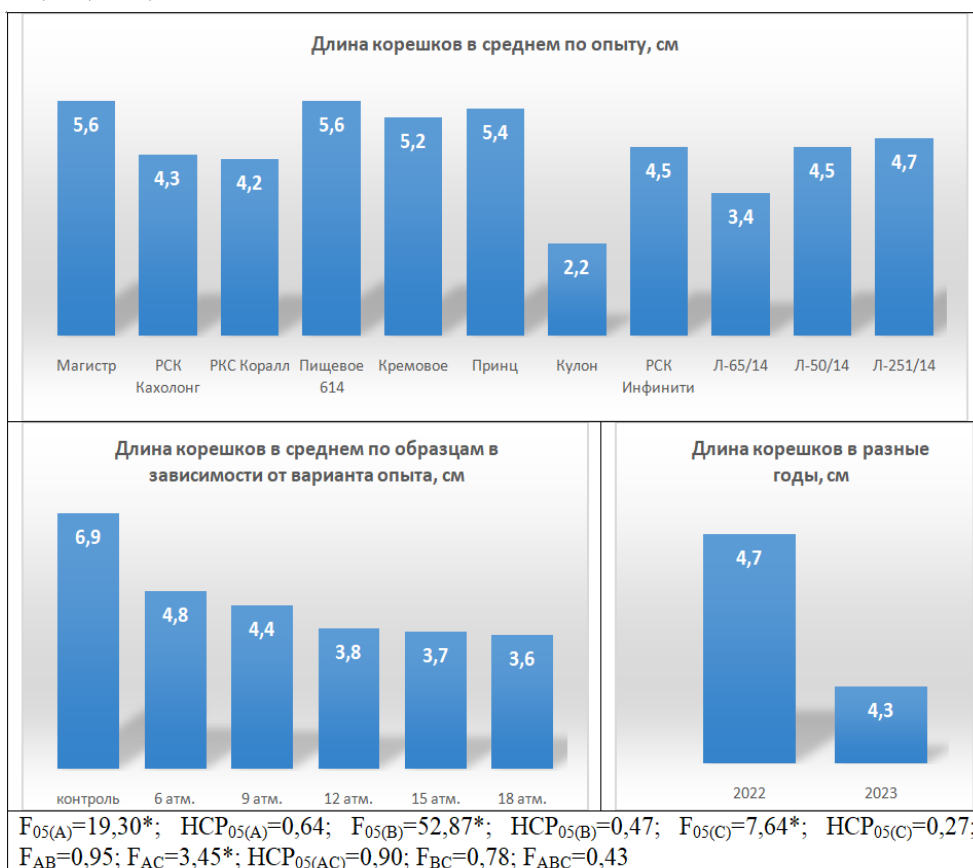


Рисунок 2 – Длина корешков образцов зернового сорго в зависимости от осмотического давления сахарозы, среднее за 2022-2023 гг. Данные, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

Выявлено уменьшение длины корешков в среднем по образцам при проращивании семян в осмотических растворах с возрастающим осмотическим давлением сахарозы, кото-рая составила: в контрольном варианте – 6,9 см, при 6 атм. сахарозы – 4,8 см, при 9 атм. – 4,4 см, при проращивании семян в растворе сахарозы с осмотическим давлением 12 атм. – 3,8 см. Дальнейшее повышение концентрации сахарозы до 15-18 атм. не привело к существенному изменению средней длины корешков – 3,7 и 3,6 см, соответственно. По длине корешков выявлено достоверное влияние среднего фактора: в среднем по опыту 2022 года показатель составил 4,7 см, в 2023 году средняя длина корешков оказалась существенно ниже – 4,3 см.

Проведены исследования по определению групп устойчивости образцов к осмотическому стрессу по показателю ИДК – индекс длины корня [10]. Результаты исследований обработаны двухфакторным дисперсионным анализом, где фактор А – сорт, линия; фактор В – варианты опыта с различным осмотическим давлением. Динамика показателя среднего значения ИДК по всем сортам в опытных вариантах сахарозы свидетельствует об уменьшении величины признака от 6 атм. до 12 атм. сахарозы, последующее повышение осмотического давления не привело к изменению величины ИДК: снижение ИДК в растворе сахарозы 12 атм. (0,57) до 0,54 при 18 атм. несущественно (табл. 1).

Таблица 1. Изменчивость индекса длины корня в зависимости от осмотического давления раствора сахарозы, в среднем за 2022-2023 гг.

Сорт (фактор А)	Осмотическое давление сахарозы (фактор В)					Среднее
	6 атм.	9 атм.	12 атм.	15 атм.	18 атм.	
Магистр	0,63	0,60	0,45	0,48	0,49	0,53 abc
Кахолонг	0,75	0,71	0,60	0,61	0,56	0,65 def
Коралл	0,82	0,68	0,78	0,72	0,73	0,75 g
Пищевое 614	0,82	0,74	0,67	0,60	0,54	0,67 efg
Кремовое	0,57	0,53	0,38	0,47	0,48	0,49 ab
Принц	0,70	0,62	0,50	0,48	0,49	0,56 a-d
Кулон	0,41	0,54	0,42	0,43	0,50	0,46 a
Инфинити	0,88	0,69	0,62	0,62	0,62	0,69 fg
Л-65/14	0,67	0,59	0,56	0,69	0,53	0,61 c-f
Л-50/14	0,66	0,62	0,60	0,56	0,47	0,58 b-e
Л-251/14	0,71	0,63	0,64	0,45	0,55	0,60 c-f
Среднее	0,69 c	0,63 bc	0,57 a	0,56 a	0,54 a	
F ₀₅ (A)= 7,20*, HCP ₀₅ (A)= 0,09, F ₀₅ (B)= 8,51*, HCP ₀₅ (B)= 0,06, F ₀₅ (AB)= 0,66						

Примечание: *p≤0.05. Данные, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана

Выявленные закономерности свидетельствуют о целесообразности использования в данном опыте раствора сахарозы с осмотическим давлением 12 атм. Определение индекса ИДК на растворе сахарозы с осмотическим давлением 12 атм. позволило распределить изученные образцы зернового сорго по степени устойчивости к осмотическому стрессу. К числу высокоустойчивых отнесен сорт РСК Коралл с ИДК=0,78. В группу устойчивых к осмотическому стрессу образцов вошли: РСК Кахолонг, Пищевое 614, Инфинити, линии Л-50/14 и Л-251/14. Остальные образцы образовали группу среднеустойчивых к осмотическому стрессу (ИДК =0,40-0,59).

Выводы. Оценка влияния растворов сахарозы различного осмотического давления (от 6 до 18 атм.) на характер развития первичных проростков и корешков изученных образцов зернового сорго позволила установить определенные закономерности при проращивании семян. На характер формирования, развития проростков и корешков раствор сахарозы с осмотическим давлением в 12 атмосфер оказал пороговое влияние: дальнейший рост давления осмотика до 15-18 атм. приостановил рост и развитие проростков, корешков. К числу высокоустойчивых отнесен сорт РСК Коралл; устойчивых – сорта РСК Кахолонг, Пищевое 614, РСК Инфинити, линии Л-50/14 и Л-251/14.

Список использованных источников:

1. Ионова Е.В. Засуха и засухоустойчивость зерновых колосовых // Зерновое хозяйст-во России. – 2011. – №2. – С. 37-41.
2. Plotnikova L.Ya., Sagendykova A.T., Kuzmina S.P. Drought resistance of introgressive spring common wheat lines with genetic material of tall wheatgrass // Proceedings on Applied Bo-tany, Genetics and Breeding. – 2023. – T. 184. – № 2. – С. 38-51.
3. Удовенко Г.В. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: Методическое руководство. – Л. 1988. – 226 с.
4. Парфенова Е.С., Шамова М.Г., Набатова Н.А., Псарева Е.А. Оценка относительной засухоустойчивости сортов озимой ржи способом проращивания на растворе сахарозы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. –

References:

1. Ionova E.V. Drought and drought resistance of grain crops // Grain farming of Russia. – 2011. – №. 2. – P. 37-41.
2. Plotnikova L.Ya., Sagendykova A.T., Kuzmina S.P. Drought resistance of introgressive spring common wheat lines with genetic material of tall wheatgrass // Proceedings on Applied Bo-tany, Genetics and Breeding. – 2023. – T. 184. – № 2. – С. 38-51.
3. Udovenko G.V. Diagnostics of plant resistance to stress: Methodical manual. – L. 1988. – 226 p.
4. Parfenova E.S., Shamaeva M.G., Nabatova N.A., Psareva E.A. Assessment of relative drought resistance of winter rye varieties by germination on sucrose solution // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2018. – №.11. – P. 347-351.
5. Likhovidova V.A., Kazakova A.S., Samofalova N.E. The influence of

2018. – №11. – С. 347-351.

5. Лиховидова В.А., Казакова А.С., Самофалова Н.Е. Влияние водного и температурного стрессов на всхожесть семян сортов твердой озимой пшеницы, полученных в контрастные по погодным условиям годы // *Зерновое хозяйство России*. – 2019. – №5(65). – С. 34-39.

6. Никитина В.И. Определение холодо- и засухоустойчивости образцов яровой пшеницы, ячменя лабораторными методами // *Вестник Омского ГАУ*. – 2017. – №3(27). – С. 19-26.

7. Патурицкий А.В., Козулина Н.С. Физиологическая оценка засухоустойчивости и потенциальной продуктивности селекционного материала зерновых культур // *Вестник Алтайского ГАУ*. – 2003. – №4. – С. 151-156.

8. Виноградова Е.Г. Использование сахарозы и маннита для дифференциации генотипов льна по устойчивости к осмотическому стрессу // *Вестник Казанского ГАУ*. – 2020. – №3(59). – С. 10-15.

9. Леухина Т.В., Леухина О.В., Головина Е.В. Исследования засухоустойчивости сортов сои северного экотипа в условиях осмотического стресса // *Селекция и сорторазведение садовых культур*. – 2021. – Т.8. – №1-2. – С. 53-56.

10. Семенова Е.В., Косарева И.А. Диагностика засухоустойчивости образцов гороха (*Pisum sativum* L.) из коллекции ВИР // *Plant Biotechnology and Breeding*. – 2021. – №4(2). – С. 5-14.

11. Соболева Г.В., Зеленев А.А., Соболев А.Н. Оценка гибридных популяций гороха по осмоустойчивости и создание на их основе линий перспек-

water and temperature stresses on the germination of seeds of durum winter wheat varieties obtained in weather-sensitive years // *Grain farming of Russia*. – 2019. – №5(65). – P. 34-39.

6. Nikitina V.I. Determination of cold and drought resistance of spring wheat and barley samples by laboratory methods // *Bulletin of the Omsk State Agrarian University*. – 2017. – №3(27). – P. 19-26.

7. Paturinsky A.V., Kozulina N.S. Physiological assessment of drought resistance and potential productivity of breeding material of grain crops // *Bulletin of the Al-Thai State Agrarian University*. – 2003. – №. 4. – P. 151-156.

8. Vinogradova E.G. The use of sucrose and mannitol for the differentiation of flax genotypes by resistance to osmotic stress // *Bulletin of the Kazan State University*. – 2020. – №3(59). – P. 10-15.

9. Leukhina T.V., Leukhina O.V., Golovina E.V. Studies of drought resistance of soybean varieties of the northern ecotype under osmotic stress // *Breeding and variety breeding of garden crops*. – 2021. – V.8. – N.1-2. – P. 53-56.

10. Semenova E.V., Kosareva I.A. Diagnostics of drought resistance of pea samples (*Pisum sativum* L.) from the VIR collection // *Plant Biotechnology and Breeding*. – 2021. – №4(2). – P. 5-14.

11. Soboleva G.V., Zelenov A.A., Sobolev A.N. Assessment of hybrid pea populations by osmostability and the creation of promising lines based on them in breeding for drought resistance // *Legumes and cereals*. – 2020. – №4(36). – P. 18-23.

12. Dospekhov B.A. Methodology

тивных в селекции на засухоустойчивость // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №4(36). – С. 18-23.

12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М., 2011. – 352 с.

of field experience (with the basics of statistical processing of research results). – М., 2011. – 352 p.

Сведения об авторах:

Кибальник Оксана Павловна – кандидат биологических наук, главный научный сотрудник отдела сорговых культур ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», Телефон (раб) 8452 79-49-69, E-mail: kibalnik79@yandex.ru, Россия, 41050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, 4.

Ефремова Ирина Григорьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела сорговых культур, ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», Телефон (раб) 8452 79-49-69, E-mail: efremova-irina1946irina@yandex.ru, Россия, 41050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, 4.

Information about the authors:

Kibalnik Oksana Pavlovna – Candidate of Biological Sciences, Chief Researcher of the Department of Sorghum Cultures of the FBSBI Researcher Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn "Rossorgo", Phone (slave) 8452 79-49-69, E-mail: kibalnik79@yandex.ru, 1st Institute passage, 4, Saratov, 41050, Russia.

Efremova Irina Grigoryevna – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Sorghum Cultures of the FBSBI Researcher Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn "Rossorgo", Phone (slave) 8452 79-49-69, E-mail: efremova-irina1946irina@yandex.ru, 1st Institute passage, 4, Saratov, 41050, Russia.

УДК 634.13: 634.1.03

**ВЛИЯНИЕ СОРТО-ПОДВОЙНЫХ
КОМБИНАЦИЙ И ВНЕСЕНИЯ
ХЕЛАТОВ ЖЕЛЕЗА НА
ПРОЯВЛЕНИЕ ХЛОРОЗА
У САЖЕНЦЕВ ГРУШИ
В ПИТОМНИКЕ****EFFECT OF VARIETAL-
PODSTOCK COMBINATIONS AND
IRON CHELATE APPLICATION
ON THE MANIFESTATION OF
CHLOROSIS IN PEAR SEEDLINGS
IN THE NURSERY****Бурлак В.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**Сафу Э.М.**, аспирант 3 курса

Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Burlak V.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor**Safu E.M.**, 3rd year graduate student

Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»

Применение хелатов железа Ferrilene 4,8 Valagro и Ультрамаг Хелат Fe-13 (Щёлково агрохим) полностью устраняет хлороз у сортов Бере Боск и Талгарская красавица и частично у сорта Любимица Клаппа. Саженцы на подвое лохолистная груша полностью устойчивы к карбонатности почвы. Подвой айва ИС-2-10 более устойчива к карбонатности почв, чем айва BA₂₉.

Ключевые слова: саженцы, груша, подвой айва, хлороз.

Application of iron chelates Ferrilene 4,8 Valagro and Ultramag Chelate Fe-13 (Shchelkovo Agrochem) completely eliminates chlorosis in the varieties Bere Bosc and Talgarskaya Belle and partially in the variety Lubimitsa Klappa. Seedlings on the Loholist pear rootstock are completely resistant to soil carbonation. Quince IS-2-10 rootstock is more resistant to soil carbonation than quince BA₂₉.

Key words: seedlings, pear, quince scion, chlorosis.

Введение. В современном садоводстве преимущественным подвоем для выращивания груши в интенсивных садах являются различные клоны айвы, такие как BA₂₉, ИС-2-10, айва Анжерская, айва Прованская. Однако на карбонатных почвах с содержанием CaCO₃ более 7%, которые распространены в Крыму, деревья груши, привитые на айву, страдают карбонатным хлорозом [5]. Это физиологическое заболевание, которое связано с блокированием ионов железа карбонатами кальция в почве и в растении. Для предотвращения хлороза необходимо использование различных хелатных препаратов, имеющих в своём составе Fe и Mg в доступной для растений форме [4,6].

Семенные подвой груши, в отличие от повсеместно распространённых клоновых подвоев, выдерживают до 30% содержание карбонатов Са в почве [5]. Это

весомый аргумент для выращивания груши на карбонатных почвах в южных регионах РФ на семенных подвоях. Сеянцы груши обыкновенной, или лесной (*Pyrus communis* L.), а также груши лохолистной (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) обладают повышенной засухоустойчивостью, что так же является важным фактором выбора подвоя в засушливых регионах [5]. Но груша на семенных подвоях образует сильнорослые деревья и поздно, на 7-8 год, вступает в плодоношение. Только отдельные скороплодные сорта могут начинать плодоносить на 5-6 год [5,7].

Материал и методы исследований. Полевой опыт по изучению влияния сорто-подвойных комбинаций и хелатов Fe на проявление хлороза у груши проводили в плодовом питомнике КФХ «Садоводы Крыма», расположенном в окрестностях с. Викторовка Бахчисарайского района Республики Крым. Сорта груши Бере Боск, Талгарская красавица, Любимица Клаппа прививали на айву ВА₂₉, айву ИС-2-10, сеянцы лесной и лохолистной груши. Саженьцы сорта Бере Боск, физиологически несовместимого с айвой [3], выращивали с использованием весенней прививки двухкомпонентного черенка «вставка Кюре 20 см + сорт» [1,7].

При выращивании саженцев сорта Любимица Клаппа, имеющих несовместимость с айвой разломного типа, использовали николировку (окулировку двойным щитком) [2,3]. Сорт Талгарская красавица, совместимый с айвой, окулировали летом способом вприклад. Все сорта на сеянцевых подвоях облагораживали летней окулировкой вприклад.

Оценку степени хлороза проводили по 10-балльной шкале (табл. 1).

Таблица 1. Шкала оценки хлороза

Баллы	Описание	Степень хлороза
1	Признаки хлороза полностью отсутствуют, лист темно-зеленый	Хлороза нет
2	Листовая пластинка имеет ярко-зеленый оттенок	Слабо выраженный хлороз
3	Листовая пластинка имеет светло-зеленый оттенок	
4	Листовая пластинка имеет лимонный оттенок	Средняя степень хлороза
5	Листовая пластинка имеет жёлтый цвет, жилки зеленые	
6	Листовая пластинка полностью желтая	
7	Листовая пластинка полностью желтая, имеются небольшие коричневые пятна	Сильный хлороз
8	Листовая пластинка полностью желтая, имеются большие коричневые пятна	
9	Частичная потеря листьев	Очень сильный хлороз, не поддающийся лечению
10	Полная потеря листьев	

Опыты были заложены методом рандомизированных повторений в 4-кратной повторности, по 15 подвоев в делянке. Отводки айвы и сеянцы груши выса-

живали в первое поле питомника по схеме 90х30 см осенью 2021 года. В августе 2022 года проводили окулировку и николировку, а в марте 2023 года – весеннюю прививку двухкомпонентным черенком «вставка – сорт». Хелаты железа Ferrilene 4,8 Valagro (Италия), Reasil micro Amino Fe и Ультрамаг Хелат Fe-13 (производства Щёлково Агрохим) вносили в почву с поливной водой в соответствии с инструкцией по каждому препарату. Содержание карбонатов кальция в почве на опытном участке в слое 0-30 см 8,4%, на глубине 30-60 см - 22%.

Результаты и обсуждение. Приживаемость прививок во всех вариантах в первом и втором опытах была очень высокой и составила 95-100%.

Устойчивость к карбонатности почвы в значительной степени зависела от сорто-подвойных комбинаций (табл. 2). Сильно хлорозили саженцы сорта Любимица Клаппа на айве ИС-2-10, у которых листовая пластинка была полностью желтая с небольшими коричневыми пятнами (7,2 балла). У сорта Бере Боск на айве ИС-2-10 хлороз был выражен слабо – листья имели светло-зеленый оттенок (2,9 балла). Саженцы сорта Талгарская красавица на айве ИС-2-10 практически не хлорозили – листья были ярко-зеленые (1,9 балла).

Таблица 2. Влияние сортов и подвоев на проявление хлороза, биометрические показатели и выход стандартных саженцев груши, 2023 г.

Вариант (подвой)	Степень хлороза, баллы	Высота саженцев, см	Диаметр штамба, мм	Выход стан- дартных саженцев с 1 га, тыс. шт.
Бере Боск				
1. Лохолистная груша	1,0	120	10,0	29,6
2. Лесная груша (к)	1,0	155	12,5	33,3
3. Айва ИС-2-20	2,9	150	12,3	35,5
НСР ₀₅		6,8	2,2	
Талгарская красавица				
1. Лохолистная груша	1,0	135	11,1	31,4
2. Лесная груша (к)	1,0	175	13,3	34,0
3. Айва ИС-2-20	1,9	178	16,5	35,9
НСР ₀₅		7,9	3,1	
Любимица Клаппа				
1. Лохолистная груша	1,0	124	10,4	34,4
2. Лесная груша (к)	4,9	134	9,5	27,7
3. Айва ИС-2-20	7,2	112	8,5	22,2
НСР ₀₅		5,4	1,8	

На сеянцах лесной груши хлороз средней степени наблюдался только у сорта Любимица Клаппа - листья были желтыми зелеными жилками (4,9 балла).

Саженцы всех изучаемых сортов на сеянцах лохолистной груши имели темно-зеленые листья, признаки хлороза полностью отсутствовали.

Подвой и проявление хлороза сказались на размерах и выходе стандартных саженцев. У всех сортов высота саженцев на сеянцах лохолистной груши была на 20-40 см меньше, чем в контроле на сеянцах лесной груши. У сортов Бере Боск и Талгарская красавица на лохолистной груше уменьшался по сравнению с контролем также и диаметр штамба на 2,2-2,5 мм, или на 16,5-20,0%. У саженцев сорта Любимица Клаппа диаметр штамба в контроле и варианте 3 был меньше, чем в первом варианте вследствие того, что на айве и лесной груше этот сорт сильно хлорозил.

Выход стандартных саженцев у сортов Бере Боск и Талгарская красавица на лохолистной груше снижался по сравнению с контролем (лесная груша) на 2,6-3,7 тыс. шт. с 1 га (7,8-10,9%) и айвой ИС-2-10 на 4,5-5,9 тыс. шт. с 1 га (12,6-16,4%). Это связано со снижением биометрических показателей у саженцев этих сортов на лохолистной груше.

У сорта Любимица Клаппа на сеянцах лохолистной груши вследствие отсутствия хлороза и увеличения диаметра штамба выход стандартных саженцев был значительно, на 6,7-12,2 тыс. шт. с 1 га, выше, чем в контроле и в третьем варианте, где хлороз был сильным.

Во втором опыте по применению хелатов Fe саженцы груши всех изучаемых сортов на подвое айва ВА₂₉ хлорозили сильнее, чем в первом опыте на айве ИС-2-10 (табл. 3).

В опыте по применению хелатов железа, где подвоем служила айва ВА₂₉, в контроле без обработки хелатами Fe у сортов Бере Боск и Талгарская красавица листья были лимонного оттенка (3,9-4,1 балла), а у сорта Любимица Клаппа наблюдалось отмирание листовой пластинки (9,5 баллов). В то же время в первом опыте на подвое ИС-1-10 степень хлороза у сортов Бере Боск и Талгарская красавица оценивалась соответственно в 2,9 и 1,9 балла, у Любимицы Клаппа – 7,2 балла (см. табл. 1)

Хелаты железа Ferrilene 4,8 Valagro и Ультрамаг Хелат Fe-13 полностью устраняли хлороз у саженцев сортов Бере Боск и Талгарская красавица, привитых на айву ВА₂₉. Препарат Reasil micro Amino Fe у этих же сортов излечивал хлороз, но у листьев наблюдалась более светлая окраска от ярко-зеленой до светло-зеленой.

У сорта Любимица Клаппа изучаемые препараты ослабляли хлороз по сравнению с контролем в 2 раза, но не излечивали его: листья имели окраску от лимонного до желтого цвета (4-5 баллов), а в контроле (без обработки) наблюдался очень сильный хлороз с отмиранием листьев (9,5 баллов).

Применение Ferrilene 4,8 Valagro, Reasil micro Amino Fe и Ультрамаг Хелат Fe-13 у всех изучаемых сортов способствовало увеличению высоты саженцев, не влияло на диаметр штамба, и в конечном итоге приводило к повышению

выхода стандартного посадочного материала у сортов Бере Боск и Талгарская красавица на 5,5-7,7%, у сорта Любимица Клаппа на 59-72%.

Таблица 3. Влияние хелатов железа на проявление хлороза, биометрические показатели и выход стандартных саженцев груши на айве ВА₂₉, 2023 г.

Вариант	Степень хлороза, баллы	Высота саженцев, см	Диаметр штамба, мм	Выход стандартных саженцев с 1 га, тыс. шт.
Бере Боск				
1. Без обработки (контроль)	4,1	132	11,1	34,4
2. Ferrilene 4,8 Valagro	1,1	145	12,0	36,3
3. Reasil micro Amino Fe	2,1	143	11,5	35,8
4. Ультрамаг Хелат Fe-13	1,1	147	11,9	36,3
HCP ₀₅		8,3	$F_{\phi} < F_{05}$	
Талгарская красавица				
1. Без обработки (контроль)	3,9	162	14,0	33,3
2. Ferrilene 4,8 Valagro	1,0	170	15,0	34,9
3. Reasil micro Amino Fe	2,9	174	14,0	35,2
4. Ультрамаг Хелат Fe-13	1,0	179	14,5	35,4
HCP ₀₅		8,7	$F_{\phi} < F_{05}$	
Любимица Клаппа				
1. Без обработки (контроль)	9,5	95	8,4	18,6
2. Ferrilene 4,8 Valagro	5,0	123	9,5	32,0
3. Reasil micro Amino Fe	4,7	112	8,5	24,5
4. Ультрамаг Хелат Fe-13	4,0	119	8,5	29,6
HCP ₀₅		7,6	$F_{\phi} < F_{05}$	

Выводы Сеянцы местной формы лохолистной груши в качестве подвоя обеспечивают полную устойчивость саженцев сортов Бере Боск, Талгарская красавица и Любимица Клаппа к карбонатности почв и хлорозу при содержании карбонатов кальция 8,4% в слое почвы 0-30 см и 22% на глубине 30-60 см.

Айва ИС-2-10 имеет более высокую устойчивость к карбонатности почвы, чем айва ВА₂₉.

Препараты Ferrilene 4,8 Valagro (Италия) и Ультрамаг Хелат Fe-13 (производства Щёлково Агрохим) при внесении в почву полностью устраняют заболевание хлорозом у сортов Бере Боск и Талгарская красавица и частично у сорта Любимица Клаппа на подвое айва ВА₂₉.

Сорт Любимица Клаппа проявляет низкую устойчивость к заболеванию хлорозом при прививке на сеянцы лесной груши, айву ВА₂₉ и айву ИС-2-10.

Список использованных источников:

- 1.Бурлак В.А., Попова В.Д. Способ выращивания саженцев груши со вставкой. – Патент на полезную модель №79897, Украина. -МКП (2013) u 2012 10703, A01N1/00 A01N/3/00. – Заявл. 12.09.2012; Оpubл. 13.05.2013. Бюл. 9.
- 2.Бурлак В.А., Лыкова В.Д. Николіровка як спосіб подолання несумісності груші з айвою // Науковий вісник НУБіП України. - №103.-Київ,2009. – С.294-298
- 3.Бурлак В.А. Выращивание саженцев груши несовместимых с айвой А сортов // Интенсивная технология выращивания плодовых культур в Центральной Лесостепи Украины: Сб. науч. трудов УСХА. – Киев, 1988. – С. 87-91
- 4.Гапиенко, А.А. Удобрение полевых, овощных и многолетних культур / А.А. Гапиенко, А.В. Кискачи, С.И. Скляр. – Симферополь, Таврида, 1999. – 109 с.
- 5.Матвиенко М.В., Бабина Р.Д., Кондратенко П.В. Груша в Украине. – Киев: Аграрная мысль, 2006. – 315 с.
- 6.Островская Л.К., Макарова Г.М., Яковенко Г.М. Карбонатный хлороз и хелатные удобрения. – Урожай, 1973. – 174 с.
- 7.Попова В.Д. Весенняя прививка двухкомпонентного черенка – перспективный способ выращивания саженцев груши // Садоводство и виноградарство. – М., 2013. – № 2. – С. 41–43.

References:

1. Burlak V.A., Popova V.D. Method of growing pear seedlings with an insert. – Utility model Patent No. 79897, Ukraine. -MKP (2013) u 2012 10703, A01N1/00 A01N/3/00. – Application 12.09.2012; Publ. 13.05.2013. Byul. 9.
- 2.Burlak V.A., Lykova V.D. Nikolirovka as a way to overcome the incompatibility of pears with quince // The scientific bulletin of the NUBiN of Ukraine. - No.103. Kiev,2009. – pp.294-298
- 3.Burlak V.A. Cultivation of pear seedlings of varieties incompatible with quince // Intensive technology of growing fruit crops in the Central Forest-steppe of Ukraine: Collection of scientific works of the USHA. – Kiev, 1988. – pp. 87-91
4. Gapienko, A.A. Fertilization of field, vegetable and perennial crops / A.A. Gapienko, A.V. Kiskachi, S.I. Sklyar. – Simferopol, Tavrida, 1999. – 109 p.
- 5.Matvienko M.V., Babina R.D., Kondratenko P.V. Grusha in Ukraine. – Kiev: Agrarian Thought, 2006. – 315 p.
- 6.Ostrovskaya L.K., Makarova G. M., Yakovenko G.M. Carbonate chlorosis and chelated fertilizers. – Harvest, 1973. – 174 p.
- 7.Popova V.D. Spring grafting of a two-component cuttings is a promising way of growing pear seedlings // Horticulture and viticulture. ., 2013. – No. 2. – pp. 41-43.

Сведения об авторах:

Бурлак Владимир Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры пло-

Information about the authors:

Burlak Vladimir Alexandrovich - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department

овощеводства и виноградарства Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: bva.1951@mail.ru, 295492, Симферополь, п. Аграрное.

Сафу Эдем Мустафеевич аспирант 3 курса кафедры плодовоощеводства и виноградарства Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» e-mail: grinred777.cr@mail.ru, 295492, Симферополь, п. Аграрное.

of Horticulture and Viticulture of the Institute "Agrotechnological Academy" of V.I. Vernadsky Federal State Autonomous Okrug, e-mail: bva.1951@mail.ru, Agrarnoye settlement, Simferopol, 295492, Russia.

Safu Edem Mustafayevich postgraduate student of the 3rd year of the Department of Horticulture and Viticulture Institute "Agrotechnological Academy" FGAOU V.I. Vernadsky Crimean Federal University e-mail: grinred777.cr@mail.ru Agrarnoye settlement, Simferopol, 295492, Russia.

УДК 631:631.5

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ
СТРУКТУРЫ ПОСЕВНЫХ
ПЛОЩАДЕЙ И СХЕМ
СЕВООБОРОТОВ ДЛЯ
НЕПОЛИВНЫХ УСЛОВИЙ
СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ**

**SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF
THE STRUCTURE OF CROPPED
AREA AND CROP ROTATION
SCHEMES FOR NON-IRRIGATED
CONDITIONS OF THE
NORTHERN BLACK SEA REGION**

Адамень Ф.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НААН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Орден Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – национальный научный центр РАН»;

Коковихин С.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»;

Сташкина А.Ф., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник «Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского — природный заповедник РАН»

Adamen F.F., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Federal State Budgetary Institution of Science "Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden - National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences";

Kokovikhin S.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin";

Stashkina A.F., Candidate of Agricultural Sciences, Federal State Budgetary Institution Federal Research Center "Institute of Biology of the Southern Seas named after A.O. Kovalevsky RAS"

Установлено, что в условиях Северного Причерноморья озимая пшеница выступает на неполивных землях как средство уменьшения негативного влияния климатических изменений и засухи и, что особенно важно, как культура, способствующая стабилизации производства зерна. Положительное действие черного пара распространяется на третью и четвертую культуру севооборота – урожаи озимых культур здесь составляет на 3,2-5,0 ц/га выше по

It has been established that in the conditions of the Northern Black Sea region, winter wheat acts on non-irrigated lands as a means of reducing the negative impact of climate change and drought and, most importantly, as a crop that helps stabilize grain production. The positive effect of black fallow extends to the third and fourth crops of crop rotation - the yield of winter crops here is 3.2-5.0 c/ha higher compared to links with occupied fallows, for spring crops these increases range

сравнению со звеньями с занятыми парами, для яровых культур эти приросты составляют от 1,0 до 2,2 ц/га. Воспроизводство плодородия почвы возможно при оптимальном уровне интенсификации (внесение умеренных доз удобрений – $N_{60}P_{60}$) без возврата побочной продукции на поля, при следующей структуре посевных площадей: черный/сидеральный пар (по 10%), озимая пшеница (40%) масличные культуры (40%). Оптимальной будет структура посевных площадей с удельным весом паров 20% (в т.ч. черного – 10-20% или сидерального – 10-20%), зерновых культур – 40% (в т.ч. озимой пшеницы от 20%), технических культур – 40% (в т.ч. 20% подсолнечника и 20% льна масличного) позволяет получить наибольший выход продовольственного зерна (6,8-14,0 ц с 1 га севооборотной площади) и семян масличных культур (5,5-5,8 ц с 1 га севооборотной площади).

Ключевые слова: земледелие, севооборот, культуры, удобрения, климатические условия, водопотребление, засорённость посевов, урожайность.

from 1.0 to 2, 2. c/ha. Reproduction of soil fertility is possible with an optimal level of intensification (application of moderate doses of fertilizers - $N_{60}P_{60}$) without returning by-products to the fields, with the following structure of sown areas: black/green manure fallow (10% each), winter wheat (40%) oilseeds (40%). The optimal structure of sown areas will be with a specific gravity of fallow of 20% (including black - 10-20% or green manure - 10-20%), grain crops - 40% (including winter wheat from 20%), industrial crops - 40% (including 20% sunflower and 20% oil flax) allows you to get the highest yield of food grain (6.8-14.0 c per 1 hectare of crop rotation area) and oilseeds (5.5- 5.8 centners per 1 hectare of crop rotation area).

Key words: agriculture, crop rotation, crops, fertilizers, climatic conditions, water consumption, weediness of crops, productivity.

Введение. В настоящее время особенности землепользования и материально-финансового состояния большинства хозяйств Северного Причерноморья, а также их самостоятельность в определении направлений специализации производства и использования земель позволяет высказать мнение о том, что в перспективе главная направленность будет сосредоточена на выращивании зерновых и технических культур (в основном, озимой пшеницы и подсолнечника), не требующих значительных технологических затрат, высокорентабельных и высоколиквидных [1; 2; 3]. Для дальнейшей комплексной оценки эффективности новых схем севооборотных вариантов, их влияние на плодородие почвы, величину и качество урожая необходимо на уровне каждого хозяйства устанавливать наиболее перспективные севооборотные группы, особенно для фермерских хозяйств, где из-за влияния разных причин наиболее часто наблюдается пренебрежение законов земледелия [4; 5; 6; 7].

По результатам исследований установлено, что научно обоснованное чередование культур в неполивных севооборотах, отличающихся между собой по комплексу хозяйственно-экономических критериев, является важной особенностью построения моделей оптимальных уровней адаптивного земледелия при отсутствии орошения и климатических изменениях. Научно обоснованное чередование культур, использование расчётных доз удобрений, применение водо- и ресурсосберегающих агроприёмов способствует снижению себестоимости продукции и минерализации гумуса, способствует стабилизации систем земледелия и диверсификации растениеводства [8; 9; 10; 11; 12].

Применение севооборотов в современном земледелии необходимо для улучшения качества и плодородия почвы. Разные с.-х. культуры имеют неодинаковые потребности в питательных веществах. Севооборот позволяет чередовать различные культуры, которые вносят разные элементы в почву и могут восполнить потребление питательных веществ, что помогает сохранить плодородие и улучшить её плодородие. Многие вредители и болезни предпочитают определённые виды культур. Выращивание одной культуры на одном поле может создавать благоприятные условия для их размножения. При этом севооборот позволяет прерывать жизненный цикл вредителей и болезней, снижая риск их возникновения и распространения [13; 14; 15; 16; 17].

Правильное использование севооборотов позволяет улучшить структуру почвы и её плодородие, что в свою очередь помогает уменьшить потребность в химических удобрениях. Кроме того, разнообразие культур в севообороте помогает снизить использование пестицидов, так как разные виды культур подвержены разным вредителям и болезням. Также севооборот, включающий в себя разнообразные культуры, позволяет использовать все виды ресурсов более эффективно. Разнообразие культур в севообороте способствует обогащению почвы питательными веществами, увлажнению, улучшению структуры и биологического состава почвы, что, в свою очередь, способствует повышению урожайности. В целом на стратегическом уровне, применение севооборотов в современном земледелии позволяет достичь устойчивого и эффективного использования почвы и ресурсов, улучшить качество и плодородие почвы, снизить риск возникновения вредителей и болезней, а также увеличить урожайность [18; 19; 20].

Материал и методы исследований. Целью исследований было научно обосновать структуру посевных площадей и схем севооборотов для неполивных условий Северного Причерноморья с учётом климатических изменений и ухудшения эколого-мелиоративного состояния земель. Исследования проведены с использованием методики опытного дела в агрономии [21].

Опыт проводится на двух фонах удобрения (неудобренный контроль и рекомендованная норма $N_{60}P_{60}$) в 5 основных блоках севооборотов, включающих 15 схем чередования культур с различными параметрами насыщения зерновыми (20-60%), масличными культурами (20-60%), черного и сидерального пара

(10-20%) с размещением участков в систематическом порядке. Размер посевных делянок второго порядка составляла 80 м², учётных – 50 м². Повторность трёхкратная. Агротехника на опытных посевах общепризнана для неполивных условий Северного Причерноморья. Для сидерации почвы использованы посевы озимой ржи, запахивание сидератов происходит в фазу весеннего кущения культуры (I-II декады апреля).

В полевых опытах проведены следующие наблюдения и учёты [21]: фенологические наблюдения за ростом и развитием растений; учёт густоты стояния растений (два раза за вегетацию на одних и тех же площадках, выделяемых после появления всходов); влажность почвы – термостатно-весовым методом послойно через 10 см до 100 см; повреждение растений вредителями и поражённость растений болезнями; учёт засорённости – количественно-весовым методом на площадках 0,5 м²; учёт урожая – методом сплошного обмолота учётной площади участка в фазу полной спелости комбайном Sampo-130 с пересчётом в центнеры на гектар при стандартной влажности; определение структуры урожая по общепринятой методике. В качестве контрольных вариантов принят севооборот 1а (приближенный к структуре использования пашни в фермерских хозяйствах).

Результаты и обсуждения. При проведении полевых опытов в неполивном севообороте установлено, что в засушливых условиях Северного Причерноморья уровень влагообеспечения почвы, является решающим фактором формирования урожая, что обуславливает необходимость применения комплекса мероприятий по влагонакоплению и сбережению в почве. Дефицит влаги был и остаётся большим препятствием на пути к устойчивому земледелию. Поэтому основой адаптивных систем земледелия должен быть комплекс агротехнических мероприятий, направленных прежде всего на максимальное накопление осадков, их сбережения и рациональный расход на выращивание единицы урожая. Для достижения этой цели важное место в земледелии отводится научно обоснованным севооборотам, обеспечивающим эффективное использование влаги с.-х. культурами, повышение плодородия без каких-либо финансовых затрат. Наблюдение за динамикой влаги в метровом слое почвы в течение вегетации растений показали, что выращиваемые в севообороте культуры используют для формирования урожая разное количество влаги. Это обусловлено длиной периода их вегетации, коэффициентом водопотребления, величиной урожая и другими особенностями (табл. 1).

При улучшении водного режима растений потребление воды на единицу площади увеличивается, а на формирование 1 т урожая – уменьшается. Наименьшие расходы воды на формирование единицы озимой пшеницы были зафиксированы при размещении её по черному пару (1127 м³/т зерна), что ниже по сравнению с другими предшественниками на 100-246 м³/т или 9-22%. Суммарное водопотребление озимой пшеницы из почвы в слое 0-100 см составляло от 3790 до 3878 м³/га. Среди выращиваемых в севооборотах с.-х. культур

низкий коэффициент водопотребления был отмечен также у сорго – 1164 м³/т, а на третьем месте был ячмень озимый (1222-1334 м³/т).

Таблица 1. Водный баланс с.-х. культур в неполиваемом севообороте (среднее за 2016-2020 гг.)

Культура	Запасы влаги во время посева в слое почвы 0-100 см, м ³ /га	Осадки, м ³ /га	Запасы влаги во время уборки в слое почвы 0-100 см, м ³ /га	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
Оз. пшеница по черному пару	328	3640	90	3878	1127
Оз. пшеница по сидеральному пару	312	3640	110	3842	1227
Озимая пшеница по льну	260	3640	60	3840	1315
Озимая пшеница по сорго	210	3640	60	3790	1373
Озимый ячмень по сорго	184	3290	80	3394	1334
Озимый ячмень по льну	192	3290	80	3402	1222
Лён масличный по оз. пшенице	982	1580	12	2550	1917
Лён масличный по подсолнечнику	890	1580	22	2448	2473
Подсолнечник по оз. пшенице	700	2270	11	2959	2497
Подсолнечник по оз. ячменю	696	2270	32	2934	2357
Подсолнечник по льну	696	2270	41	2925	2659
Сорго по оз. пшенице	618	2270	12	2876	1164

Фитосанитарное состояние посевов, а именно засорённость культур сорняками в исследуемом севообороте, зависела от предшественников и погодных условий в годы проведения исследования (табл. 2).

В среднем за пять лет проведения исследований в период кушения посевы паровой пшеницы были засорены в основном зимующими сорняками в количестве 13-21 шт./м², по другим предшественникам – количество сорняков было вдвое выше – соответственно 23-43 шт./м², воздушно-сухая масса сорняков в этих вариантах также была больше. Преобладали сорняки: желтушки весенняя, хренница, сухоребрик, просо куриное, пастушья сумка обыкновенная и др.

В посевах ячменя количество сорняков в фазу весеннего кушения составляло 19-35 шт./м². Засорённость масличного льна в фазу ёлочки была в диапазоне от 28 до 57 шт./м², наибольшее их количество и самое мощное развитие наблюдалось в удобренных вариантах.

Засорённость в посевах подсолнечника и сорго составляла от 38 до 61 шт./м², однако междурядные обработки способствовали уменьшению количества и массы сорняков. В основном наблюдали развитие куриного проса, берёзки полевой, портулака, лебеды белой, щирицы запрокинутой, мишья сизого и зелёного. Наи-

высшая засорённость в посевах подсолнечника (в фазу образования корзинок) была после предшественников – озимого ячменя и льна масличного.

Таблица 2. Засорённость посевов с.-х. культур сорняками в зависимости от расположения в структуре севооборота (среднее за 2016-2020 гг.)

Культура	Количество сорняков, шт./м ²		Воздушно-сухая масса, г/м ²	
	неудобренный фон	удобренный фон	неудобренный фон	удобренный фон
Озимая пшеница по чёрному пару	13	21	5	9
Озимая пшеница по сидеральному пару	24	40	10	15
Озимая пшеница по льну масличному	23	38	9	16
Озимая пшеница по сорго	27	43	11	20
Озимый ячмень по сорго	21	35	8	15
Озимый ячмень по льну масличному	19	33	8	13
Лён масличный по озимой пшенице	28	45	12	20
Лён масличный по подсолнечнику	47	57	20	24
Подсолнечник по озимой пшенице	45	52	19	22
Подсолнечник по озимому ячменю	53	61	23	25
Подсолнечник по льну масличному	53	59	22	25
Сорго по озимой пшенице	38	39	20	23

Таким образом, в среднем за пять лет исследований доказано, что засорённость посевов была самой низкой в посевах озимой пшеницы после черного пара, по мере удаления от пара отмечен рост засорённости посевов и сухой массы сорняков, а при полном его исключении – резкий рост количества сорняков и их сухой массы.

Следовательно, наиболее эффективными в борьбе с засорённостью полей с уровнем 13-35 штук на 1 м² являются зернопаровые звенья из 20% черного пара. Звенья с занятыми парами, зернопропашные звенья с подсолнечником и сорго менее эффективны, поскольку засорённость в них увеличивается в 2-4 раза, что обуславливает необходимость применения гербицидов или механической прополки.

Тёплая осень и умеренно тёплая зима 2015, 2016 гг. способствовали значительному развитию хлебной жужелицы. Так, осенью в посевах паровой озимой пшеницы насчитывалось 1,5-2,0 личинки/м², а в посевах после стерневых предшественников – до 6-8 экземпляров на 1 м².

Питание личинок прекратилось в конце декабря. Осенью 2017, 2018, 2019 гг. хлебным туруном было заселено не более 8% обследованной площади озимых зерновых культур при средней численности личинок 0,5-1,0 экз./м², слабые повреждения до 2% растений зафиксированы в посевах озимой пшеницы.

Погодные условия весны и первой половины лета 2016 и 2017 гг. способствовали развитию опасных болезней – септориоза и мучнистой росы (поражено до 10% растений), в посевах озимого ячменя – гельминтоспориоз (было поражено до 17% растений). Засушливые весны 2018, 2019, 2020 гг. не способствовали распространению болезней: на озимой пшенице признаки поражения септориозом отмечались только на 3-5% растений, на отдельных вариантах распространения получила мучнистая роса, где ею было поражено до 5% растений (нижний ярус). На посевах озимого ячменя гельминтоспориозные пятнистости поразили 7-10% растений (листья нижнего, среднего ярусов, частично флаговый лист).

Перелёт клопа вредной черепашки на посевы начался: в 2016, 2017, 2018 годах – во II декаде апреля, в 2019 и 2020 гг. – в III декаде апреля. Начало яйцекладки отмечено в I декаде мая. В фазу молочной спелости пшеницы численность вредителя была в пределах 0,5-2 экз./м², возрастной состав: III возраст – 36%, IV возраст – 55%, V возраст – 9%. Максимальное количество клопа черепашки во все годы исследований было обнаружено в посевах паровой озимой пшеницы.

В 2016-2017 гг. в посевах озимого ячменя отмечено значительное распространение жуков хлебной пиявицы (0,4-0,6 экз./м²) и хлебной блошки (1-3 экз./м² в зависимости от варианта опыта), что обусловило необходимость проведения химической обработки посевов. Развитие тли на посевах подсолнечника проходило при благоприятных погодных условиях 2017 и 2019 гг. Заселение посевов начиналось в начале июня. Во время цветения при численности 12-50 экз./растение заселили 3-8%, а очагово – до 45% растений. В 2016 г., начиная с июля, в посевах подсолнечника было отмечено заселение лугового мотылька (1,2-2,2 экз./м²).

Во все годы исследований в севооборотах с насыщением подсолнечника более 30% – у 7-10% растений были выявлены признаки заражения фомозом (листья нижнего яруса). Выявлены признаки поражения альтернариозом – болезнь учитывалась на 10% обследованных площадей. На 1-3% растений подсолнечника проявлялись признаки поражения ржавчиной.

Как показали результаты исследований, озимая пшеница больше других культур неорошаемого севооборота реагировала на размещение её по разным предшественникам (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника и фона удобрений, ц/га (среднее за 2016-2020 гг.)

Предшественник (А)	№ севооборота	Фон удобрения (В)		Среднее по А
		неудобренный	удобренный	
Чёрный пар	1-5	30,5	38,3	34,4
Сидеральный пар	1-5	27,6	35,0	31,3
Лён масличный	2, 3	25,7	32,7	29,2
Сорго	4	24,0	31,1	27,6
Среднее по В		27,0	34,3	29,5
НСР ₀₅ : А – 0,47-0,93; В – 0,22-0,44; АВ – 1,08-1,30				

Приведённые данные свидетельствуют, что в среднем за пять лет черный пар обеспечивает максимальный уровень урожайности зерна озимой пшеницы (30,5-38,3 ц/га в зависимости от фона удобрения). Разница по данному показателю по отношению к другим предшественникам составляет 3,1-6,8 ц/га (среднее по фонам питания). Внесение удобрений обеспечивает прибавку урожая от 7,0 до 7,8 ц/га в зависимости от места культуры в севообороте. Высокий прирост урожайности от удобрения в среднем за пять лет был отмечен в посевах озимой пшеницы по черному пару (в разные годы от 4,7 до 11,8 ц/га), высокие приросты также отмечены при размещении культуры после сидерального пара – 6,1-10,0 ц/га).

Другие предшественники, взятые к изучению, при выращивании озимой пшеницы в 2020 году обеспечивали урожайность зерна от 15,8 до 22,1 ц/га в зависимости от фона удобрения, а в среднем за 2016-2020 гг., от 24,0 до 35,0 ц/га. Среди них выделялась рожь озимая, которую запахивали на сидерат, что обеспечивало урожайность зерна озимой пшеницы до 35,0 ц/га на удобренном и 27,6 ц/га на неудобренном фоне.

Продуктивность других с.-х. культур также изменялась в широком диапазоне в зависимости от предшественника и фона минерального питания приведена (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность культур севооборота в зависимости от фона минерального питания, ц/га (среднее за 2016-2020 гг.)

Культура, предшественник (А)	Удобрения (В)	
	без удобрений (контроль)	с удобрениями
Озимый ячмень по сорго	21,2	29,7
Озимый ячмень по льну	22,6	33,1
Лён масличный по озимой пшенице	11,9	14,7
Лён масличный по подсолнечнику	8,2	11,6
Подсолнечник по озимой пшенице	9,6	14,1
Подсолнечник по озимому ячменю	9,5	15,4
Подсолнечник по льну масличному	9,1	12,9
Сорго по озимой пшенице	20,6	28,8
Озимая рожь по подсолнечнику	44,0	54,7
НСР ₀₅ озимый ячмень: А – 1,29-1,55; В – 0,67-0,79; лён масличный: А – 0,25-0,35; В – 0,13-0,18; подсолнечник: А – 0,12-0,23; В – 0,06-0,10; сорго: А – 2,18-3,25; В – 2,10-3,99		

Из всех выращиваемых в опыте культур (кроме сидеральной культуры и озимой пшеницы), наибольшая продуктивность в среднем за 2016-2020 гг. была отмечена по озимому ячменю – 21,2-22,6 и 29,7-33,1 ц/га соответственно

на неудобренном и удобренном фоне. При размещении ячменя после масличного льна было получено на 1,5-3,4 ц/га больше зерна по сравнению с предшественником сорго на зерно.

Прирост от удобрений по ячменю был максимальным и составил 8,5-10,4 ц/га, по сорго составлял 8,3 ц/га. Что касается сидеральной культуры (рожь озимая), то прирост урожая зелёной массы от применения удобрений также был значительным – 10,8 ц/га. По масличному льну в среднем за пять лет исследований прибавка от удобрения была минимальной – 2,8-3,4 ц/га, а по подсолнечнику – в пределах 3,8-6,0 ц/га.

Наши исследования показывают, что максимальная урожайность семян подсолнечника наблюдалась при размещении по зерновым колосовым (14,1-15,4 ц/га при внесении $N_{60}P_{60}$), менее на 1,2-2,5 ц/га были получены семена подсолнечника по льну масличному.

Максимальная урожайность семян льна была зафиксирована после озимой пшеницы (11,9-14,7 ц/га в зависимости от фона питания). Размещение культуры по подсолнечнику снижало урожай на 3,1-3,7 ц/га.

Таким образом, средняя за пять лет урожайность культур в севооборотах составляла (за внесение $N_{60}P_{60}$): пшеница озимая – 37,5 ц/га, ячмень озимый – 31,4 ц/га, сорго – 28,8 ц/га, подсолнечник – 14,2 ц/га, лен масличный – 13,2 ц/га. Наиболее отзывчивыми культурами на удобрения оказались озимый ячмень (прирост 9,5 ц/га), сорго зерновое (прирост 8,3 ц/га), рожь озимая на зелёную массу (прирост 10,8 ц/га). Оптимизация предшественников в севооборотах обеспечивала повышение урожая на 1,2-7,1 ц/га в зависимости от фона питания, наиболее отзывчивой на размещение по лучшему предшественнику оказалась пшеница озимая, формируя урожай зерна на 1,6-7,1 ц/га выше на черном и сидеральном парах.

Влияние удельного веса черного пара и зерновых культур на эффективность севооборотов. Для определения эффективности севооборотов по данным признакам проведено группирование вариантов по степени насыщенности черным паром. Во всех исследуемых севооборотах доля черного пара варьировала от 10 до 20% севооборотной площади. При этом изменялась доля зерновых культур в севообороте – от 20 до 60% за счёт введения дополнительного поля сорго.

Доказано, что на уровне севооборота в целом влияние черного пара распространялось не только на озимые культуры (табл. 5). Последствие его на урожай в звеньях зернопаропропашного севооборота распространяется на третью и четвертую культуру. Если на озимых зерновых культурах были получены приросты урожая зерна 3,2-5,0 ц/га по сравнению со звеньями севооборотов с занятыми парами, то для яровых культур эти приросты составляли от 1,0 до 2,2 ц/га.

В результате обобщения экспериментальных данных доказано, что наличие черного пара и зерновых культур заметно влияет на экономические, энергетические и натуральные севооборотные показатели. В результате положительного влияния черного пара на урожайность зерна озимой пшеницы, в

севооборотах с 20% насыщением черного пара выход продовольственного зерна увеличивается – на 4-10% по сравнению с севооборотами без черного пара и с 10% его насыщением.

Таблица 5. Последствие чёрного и занятого паров на урожайность с.-х. культур в звене исследуемого неполивного севооборота (среднее за 2016-2020 гг.)

Культура севооборота	Урожайность, ц/га		Разница в урожае, ± ц/га
	звено с чёрным паром	звено с занятым паром	
Озимая пшеница	34,4	29,4	5,0
Озимый ячмень	29,8	26,6	3,2
Лён масличный	13,8	11,6	2,2
Подсолнечник	13,9	11,8	2,1
Сорго	25,7	24,7	1,0
НСП _{ос} , ц/га	0,43	0,38	—

В среднем по фонам питания увеличение удельного веса черного пара положительно влияет на выход продукции с одного гектара севооборотной площади. Так, выход зерна увеличивается на 2-5 %, в том числе продовольственного - на 4-8 %, кормопротеиновых единиц всей продукции - на 4-6%, выход энергии основной продукции - на 13-17 %, энергетический коэффициент при этом доходит до 3,33. При этом уровень рентабельности повышается до 73%, что объяснимо повышением урожайности озимой пшеницы, которая является влиятельным фактором ценообразования продукции, а также повышением качества ее зерна по сравнению с другими предшественниками.

Негативной стороной увеличения удельного веса черного пара до 20% в неполивных севооборотах является рост дефицита баланса гумуса – при полном изъятии побочной продукции с урожаем он составляет -774 кг/га в среднем по фонам питания, при этом отрицательный баланс отмечен и по другим вариантам севооборотов (с 10-20% насыщением сидерального пара он доходит до минус 262-541 кг/га). Расчёты показали, что заделка в почву надземной массы озимой ржи с корневыми остатками эффективно влияет на накопление в почве гумуса. Как следствие, положительный баланс гумуса наблюдается в вариантах с 10 и 20% насыщением сидеральным паром при использовании побочной продукции культур (плюс 155-523 кг/га соответственно). Таким образом, для уменьшения дефицита гумуса в почве неорошаемых севооборотов возможна частичная замена навоза на пожнивное зелёное удобрение (сидерат) совместно с использованием минеральных удобрений.

Следовательно, для сохранения плодородия почвы и получения хороших хозяйственно-экономических параметров севооборотов можно использовать севообороты с насыщением по 10-20% сидерального пара без извлечения побочной продукции. Эти варианты обеспечивают положительный баланс гуму-

са (в среднем по фонам питания он составляет от +155 до +523 кг/га), при этом уровень рентабельности таких севооборотов составляет 65-67%.

Выводы. Установлено, что в среднем за 2016-2020 гг., в исследуемых севооборотах озимая пшеница оказалась наиболее урожайной культурой со средней урожайностью 37,5 ц/га, что на 6,1-24,3 ц/га выше этого показателя по другим культурам. Коэффициент водопотребления пшеницы был одним из самых низких и находился в диапазоне от 1127 до 1373 м³/т. Исследования указывают на то, что озимая пшеница в неполивных условиях Северного Причерноморья, выступает здесь как средство уменьшения негативного влияния климатических изменений и засухи и, что особенно важно, как культура, способствующая стабилизации производства зерна.

Преимущества озимых в том, что они более урожайные, лучше используют осеннюю, зимнюю, ранневесеннюю влагу и питательные вещества из почвы, надёжно защищает почву от ветровой эрозии, имеет важное значение в борьбе с сорняками. Кроме того, доказано, что в севообороте наивысшую продуктивность имели озимые зерновые культуры при применении рекомендованной дозы удобрений ($N_{60}P_{60}$), который был равен 29,7-38,3 ц/га. Определено, что оптимизация предшественников обеспечивает повышение урожая всех культур севооборотов на 1,2-7,1 ц/га в зависимости от фона минерального питания, наиболее отзывчивой является озимая пшеница, которая формирует выше на 1,6-7,1 ц/га урожай зерна по черному и сидеральному парам. Положительное действие черного пара распространяется на третью и четвертую культуру севооборота – урожай озимых культур здесь составляет на 3,2-5,0 ц/га выше по сравнению со звеньями с занятыми парами, для яровых культур эти приросты составляют от 1,0 до 2,2 ц/га.

В неорошаемом земледелии, с учётом дефицита осадков, сверхвысокий уровень интенсификации технологии, в частности, большие дозы удобрений использовать экономически нецелесообразно, однако ведение севооборотов без их внесения сопровождается значительными потерями гумуса. Воспроизводство плодородия почвы возможно при оптимальном уровне интенсификации (внесение умеренных доз удобрений – $N_{60}P_{60}$) без возврата побочной продукции на поля, при следующей структуре посевных площадей: черный/сидеральный пар (по 10%), озимая пшеница (40%) масличные культуры (40%). В современных условиях необходима приоритетность развития зерновой отрасли и необходимость перехода на севообороты с засухоустойчивыми культурами, а также дифференцированного подхода к подбору масличных культур в севообороты. Так, в неполивных условиях Северного Причерноморья следует расширить посевы таких с.-х. культур, как рапс, лен масличный, горчица и т.д. При этом оптимальной будет структура посевных площадей с удельным весом паров 20% (в т.ч. черного – 10-20% или сидерального – 10-20%), зерновых культур – 40% (в т.ч. озимой пшеницы от 20%), технических культур – 40 % (в т.ч. 20 % подсолнечника и 20 % льна масличного) позволяет получить наибольший

выход продовольственного зерна (6,8-14,0 ц с 1 га севооборотной площади) и семян масличных культур (5,5-5,8 ц с 1 га севооборотной площади), обеспечивая при этом бездефицитный баланс гумуса (365-733 кг/га).

По совокупности оценочных критериев (выход зерна и семян, валовой продукции, прибыль, накопление гумуса и др.) оптимальными для Северного Причерноморья будут зернопаропропашные севообороты с таким чередованием с.-х. культур по полям:

1 модель: черный/сидеральный пар (по 10%) – озимая пшеница (20%) – лен масличный (20%) – ячмень озимый (20%) – подсолнечник (20%);

2 модель: черный/сидеральный пар (по 10%) – озимая пшеница (20%) – лен масличный (20%) – пшеница озимая (20%) – подсолнечник (20%);

3 модель: сидеральный пар (20 %) – озимая пшеница (20 %) – лен масличный (20 %) – пшеница озимая (20%) – подсолнечник (20%);

При применении наиболее распространённых в Северном Причерноморье севооборотов установлено, что введение льна масличного в севообороты даёт возможность увеличить удельный вес технических культур до 40% и создаёт условия для расширения посевов озимой пшеницы.

В связи с тем, что в паровом поле происходит интенсивная минерализация гумуса, на таких полях рекомендуется вносить навоз нормой не менее 30-35 т/га. Однако из-за нехватки органических удобрений, с одной стороны, и организационных трудностей – с другой, чистые пары в большинстве случаев их не получают, что ведёт к снижению плодородия почвы.

Поэтому перспективным является применение сидеральных паров в севообороте как важного элемента системы удобрений и источника органического вещества в почве. Для каждого хозяйства необходимо планировать и применять уникальную схему севооборотов, которая в наибольшей степени отвечает конкретным природным и хозяйственно-экономическим условиям.

Список использованных источников:

1. Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от норм применения минеральных удобрений на черноземе выщелоченном центральной зоны Краснодарского края / Е.Н. Григорьев, А.С. Найденов, А.А. Макаренко, О.А. Кузьминов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 24–26 ноября 2015 года / Ответственный за выпуск: А.Г. Коцаев.

References:

1. Grain yield of winter wheat depending on the norms of application of mineral fertilizers on leached chernozem of the central zone of the Krasnodar Territory / E. N. Grigoriev, A. S. Naidenov, A. A. Makarenko, O. A. Kuzminov // Scientific support of the agro-industrial complex : Collection of articles based on the materials of the IX All-Russian Conference of Young Scientists, Krasnodar, November 24–26, 2015 / Responsible for the issue: A.G.

– Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 636-638.

2. Николаев, Е.В. Адаптивные технологии – основное направление развития растениеводства / Е.В. Николаев, А.М. Изотов, Б.А. Тарасенко // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2012. – № 149. – С. 5-13.

3. Исакова, С.В. Урожайность зерна кукурузы в зависимости от некорневых подкормок в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края / С.В. Исакова, А.А. Макаренко, Т.В. Логойда // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кошаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 868-869.

4. Гонгало, А.А. Качество зерна озимого ячменя при прямом посеве с инокуляцией семян комплексом микробных препаратов в условиях степного Крыма / А.А. Гонгало, А.М. Изотов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 29(192). – С. 16-21.

5. Макаренко, А.А. Моделирование и оптимизация режима орошения полевых культур на уровне севооборотов и полей с учётом метеорологических факторов / А.А. Макаренко, С.В. Кокотихин, Е.С. Бойко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного

Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University, 2016. – P. 636-638.

2. Nikolaev, E. V. Adaptive technologies - the main direction of development of crop production / E. V. Nikolaev, A. M. Izotov, B. A. Tarasenko // Scientific works of the Southern Branch of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine "Crimean Agrotechnological University". Series: Agricultural Sciences. – 2012. – No. 149. – P. 5-13.

3. Isakova, S. V. Corn grain yield depending on foliar fertilizing in the zone of unstable moisture in the Krasnodar region / S. V. Isakova, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles on materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists, dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26–30, 2016 / Rep. per issue A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 868-869.

4. Gongalo, A. A. Quality of winter barley grain during direct sowing with seed inoculation with a complex of microbial preparations in the conditions of the steppe Crimea / A. A. Gongalo, A. M. Izotov // News of agricultural science of Tavrida. – 2022. – No. 29(192). – P. 16-21.

5. Makarenko, A. A. Modeling and optimization of the irrigation regime of field crops at the level of crop rotations and fields, taking into account meteorological factors / A. A. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 191. – P. 238-253.

университета. – 2023. – № 191. – С. 238-253.

4. Измаилова, Д.С. Влияние азотных удобрений и органоминеральных препаратов на урожайность и качество зерна твердой пшеницы / Д. С. Измаилова, А. М. Изотов // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 1(25). – С. 113-123.

6. Адамень, Ф.Ф. Математическое моделирование продуктивности орошаемой озимой пшеницы в зависимости от влияния метеорологических факторов в условиях Северного Причерноморья / Ф.Ф. Адамень, С.В. Коковихин, А.Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 6-16.

7. Вожегова, Р.А. Моделирование и агромелиоративное обоснование севооборота на неполивных и орошаемых землях Южной Степи Украины / Р. А. Вожегова, И.Н. Беляева, С.В. Коковихин // Научно-технический бюллетень Института масличных культур НААН. – 2016. – № 23. – С. 110-120.

8. Коковихин, С.В. Агрометеорологическое обоснование климатической оптимизации агротехнологий основных культур на территории Донецко-Донского северо-степного края / С.В. Коковихин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 30(193). – С. 89-97.

9. Ничипуренко, Е.Н. Влияние системы удобрений на фоне отвальной обработки на продуктивность озимой пшеницы на мочарных почвах центральной зоны Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам XII

4. Izmailova, D. S. The influence of nitrogen fertilizers and organomineral preparations on the yield and quality of durum wheat grain / D. S. Izmailova, A. M. Izotov // Tauride Bulletin of Agrarian Science. – 2021. – No. 1(25). – pp. 113-123.

6. Adamen, F. F. Mathematical modeling of the productivity of irrigated winter wheat depending on the influence of meteorological factors in the conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of Agricultural Science of Tavrida. – 2023. – No. 33(196). – P. 6-16.

7. Vozhegova, R. A. Modeling and agro-reclamation justification of crop rotation on non-irrigated and irrigated lands of the Southern Steppe of Ukraine / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Sciences. – 2016. – No. 23. – P. 110-120.

8. Kokovikhin, S. V. Agrometeorological justification for climate optimization of agricultural technologies of main crops on the territory of the Donetsk-Don north-steppe region / S. V. Kokovikhin // News of Agricultural Science of Tavrida. – 2022. – No. 30(193). – pp. 89-97.

9. Nichipurenko, E. N. The influence of the fertilizer system against the background of moldboard cultivation on the productivity of winter wheat on mochar soils in the central zone of the Krasnodar region / E. N. Nichipurenko // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the XII All-Russian

Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 05–08 февраля 2019 года / Отв. за вып. А.Г. Кошчаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 233-234.

10. Нодиров, Н.Ф. Воздействие технологии выращивания сельскохозяйственных культур на содержания гумуса в подпахотном слое / Н.Ф. Нодиров, Т.Д. Федорова, Е.Н. Ничипуренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. В 3-х частях, Краснодар, 01 марта 2022 года / Отв. за выпуск А.Г. Кошчаев. Том Часть 1. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 129-131.

11. Ничипуренко, Е.Н. Изменения содержания общего гумуса в почве травяно-зернопропашного севооборота в зависимости от системы основной обработки почвы в низинно-западинном агроландшафте / Е.Н. Ничипуренко, Д.В. Горобец, И.А. Павелко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции, Краснода, 19 декабря 2019 года / Ответственный за выпуск А.Г. Кошчаев. – Краснода: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 19-20.

12. Corona discharge influence on winter wheat and winter barley seeds infected by fungal disease / V. L. Bychkov, V.A. Chernikov, K.I. Deshko [et al.] // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2021. – Vol. 49, No. 3. – P. 1034-1040.

Conference of Young Scientists, Krasnodar, February 05–08, 2019 / Rep. per issue A.G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2019. – pp. 233-234.

10. Nodirov, N. F. Impact of technology for growing agricultural crops on the humus content in the subsoil layer / N. F. Nodirov, T. D. Fedorova, E. N. Nichipurenko // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on materials 77- th scientific and practical conference of students based on the results of research for 2021. In 3 parts, Krasnodar, March 01, 2022 / Rep. for the release of A.G. Koshchaev. Volume Part 1. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2022. – pp. 129-131.

11. Nichipurenko, E. N. Changes in the content of total humus in the soil of grass-grain crop rotation depending on the system of basic tillage in the low-lying agricultural landscape / E. N. Nichipurenko, D. V. Gorobets, I. A. Pavelko // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of abstracts based on the materials of the All-Russian (national) conference, Krasnodar, December 19, 2019 / Responsible for the issue A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2019. – pp. 19-20.

12. Corona discharge influence on winter wheat and winter barley seeds infected by fungal disease / V. L. Bychkov, V. A. Chernikov, K. I. Deshko [et al.] // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2021. – Vol. 49, No. 3. – P. 1034-1040.

13. Makarenko, A. A. Productivity of winter wheat depending on the system of basic tillage, the use of mineral fertilizers

13. Макаренко, А.А. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от системы основной обработки почвы, применения минеральных удобрений и гербицидов на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Макаренко Александр Алексеевич. – Краснодар, 2008. – 179 с.

14. Влияние системы удобрений на высоту озимой пшеницы сорта граф в Центральной зоне Краснодарского края / Е.Н. Ничипуренко, Д.В. Горобец, Ш.Ю. Чимидов, Т.Д. Федорова // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы XI Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 23–24 июня 2021 года. Том 2021-1. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. – С. 71-76.

15. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.

16. Ничипуренко, Е.Н. Влияние системы удобрений на фоне отвальной обработки на продуктивность озимой пшеницы на мочарных почвах центральной зоны краснодарского края / Е.Н. Ничипуренко, В.П. Василько // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса : Сборник статей по итогам международной научно-практической конференции, Саратов, 16–22 июля 2019 года. – Саратов: Общество с ограниченной

and herbicides on leached chernozem of Western Ciscaucasia: specialty 06.01.01 "General agriculture, plant growing": dissertation for the academic degree of candidate of agricultural sciences / Makarenko Alexander Alekseevich. – Krasnodar, 2008. – 179 p.

14. The influence of the fertilizer system on the height of winter wheat variety graph in the Central zone of the Krasnodar region / E. N. Nichipurenko, D. V. Gorobets, Sh. Yu. Chimidov, T. D. Fedorova // Agrarian science and education at the current stage of development : experience, problems and ways to solve them: Materials of the XI International Scientific and Practical Conference, Ulyanovsk, June 23–24, 2021. Volume 2021-1. – Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after. P.A. Stolypin, 2021. – pp. 71-76.

15. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.

16. Nichipurenko, E. N. The influence of the fertilizer system against the background of moldboard cultivation on the productivity of winter wheat on mochar soils in the central zone of the Krasnodar region / E. N. Nichipurenko, V. P. Vasilko // Modern problems and prospects for the development of the agro-industrial complex: Collection of articles following the results of the international scientific and practical conference, Saratov, July 16–22, 2019. – Saratov: Limited Liability Company "Amirit", 2019. – P. 415-417.

17. The influence of soil cultivation systems and mineral fertilizers on the

ответственностью "Амирит", 2019. – С. 415-417.

17. Влияние систем обработки почвы и минеральных удобрений на рост, развитие и урожайность зерна озимого ячменя в равнинно-степном агроландшафте Центральной зоны Краснодарского края / Н.И. Бардак, А.А. Макаренко, Т.В. Князева, Ю.А. Тучапский // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 87-93.

18. Макаренко, А.А. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от системы основной обработки почвы, применения минеральных удобрений и гербицидов на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Макаренко Александр Алексеевич. – Краснодар, 2008. – 24 с.

19. Изотов, А.М. Элементы плодородия и урожайность озимой пшеницы в связи с удельным электрическим сопротивлением почвы / А.М. Изотов, Б.А. Тарасенко, Д.П. Дударев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5(55). – С. 35-38.

20. Затолокина, Ю.А. Влияние некорневых подкормок на урожайность зерна озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Ю.А. Затолокина, А.А. Макаренко, Т.В. Логойда // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за

growth, development and grain yield of winter barley in the plain-steppe agro-landscape of the Central zone of the Krasnodar Territory / N. I. Bardak, A. A. Makarenko, T. V. Knyazeva, Yu. A. Tuchapsky // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2018. – No. 74. – P. 87-93.

18. Makarenko, A. A. Productivity of winter wheat depending on the system of basic tillage, the use of mineral fertilizers and herbicides on leached chernozem of the Western Ciscaucasia: specialty 06.01.01 "General agriculture, plant growing": abstract of the dissertation for the scientific degree of candidate of agricultural sciences / Makarenko Alexander Alekseevich. – Krasnodar, 2008. – 24 p.

19. Izotov, A. M. Elements of fertility and yield of winter wheat in connection with the electrical resistivity of the soil / A. M. Izotov, B. A. Tarasenko, D. P. Dudarev // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. – 2015. – No. 5(55). – pp. 35-38.

20. Zatolokina, Yu. A. The influence of foliar fertilizing on the grain yield of winter wheat in the central zone of the Krasnodar region / Yu. A. Zatolokina, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles on materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists, dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26–30, 2016 / Rep. per issue A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 866-867.

21. Dispersion and correlation analysis in plant growing and

вып. А. Г. Коцаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 866-867.

21. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве : Монография / В.А. Ушкаренко, Н.Н. Лазарев, С.П. Голобородько, С.В. Коковихин. – Москва : Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. – 336 с.

grassland management: Monograph / V.A. Ushkarenko, N.N. Lazarev, S.P. Goloborodko, S.V. Kokovikhin. – Moscow: Publishing house RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazeva, 2011. – 336 p.

Сведения об авторах:

Фёдор Фёдорович Адамень – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НААН, советник директора по науке Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – национальный научный центр РАН».

Сергей Васильевич Коковихин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, исполняющий обязанности заведующего кафедрой общего и орошаемого земледелия Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

Алена Федоровна Сташкина – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник «Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского — природный заповедник РАН»

Information about the authors:

Fedor Fedorovich Adamen – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Advisor to the Director for Science of the Federal State Budgetary Institution of Science "Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden - National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences".

Sergey Vasilievich Kokovikhin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Acting Head of the Department of General and Irrigated Agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", e-mail: serg.ac@mail.ru, 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

Alyona Fedorovna Stashkina – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Karadag Scientific Station named after T. I. Vyazemsky – Nature Reserve of the Russian Academy of Sciences

УДК 674.031.765.27

**ИССЛЕДОВАНИЯ
ФИТОГЕОГРАФИЧЕСКОГО
АРЕАЛА РАСПРОСТРАНЕНИЯ
РОДА ФИСТАШКИ
PISTACIA SPP. L
В ИРАНЕ**

**STUDIES OF THE
PHYTOGEOGRAPHIC
AREADISTRIBUTION
OF THE PISTACHIO GENUS
PISTACIA
SPP. L IN IRAN.**

Сташкина А.Ф., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФИЦ ИнБЮМ Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского - природный заповедник РАН.

Stashkina A.F., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at FRC IBSS Karadag Scientific Station named after T.I. Vyazemsky - Nature Reserve of the RAS.

В статье представлены результаты исследований по распространению фисташек рода Pistacia spp. в Иране (виды Pistacia vera, Pistacia mutica и Pistacia khinjuk). В данной статье также освещается выявление взаимосвязей между геоэкологическими условиями среды и эволюцией рода Pistacia spp. с адаптационными характеристиками и географическим распределением. Эти материалы были получены путем объединения многочисленных и разнородных данных, собранных нами из опубликованных атласов, в монографиях, содержащих распределение видов, из национальных и региональных источников, баз данных географических распространений, научной и неофициальной литературы. Это позволяет по полученным данным проследить эволюцию распространения Pistacia spp. на территории Ирана.

Ключевые слова: фисташка, фитогеографический ареал, сокращение популяции, нарушенные биотопы.

This article shows the results of studies on the distribution of the pistachio genus Pistacia spp. in Iran (species Pistacia vera, Pistacia mutica and Pistacia khinjuk). This article also highlights the identification of relationships between geo-ecological environmental conditions and the evolution of the genus Pistacia spp. with adaptation characteristics and geographical distribution. These materials were obtained by combining the numerous and heterogeneous data we collected from published atlases in monographs containing species distributions, from national to regional sources, geographic occurrence databases, scientific and gray literature. This makes it possible, using the data obtained, to trace the evolution of the distribution of Pistacia spp. on the territory of Iran.

Key words: pistachio, phytogeographical area, population decline, disturbed biotopes.

Введение. В отношении происхождения фисташкового дерева в Иране существуют разнообразные мнения. Причиной этого может служить то, что исследователи не говорят об определенном виде фисташки, и называют разные деревья из рода фисташек. Это привело к тому, что разные страны названы как центрами происхождения фисташки. В том числе в разных энциклопедиях, таких как Британика, происхождением фисташки считают Иран, Ларрус – малую Азию, и Американа – Западную Азию. В книге «Иранская фисташка» Мохаммад Хасан Абришами пишет относительно происхождения фисташки: «Земля, которую далее стали называть Партом, и потом Хорасаном, является главным центром происхождения фисташковых деревьев».

Документы показывают, что в эпоху Ахеменидов фисташки считались сельскохозяйственным растением, и кроме упомянутого района это дерево в никаком другом районе не росло. Таким образом, в древние времена исключительно Иран экспортировал фисташки» [1].

Материалы и методы исследования. Основной материал исследования состоит из вторичных данных о площади распространения растений рода Фисташки (*Pistacia spp.*) в разных природно-климатических условиях. В исследовании были использованы статистические данные Министерства сельского и лесного хозяйства Ирана, ФАО, результаты исследований международного и национального уровня, связанных с данной темой. В этом исследовании в качестве метода используется особенности распространения видов фисташковых деревьев в разных регионах Ирана. Материалы были получены методом объединения многочисленных и разнородных данных, собранных нами из опубликованных атласов в монографиях, содержащих места распространения видов, от национальных до региональных источников, географических баз данных встречаемости, научной и неофициальной литературы. Основной целью анализа является определение взаимосвязей между гео-экологическими условиями окружающей среды и эволюцией рода *Pistacia spp.* с адаптационными признаками и географическим распределением.

Результаты исследования. Геоботанические и генетические условия размещения рода *Pistacia spp.* на территории Ирана. Иран характеризуется преобладанием аридных ландшафтов с широким распространением пустынь, опустыненных и сухих степей, наличием огромных бессточных областей. В силу большой площади и положения на стыке трех крупных фитогеографических подзон (Гирканской, Загросской и Ирано-Туранской) растительный покров Ирана характеризуется большим разнообразием – как таксономическим, так и ландшафтным. Большую часть территории страны занимает Иранское нагорье.

Высокое разнообразие иранской флоры обусловлено тем, что здесь идет столкновение флор разных фитогеографических областей. Во флоре Ирана господствуют ирано-туранские элементы – представители Ирано-Туранской флористической области, которая характеризуется континентальным климатом с низким количеством осадков и охватывает Центральную Азию с Ближним

Востоком, включая Мавританскую степную провинцию в Северной Африке [2].

Почвенный покров Ирана отличается значительной пестротой, но общим для всех почв страны является их щебнистость, особенно в горных и предгорных равнинах, а также повышенная засоленность. Почти все почвы в пустынях более или менее карбонатные, что может сочетаться с соленостью и присутствием натриевых соединений. Часто в почвенном профиле образуются сцементированные слои, цементирующее вещество – карбонат кальция, сульфат кальция или соли натрия.

На склонах распространены горно-каштановые почвы, в более увлажненных местах горные лесные буроземы, с большим содержанием гумуса, а также черноземовидные и горно-луговые почвы. На Каспийском побережье встречаются субтропические лесные буроземы и желтоземы. По речным долинам развиты аллювиальные почвы, в оазисах – окультуренные, а местами полностью искусственно созданные (буквально принесенные на руках), среди которых встречаются и почвы, вторично засоленные неправильным орошением.

Для более полного понимания общей схемы распределения растительности в Иране приведем общую геоботаническую характеристику части Западного Ирана, на которой хорошо видны основные биомы:

- лесостепи (саванны) в предгорьях Загроса и горных хребтах внутренней части Иранского нагорья (на высотах 500-700 м): характерны низкорослые деревья и кустарники *Amygdalus scoparia*, *Pistacia spp. atlantica*, *Ziziphus spina-christi*;

- дубовые леса в горах Загроса (на высотах 700–800 и до 2500 м): доминанты *Quercus brantii*, *Q. infectoria*, *Pyrus syriaca*, *Acer cinerascens*, *Pistacia spp. atlantica*, *Fraxinus rotundifolia* и др.;

- высокогорные фриганы и арчовые редколесья на южном макросклоне Эльбурса и в Загросе на высотах выше 2000 м;

- пустыни и опустыненные степи, в том числе кустарниковые, внутренней части Иранского нагорья (на высотах в диапазоне 1400–2500 м при количестве осадков менее 300 мм характерны типичные иранские полынные степи).

Четвертый крупный биом – степь в Месопотамской низменности (высота 200-600 м над уровнем моря) – находится на западе Ирана. В низменности распространены опустыненные степи с кустарниками (*Paliurus spina-christi*) и полынные степи.

Из приведенных данных видно, что леса, на долю которых приходится немногим более 1% территории страны, приурочены лишь к узким полосам внешних склонов окраинных гор (Эльбурса, Загроса) и к более влажным тенистым ущельям в соседних с ними областях.

В основном в этих регионах растут растениями рода *Pistacia spp* группами или одиночными. Это прослеживается и на карте составленной нами на основании изученных многочисленных данных о распространении фисташки *Pistacia spp* (рис.1).



Рисунок 1. Распространение видов фисташки *P. vera*, *P. mutica* и *P. khinjuk* в Иране.

Генетическое разнообразие является одним из аспектов биологического разнообразия, который чрезвычайно важен для стратегий сохранения, особенно редких и узко-эндемичных видов к которым относится и род фисташка *Pistacia* spp. Сохранение генетического разнообразия этих растений может значительно повысить их долгосрочное выживание и эволюцию в изменяющихся условиях окружающей среды. Редкие и эндемичные растения вносят вклад в биоразнообразие и помогают сохранить генофонд местной флоры [3].

Популяционно-генетические исследования предоставляет ценную информацию о генетической структуре видов и сортов *Pistacia* spp. стратификации в зависимости от потока генов среди популяций видов, генетической дивергенции популяций фисташки. Чтобы эффективно использовать различные генотипы фисташек, важно знать генетические вариации и генетические взаимосвязи, которые существуют между ними [4].

Эта информация имеет различное применение - от чистого понимания биологии вида до сохранения видов, находящихся под угрозой исчезновения, выбора подходящих родителей для гибридизации и размножения, а также фитогеографии и механизма инвазии.

Фисташки оказывают важное социально-экономическое и экологическое воздействие в засушливых и полусухих сельскохозяйственных регионах Ирана. Кроме того, в Иране обитает большое генетическое разнообразие *Pistacia*

spp. Кроме того, по всему миру было собрано более 300 генотипов фисташек [5].

Таким образом, Иран обладает ценной зародышевой плазмой для программ улучшения качества и сохранения фисташек. Поэтому важна оценка генетического разнообразия и взаимосвязей между генотипами иранской фисташки с использованием дискриминативных и надежных маркеров.

Такие исследования должны быть направлены на оценку генетического разнообразия иранской фисташки, чтобы помочь сохранить ее зародышевую плазму. Полученная информация о генетических вариациях между различными популяциями и внутри них подготовит почву для разработки соответствующих стратегий сохранения.

Анализ, проведенный Mahdavi Mojdeh (2021), показал, что зародышевая плазма фисташек, выращиваемых в Иране, сильно варьирует, предположительно из-за специфических местных генетических особенностей, давления селекции или ограниченного обмена генетическим материалом [6].

Зародышевая плазма иранской фисташки, выявленная результатами исследований Mahdavi Mojdeh (2021), подтверждает необходимость внедрения более интенсивных стратегий определения характеристик, сохранения и селекции. Кроме того они были бы полезны для определения генетического разнообразия среди сортов фисташки в Иране.

Этот факт подтверждает предположение о том, что культивирование фисташек все чаще приводит к сокращению их генетической изменчивости из-за внедрения улучшенных сортов и доступности частных или государственных питомников привитых саженцев для фисташек, а также изменения условия для роста и развития растений.

Ahmad, R., L (2005) сообщили об умеренном разнообразии среди иранских, сирийских, турецких и американских фисташек и др. считают, что срочно требуется защита от утраты генетического разнообразия [7].

Maggs, D.H. (1973): показал, что в традиционных районах выращивания фисташек контакты между культивируемыми клонами и дикими видами довольно распространены и существуют сотни или даже тысячи лет. В результате межвидовая гибридизация фисташки настоящая - *P. vera* с другими видами фисташки привели к появлению различных гибридов с отличными генетическими характеристиками и происхождением [8].

Вместе с тем, несмотря на то, что Иран является одним из основных центров разнообразия фисташек и основным производителем фисташек в мире, иранская фисташковая коллекция имеет очень узкую генетическую базу.

Распространение рода *Pistacia* spp. на территории Ирана

Согласно ранним сообщениям, существуют две основные теории, касающиеся распространения видов фисташки рода *Pistacia* spp.: одна фокусируется на средиземноморском регионе Европы, Северной Африке и Ближнем Востоке. Альтернативой является восточная часть гор Загрос (Иран) и районы Кавказа от Крыма до Каспийского моря.

Таким образом, Иран является центром происхождения четырех важных видов фисташек: *P. vera*, *P. khinjuk* Stocks, *P. eurycarpa* Yalt. (*P. atlantica* subsp. *Kurdica* Zoh.) и *P. atlantica* Dsef [9].

Наиболее важными и наиболее распространёнными в Иране являются три вида, *P. vera*, *P. mutica* и *P. khinjuk*, *P. vera* в основном сосредоточена в регионе Сарахс, занимая площадь около 17 500 га (рис. 2).

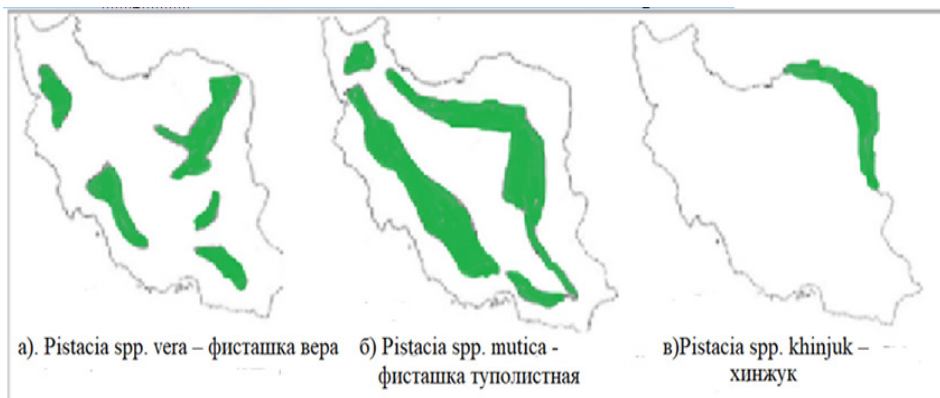


Рисунок 2. Схема расположения основных видов *Pistacia* spp. в Иране.

а) *Pistacia vera* – фисташка настоящая; б) *Pistacia khinjuk* – фисташка хинжук; в) фисташка – туполистная - *Pistacia* spp. *mutica* в Иране.

Вариации фисташки атлантической хинжук - *Pistacia khinjuk* в Иране произрастают:

- *P. khinjuk* var. *Heterophyllia* Bornm, распространенная в горах Джойпар, провинция Керман.

- *P. khinjuk* var. *populiphilia* Boiss с листьями из трех листочков, растет в Джойпаре альпийские районы. Листья этого сорта имеют от одной до пяти листочков-листочков.

- *P. khinjuk* var. *oblonga* Bornm, произрастающая в районе Кордестан к северо-западу от Ирана.

P. kurdica встречается на Западе Ирана.

Фисташка кабулика - *P. cabulica* в Южном Фарсе, Кермане, Блечестане, Хорасане, Голестане, Восточном и Западный Азербайджан, Кордестан, Керманшах, Лурестан, Гормозоран и предгорья горы Альборза, простирающиеся до Алемота, на высоте в среднем от 600 до 3000 м над уровнем моря).

Род *Pistacia* spp. в Иране является местным и разбросан по большинству населённых пунктов. Изобилие видов варьируется от редкого, эпизодического до обильного на нескольких участках, но большинство субпопуляций встречаются как изолированные деревья или как небольшие кластеры из 2-3 деревьев кроме *Pistacia vera*, площади которой постоянно расширяются.

Фисташка атлантическая - *Pistacia* spp. *atlantica* – один из наиболее широко распространенных диких видов в Иране. *P. atlantica* имеет три подвида,

включая *P. atlantica subsp. mutica*, *P. atlantica subsp. kurdica* и *Pistacia atlantica subsp. Cabulica*.

P. atlantica subsp. mutica - Фисташка туполистная, дикая фисташка, кево-вое дерево, скипидарное дерево, ложный бакаут происхождения из Ирана с ограниченной площадью распространился на побережье Средиземного и Чёрного моря, а также в Закавказье и Средней Азии. Распространены дикорастущие фисташковые леса *P. atlantica subsp. mutica* на большей части территории Ирана и охватывает приблизительно 32 тыс. га (рис. 3).



Рисунок 3. Распространение *P. atlantica subsp. Mutica* из центра происхождения (Иран) по Ближнему востоку, северу Африки и Европейской части.

(Афганистан, Алжир, Канарские острова, Кипр, Греция, Иран, Ирак, Крым, Ливан-Сирия, Ливия, Марокко, Северный Кавказ, Пакистан, Палестина, Саудовская Аравия, Синайский Полуостров, Закавказье, Тунис, Турция, Азербайджан, Туркменистан, Западные Гималаи)

Согласно с Зохари (1996), *P. atlantica subsp. mutica* в Северном Иране является подвидом *P. atlantica*. Фисташка (*Pistacia spp. mutica*) происходит из Центральной Азии северо-восток Ирана. Так же широко распространена в Провинции Хорасан (Хадже Калат, Шориче) и Голестан (Мараве Тапех) на 35°-38° северной широты, 56°- 60° восточной долготы, на высоте 750-1700 м над уровнем моря. Общая площадь, насаждений *P. atlantica* составляет около 20 000 га (Шейбани, 1995).

Эти деревья важны в лесных районах, потому что они обеспечивают защиту от ветра и водной эрозии, способствуют устойчивости почвы, обеспечивают урожайность и могут использоваться в качестве семян для культурных подвоев фисташки.

Поды *P. atlantica subsp. mutica* используются в качестве съедобных орехов и для получения масла (56 % ядра и 30 % мякоти). общий вес сделан из масла). С одного дерева можно извлечь до 200 г смолы. Смола используется в пищевой промышленности, в качестве фармацевтических препаратов и красителей.

Разновидности *P. atlantica subsp. mutica* проявляют разную степень чувствительности к видам фитофторы, но более чувствительны к *Phytophthora citrophthora* по сравнению с обычными подвоями фисташки. Низкая всхожесть

семян и низкая мощность проростков на ранних стадиях выявлена у *P. atlantica subsp. mutica* при использовании в качестве подвоя, для сортов фисташки. *P. atlantica subsp. mutica* имеет физический и внутренний покой.

P. atlantica subsp. mutica, используемая в качестве коммерческого подвоя, имеет благоприятные признаки, такие как вертикальный рост ствол, наличие простого ствола без разветвлений. Однако *P. atlantica subsp. mutica* вызывает локальные несовместимость привоя в районе прививки. Снижение урожайности наблюдается в Бадами и сорта Сарахс.

В период 1940-1945 гг. многие подвои *P. atlantica subsp. Mutica*, посаженные на площади около 500 га, привиты товарными отростками фисташки в условиях естественного и богарного земледелия. Это привело к очень успешному производству.

Сохранение диких и культивируемых фисташек в Иране

В настоящее время Научно-исследовательский институт фисташек им. Рафсанджана располагает тремя коллекциями мужских и женских сортов фисташек, а также некоторыми образцами видов фисташек. Женских фисташек. Коллекция является самой большой и включает 45 сортов из Керманской, Глязвинской и Семнанской областей.

Эти коллекции зародышевой плазмы были заложены в 1982 г. и привиты в 1983 и 1984 гг. Плантация расположена на расстоянии 47 м между деревьями и рядами соответственно. Каждый сорт представлен 18 деревьями и окулирован на подвоях Badami.

Одним из наиболее важных национальных проектов, проводимых Институтом Рафсанджана, является выявление, сбор, сохранение и восстановление генетических ресурсов фисташки. В этом проекте участвуют восемь провинций, и его основной целью является выявление новых сортов, предотвращение их генетической эрозии, их сбор и сохранение всех сортов на трех участках (расположенных в провинциях Керман, Газвин и Семнан). Этот проект также включает в себя оценку каждого сорта для их производительности в различных условиях и их потенциала в отношении селекции, размножения, борьбы с вредителями и т. д.

В Северо-Западной провинции Луристан находится ряд параллельных плодородных долин, простирающихся высоко в горах Загрос, в которых распространены три вида фисташки *P. vera*, *P. mutica* и *P. khinjuk*. Регион Пиш-и-Кух расположен к востоку от Кабир-Куха. В этом районе были поселения людей во время бронзового века еще в середине 3-го тысячелетия до нашей эры и по историческим сведениям уже в то время использовали фисташковые орехи.

С точки зрения климата провинцию можно разделить на три части. В горных районах, таких как Боруджерд, Доруд, Азна, Нурабад и Алештар, холодная зима и умеренное лето. В центральном регионе весенний сезон начинается в середине февраля и длится до середины мая. Однако южные районы, такие как Пол-и-Дохтар и Папи, находятся под влиянием теплых воздушных потоков Хузестана, и здесь жаркое лето и относительно умеренная зима, что благопри-

ятствует росту и развитию три вида фисташки *P. vera*, *P. mutica* и *P. khinjuk*.

Сходные с провинцией Лурестан листопадные редколесья распространены в горных районах восточного Загроса, в восточных Иранских горах и в некоторых областях в нижней части южного макросклона Эльбурса. Фрагменты этих фисташников можно найти даже в пустынных районах на склонах северной экспозиции. Например, довольно богатая растительность обнаруживается на горных склонах горы Сьякох в Кевирском национальном парке.

Такие же фрагменты находятся в Туранском биосферном заповеднике, где вместе с *Pistacia khinjuk* произрастают деревья – миндаль *Amygdalus scoparia*, вишня мелкоплодная *Cerasus microcarpa* и фисташка. Обычными видами этих фисташников и миндальников являются *Acantholimon talagonicum*, *Acantholimon sordidum*, *Aegopordon berardioides*, *Atraphaxis spinosa*, *Bunium persicum*, *Cousinia onopordioides*.

По данным Mobayen, Tregubov (1970), пояс фисташников с *Pistacia* spp. *atlantica* ssp. *mutica* идет в нижней части склонов Эльбурса на высотах от 1600 до 1800 м. Спорадично в этом поясе встречаются также сумах *Rhus coriaria* и каркас южный *Celtis australis* (дерево из семейства Коноплевых). Растительность этого пояса подвергается интенсивному выпасу, на нарушенных участках доминируют ковыльные степи и полынные [12].

В сходном поясе в Загросе среди *Pistacia* spp. *atlantica* ssp. *mutica* обычны *Cotoneaster nummularia*, *Ephedra procera* и *Scariola orientalis*. Большая часть фисташников Ирана расположено около населенных пунктов с поливными полями.

Исследования показали, что на юго-западной окраине пустыни Деште-Лут, на высоте 2000 м. в горах Гебал-Барез расположены насаждения *Pistacia atlantica* ssp. *mutica*. Некоторые люди ошибочно считают, что самое жаркое место в мире — это пустыня Сахара. На самом же деле это звание принадлежит пустыне Деште-Лут, которая расположена на территории Ирана. В 2005 году поверхность этой точки земного шара нагрелась до +71°C.

В Провинции Илам находятся насаждения Фисташки атлантической *Pistacia* spp. *mutica*., расположенной на юго-западе Ирана, в центре Загроса, что граничит с Ираком на западе, провинцией Хузестан на юге, провинцией Лорестан на востоке и провинцией Керманшах на севере. Северная и восточная части гористая, тогда как юго-запад покрыт низкими равнинами, которые простираются до границ Ирака и Хузестана.

Горы на севере и востоке Загроса в основном параллельны, тянутся в направлении северо-запад-юго-восток. Эти горы разделены равнинами и холмами, которые в основном используются поселенцами для выращивания фисташек *P. vera* и сельскохозяйственных культур и садов.

В центральном и восточном Иране по Кухруд-Кохбананским горам простираются лесостепи. Это часть Ирано-Туранской геоботанической области, являющейся особенно активным центром видообразования. Растительность представляет собой сухие степи с отдельными разбросанными рощами фи-

сташки *P. mutica* и *P. khinjuk* и миндаля. Геоморфологически это всхолмленная равнина с отдельными небольшими горными массивами.

Во всех горах восточного Ирана характерен аридный климат, а на запад количество осадков достигает 100 мм; среднегодовая температура +15 – +18°C (максимальные в Кермане 44°C, в Исфахане 42°C, и соответственно минимальные для этих городов –14 и –18°C) (<http://ukhtoma.ru/geobotany/asia03.htm>).

Здесь характерны иранские лесостепи: мозаика редколесий из фисташки (*P. mutica* и миндаля (*Amygdalus* spp.), сухих степей и фриганы (колючих подушечных кустарничков). За исключением двух видов фисташки (*Pistacia* spp. *atlantica* и иногда *P. khinjuk*) остальные древесные виды представляют собой очень низкорослые деревья или кустарники. Считается, что в прошлые времена такие лесостепи из фисташки и миндаля были самой характерной горной растительностью Иранских нагорий.

Аридные редколесья в системе Эльбурса развиты только на южном макросклоне. Северный макросклон покрыт дубовыми, буковыми, грабовыми лесами, а южный – полуаридной растительностью – степями и ксерофитными группировками кустарников. Также до высоты 2600 м здесь обычны комбинации лесов из дуба, фисташки с зарослями сухолюбивых кустарников, клена, ясеня.

Иранские геоботаники считают, что ранее, в более гумидные эпохи, южный макросклон Эльбурса на высотах между 1300 и 1800 м был покрыт фисташковыми (*Pistacia mutica*) и грабовыми (*Crataegus*) лесами, а на высотах между 1800 и 3000 м – редколесьями из можжевельника высокого (*Juniperus excelsa*). (<http://ukhtoma.ru/geobotany/asia03.htm>).

Сообщества горных редколесий из дуба (*Quercus libani*, *Q. infectoria*, *Q. brantii*) и других листопадных деревьев в сочетании с кустарниковыми сообществами (*Amygdalus scoparia*, *Pistacia* spp. *atlantica*, *P. khinjuk*, *Daphne mucronata*) и степями наблюдаются в горах Загроса и Южно-Иранских гор.

На щебнистых почвах Загроса в районе Шираза, перевал Сервестан, 2150 м над уровнем моря. Распространены опустыненные степи (с доминированием злаков *Enneapogon brachystachyus*, *Lasiurus scindicus*, *Tricholaena teneriffae*), а по скалам идут лазящие растения – каперс *Capparis cartilaginea*. Особенно диагностичным видом является миндаль *Amygdalus scoparia* и другие виды этого рода, а также два подвида клена *Acer monspessulanum* subsp. *cinerascens* и *Acer monspessulanum* subsp. *persicum*, фисташки *Pistacia khinjuk* и *Pistacia* spp. *atlantica*. На склонах Кеч-Бэнд находятся изолированные реликтовые популяции фисташки *Pistacia khinjuk*: считается, что в более гумидные эпохи фисташники покрывали все горы южного Ирана и Пакистана (<http://ukhtoma.ru/geobotany/asia03.htm>).

Ксерофильные редины и редкие кустарники комбинируются здесь с дубовыми лесами, идя полосой по Месопотамских низменностям и равнинам вдоль Персидского залива. После того, как дубовые леса выпадают, в южных и юго-восточных горных цепях и массивах продолжают кустарниковые сообщества – миндальники и фисташники *Pistacia khinjuk* и *Pistacia* spp. *atlantica*.

Последние острова этой растительности найдены на широте 27° с.ш. и на восток до хребта Тафтан к югу от Захедана.

В последнем районе часто наблюдается переход к опустыненным ксерофильным скрэбам. Vobek (1951) называет эти сообщества “фисташково-миндально-кленовыми сухими лесами” “остепненным скрэбом из *Juniperus–Pistacia* spp. –*Amygdalus*”. Особенно диагностичным видом является миндаль *Amygdalus scoparia* и другие виды этого рода, а также, фисташки [2].

Наиболее нарушенные биотопы, находящиеся в северной части гор Загрос, где подходят границы Турции, Ирана и Ирака, многие годы были местом военных действий. Политические напряжения и военные действия в Ираке, Иране и Турции привели к утрате многих лесов в том числе насаждения фисташки *Pistacia khinjuk* и *Pistacia* spp. *atlantica*. Поэтому сохранение биоразнообразия этого региона потребует крупных международных усилий.

Фисташково-миндалевые редколесья *Pistacia khinjuk* и *Pistacia* spp. *atlantica* фрагментами охраняются только в Туранском биосферном заповеднике. С 1964 г. начала охраняться обширная система равнин Великого Кевира: создан Кевирский национальный парк, а позднее – ряд особо охраняемых территорий в северо-восточной части.

Распространение фисташковых плантаций (*Pistacia vera*) в Иране

Иран является крупнейшим производителем фисташек в мире с объемом производства 551307 тонн в год. Общая площадь фисташковых плантаций в Иране составляет более 350000 га из них плодоносящие плантации составляют около 247000 га (табл. 1) [14].

Таблица 1. Четыре основных производителя фисташек *Pistacia vera* по странам. FAOSTAT Statistics Division Food and Agriculture Organization of the United Nations

Мировое производство фисташек по странам				
Страна	Производство (тонн)	Производство на человека (кг)	Площадь (гектар)	Урожайность (кг/га)
Иран	551307	6,743	825286	668,0
США	447700	1,366	106837	4190,5
Турция	240000	2,97	70087	3424,3
Китай	74828	0,054	22787	3283,8

Для Ирана характерны фисташники, покрытие деревьями, в которых в наиболее благоприятных экотопах может достигать 40%. В северо-восточном Иране, к востоку и северо-западу от Мешхеда, в поясе фисташников доминирует *Pistacea vera*. В отличие от Афганистана, в горной местности Ирана отсутствует пояс переходных к редколесьям миндальников (сообществ с кустарниковыми миндалями). В зоне фисташников из *Pistacia vera*, в основном на лессовых почвах, распространено богарное (неполивное) земледелие, а в самих редколесьях обычно активно выпасают скот [1].

Районы производства фисташек *Pistacia vera* в Иране расположены между

27 и 37 северной широтой и 700 и 3000 м над уровнем моря. Деревья переносят широкий диапазон температур (от -20 до 45°C) и при этом плодоносят. Длинное и теплое лето с низкой влажностью (RH<35%) подходит для производства орехов.

Одной из физиологических потребностей для производства плодов фисташки является потребность в прохождении холодного периода. Поскольку районы производства фисташек расположены в высоких широтах, эта физиологическая потребность и другие экологические потребности легко удовлетворяются, и, таким образом, коммерческое растениеводство может успешно развиваться.

Провинция Керман площадью 1 927 000 га является второй по величине провинцией Ирана и занимает 11% его общей площади. Эта провинция расположена между 25-32 северной и 53-59 восточной широты. Годовое количество осадков составляет около 120-140 мм. Среднее испарение составляет более 2000 мм, что обусловило пустынный климат этой территории.

Разнообразие культивируемых сортов фисташки (*P. vera*)

В провинции Керман зарегистрировано более 70 сортов. Стандартными признаками сортов, имеющих коммерческую ценность в Иране, являются: процент раскола скорлупы, форма и размер плода, а также оболочка ядра. Наличие в Иране различных экологических условий привело к высокому генетическому разнообразию фисташек, что необходимо для успешной селекционной программы.

Подвои Сарахса, привитые к трем коммерческим сортам, показали, что Сарахса обладает лучшими совместимостью, рост и производительность рядом с Бадами. Этот распространенный дикий вид часто встречается вместе с диким аминдалусом и другими лесными видами деревьев. Его листья разделены на пять-семь листочков, а цветки распускаются раньше, чем у *Pistacia vera* (разница от трех до пяти дней). Этот сорт занимает площадь до 3 000 000 га по всему Ирану [13].

Выводы. Численность насаждений *Pistacia spp.* в Иране и ареалы её обитания постоянно ухудшаются и уменьшаются из-за многочисленных угроз среднего и высокого воздействия, антропогенных и климатических последствий, особенно: безжалостный сбор для домашнего использования в качестве корма или дров и для торговли, практика сбора, чрезмерный выпас скота, препятствующий естественной регенерации и развитию молодых побегов, обезлесение, опустынивание, явление заиления, эрозии.

Pistacia spp. в больших количествах собирается местными жителями и собирателями дров, бытового использования в качестве средства или для торговли на национальном уровне и для международного экспорта (в тоннах в год). Вредная практика сбора диких видов уничтожает весь вид и препятствует его дальнейшему росту. В более общем плане *Pistacia spp.* находится под угрозой прямого и косвенного воздействия деятельности человека, такой, как организация досуга, туризм, развитие инфраструктуры, длительные периоды засухи и изменения климата и отсутствие деятельности по управлению возобновления насаждений.

Изучение масштабов сокращения популяции во всем ареале видов должно

способствовать принятию необходимых мер не только в Иране, но и в других регионах мира независимо от количества особей *Pistacia* spp. и места нахождения. Несмотря на то, что этот вид в Иране широко распространен, но на местном уровне он находится под угрозой исчезновения. По нашему мнению, для защиты рода *Pistacia* spp. и его местообитаний рекомендуется принять следующие меры:

- Защита мест обитания видов от обезлесения и чрезмерного выпаса скота.
 - Ограждение уязвимых участков и создание лесных ограждений.
 - Создание охраняемых районов для обеспечения полной регенерации видов, экосистем и восстановления качества дикой среды.
 - Сохранение генетического разнообразия *Pistacia* spp. *atlantica* и *Pistacia khinjuk* на всей территории Ирана.
 - Повышение осведомленности общественности и определение приоритетов
- Консервация: искусственное размножение, реинтродукция, сбор семян.

Список использованных источников:

1. Беликович А.В. Аридная растительность Азии [Электронный ресурс] – Наша Ботаничка. Владивосток, 2012–2013.
2. Zohary M. Geobotanical foundations of the Middle East. - Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1973.
3. Frankham, R. (2005): Stress and adaptation in conservation genetics. J. Evol. Biol., 18: 750-755., 2002 Olivieri, I., J., Tonnabel, O., Ronce, A., Mignot (2016)
4. Freeland, J.R., H., Kirk, S.D., Peterson (2011): Molecular Ecology (2nded), UK, Wiley-Blackwell, pp. 464.).
5. Kafkas, S., A., Kaska, A.N., Wassimi, S., Padulosi (2006): Molecular characterisation of Afghan pistachio accessions by amplified fragment length polymorphisms (AFLPs). J. Hortic. Sci. Biotech., 81(5):864–868.).
6. Mahdavi Mojdeh. Genetic diversity and population structure of Iranian pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. Genetika 2021 Volume 53, Issue 2, Pages: 687-702
7. Ahmad, R., L., Ferguson, S.M.,

References:

1. Belikovich A.V. Arid vegetation of Asia [Electronic resource] – Our Botany. Vladivostok, 2012-2013.
2. Zohary M. Geobotanical foundations of the Middle East. - Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1973.
3. Frankham, R. (2005): Stress and adaptation in conservation genetics. J. Evol. Biol., 18: 750-755., 2002 Olivieri, I., J., Tonnabel, O., Ronce, A., Mignot (2016)
4. Freeland, J.R., H., Kirk, S.D., Peterson (2011): Molecular Ecology (2nded), UK, Wiley-Blackwell, pp. 464.).
5. Kafkas, S., A., Kaska, A.N., Wassimi, S., Padulosi (2006): Molecular characterisation of Afghan pistachio accessions by amplified fragment length polymorphisms (AFLPs). J. Hortic. Sci. Biotech., 81(5):864–868.).
6. Mahdavi Mojdeh. Genetic diversity and population structure of Iranian pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. Genetika 2021 Volume 53, Issue 2, Pages: 687-702
7. Ahmad, R., L., Ferguson, S.M., Southwick (2005): Molecular marker

- Southwick (2005): Molecular marker analysis of pistachio rootstocks by simple sequence repeats and sequence-related Amplified polymorphisms. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80: 382-386.
8. Maggs, D.H. (1973): Genetic resources in pistachio. *Plant Gen. Res. Newsl.*, 29:7-15.
9. Zohary, M. (1952): A monographic study of the genus *Pistacia* spp. . *Palest. J. Bot. Jerus. Ser.*, 5:187-228).
10. Behboodi, B. (2003): Ecological distribution study of wild pistachios for selection of rootstock. *Options Mediterr. Ser. A*, 63:61-67)
11. Aliakbarkhany, S., A.R., Talaie, M.R., F. Moghadam (2013): Investigation of genetic diversity among *Pistacia vera* In the Khorasan by using molecular. *Mod. Genet.*, 8:169-176).
12. Mobayen and Tregubov (1970). *Carte de la vegetation naturelle de l Iran*, 1:250,000. univ Tehran, UNDP/FAO no.IRA 7.
13. Sheibani A. 1995. Pistachio production in Iran. *Acta Hortic.* 419:165-17.
14. FAOSTAT. Statistics Division Food and Agriculture Organization of the United Nations
- analysis of pistachio rootstocks by simple sequence repeats and sequence-related Amplified polymorphisms. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80: 382-386.
8. Maggs, D.H. (1973): Genetic resources in pistachio. *Plant Gen. Res. Newsl.*, 29:7-15.
9. Zohary, M. (1952): A monographic study of the genus *Pistacia* spp. . *Palest. J. Bot. Jerus. Ser.*, 5:187-228).
10. Behboodi, B. (2003): Ecological distribution study of wild pistachios for selection of rootstock. *Options Mediterr. Ser. A*, 63:61-67)
11. Aliakbarkhany, S., A.R., Talaie, M.R., F. Moghadam (2013): Investigation of genetic diversity among *Pistacia vera* In the Khorasan by using molecular. *Mod. Genet.*, 8:169-176).
12. Mobayen and Tregubov (1970). *Carte de la vegetation naturelle de l Iran*, 1:250,000. univ Tehran, UNDP/FAO no.IRA 7.
13. Sheibani A. 1995. Pistachio production in Iran. *Acta Hortic.* 419:165-17.
14. FAOSTAT. Statistics Division Food and Agriculture Organization of the United Nations

Сведения об авторе:

Сташкина А.Ф., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФИЦ ИнБЮМ Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского - природный заповедник РАН. stashkinae@bk.ru

Information about the author:

Stashkina A.F., Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher at the Federal Research Center InBYUM Karadag Scientific Station named after. T.I. Vyazemsky - natural reserve of the Russian Academy of Sciences. stashkinae@bk.ru

УДК: 582.794.2:631.526.32

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОРТЫ
ДИКОРАСТУЩЕГО ПЛЮЩА
ОБЫКНОВЕННОГО
(HEDERA HELIX L.)**

**PROMISING SPORTS
OF WILD COMMON IVY
(HEDERA HELIX L.)**

Ена А.В., доктор биологических наук, профессор, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»;

Ена Я.А., обучающийся 2-го курса географического факультета, Институт «Таврическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Yena A.V., Doctor of Biological Sciences, professor, institute “Agrotechnological Academy” at the FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»;

Yena Ya.A., 2-nd year student of the Faculty of Geography at the institute “Taurida Academy” at the FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»

Проведён анализ вегетативных мутаций, выявленных у дикорастущих растений плюща обыкновенного (Hedera helix L.) в лесах Горного Крыма. По итогам наблюдений за 18-ю образцами, выращиваемыми в коллекции авторов в открытом грунте в г. Симферополе и оценивания этих образцов на предмет их отличия, однородности и стабильности, рекомендовано 6 наиболее перспективных форм для создания новых сортов.

Ключевые слова: Крым, Hedera helix, вегетативная мутация

An analysis of vegetative mutations identified in wild plants of Common ivy (Hedera helix L.) in the forests of the Crimean Mountains was carried out. Based on the results of observations of 18 specimens grown in the authors' collection in open ground in Simferopol, and evaluation of these specimens for their differences, uniformity and stability, it is recommended 6 the most promising forms for creating new cultivars.

Keywords: the Crimea, Hedera helix, vegetative mutation

Введение. Плющ обыкновенный (*Hedera helix* L.) является единственной аборигенной вечнозелёной древесной лианой флоры Крымского полуострова. Его природный ареал охватывает в Горном Крыму около 3700 км² [1]. Этот вид играет важную роль в сложении и функционировании лесных экосистем, поддержании водного и температурного режима леса и обеспечении особой средой обитания и пищей множества видов лесных позвоночных и беспозвоночных животных [7].

Плющ широко применяется в декоративном растениеводстве и ландшафтном дизайне. К настоящему времени в мире известно свыше 750 сортов плю-

ща [6]. Практически все они получены не с помощью гибридизации, а путём отбора вегетативных мутаций – спортов. В основном спорты выявляют среди культивируемых растений плюща, и только немногие из них были найдены у дикорастущих особей. Мы впервые поставили целью отобрать перспективные спорты, обнаруженные у дикорастущих растений плюща, произрастающих в лесах Горного Крыма.

Материал и методы исследований. Объектом наших исследований были спорты дикорастущих растений плюща обыкновенного. Мы обследовали растения плюща на наличие вегетативных мутаций во время различных экспедиционных исследований в Горном Крыму, а также использовали информацию и образцы, предоставленные коллегами и любителями ботаники.

В случае обнаружения побегов с особыми признаками, не характерными для вида, мы срезали с них черенки, оставляя часть мутировавших побегов на материнском растении. Местонахождение и характеристика местообитания в точке находки фиксировались в полевом дневнике. Образцам присваивался номер с обозначением латинскими буквами HE (в общем списке учёта спортов) и давалось рабочее название (в двойных кавычках – в отличие от сортовых эпитетов).

Черенки укоренялись в воде или кокосовом волокне без применения стимуляторов, а затем высаживались в открытый грунт. Уход за образцами состоял в поливе, защите от вредителей и установке лёгких опор. Для профилактики грибковых заболеваний мы обрабатывали грунт раствором фитоспорина.

В дальнейшем нами осуществлялись наблюдения за высаженными образцами, включавшие изучение характера роста побегов, диапазона изменчивости формы листовой пластинки, сезонного изменения формы и окраски листа, а также оценивание образцов в отношении их отличия, однородности и стабильности. Данная работа в целом основывалась на методике сортоиспытания плющей, разработанной первым автором [2].

Результаты и обсуждение. Несмотря на высокий уровень изменчивости формы листовой пластинки у различных дикорастущих клонов плюща обыкновенного, заметные отклонения от видового стандарта встречаются исключительно редко. Ранее нами были выявлены определённые закономерности в спортообразовании плющей, согласно которым зелёнолистные сорта плюща (а тем более дикорастущие растения) по сравнению с пёстролистными сортами проявляют крайне низкую, приближающуюся к нулю, активность спортообразования [3]. Тем не менее, за последние 10 лет нам удалось обнаружить в природе 18 вегетативных мутаций плюща обыкновенного, которые демонстрировали чёткие морфологические отличия от типа. Для сравнения: за тот же десятилетний период мы выделили 147 спортов среди более чем 400 сортов, культивируемых в нашей коллекции.

Среди 18-ти образцов, выявленных в природных условиях, было 11 зелёнолистных и 7 пёстролистных спортов. Для дальнейших наблюдений из этого количества мы выделили 6 наиболее интересных с декоративной точки зрения

образцов (рис. 1).

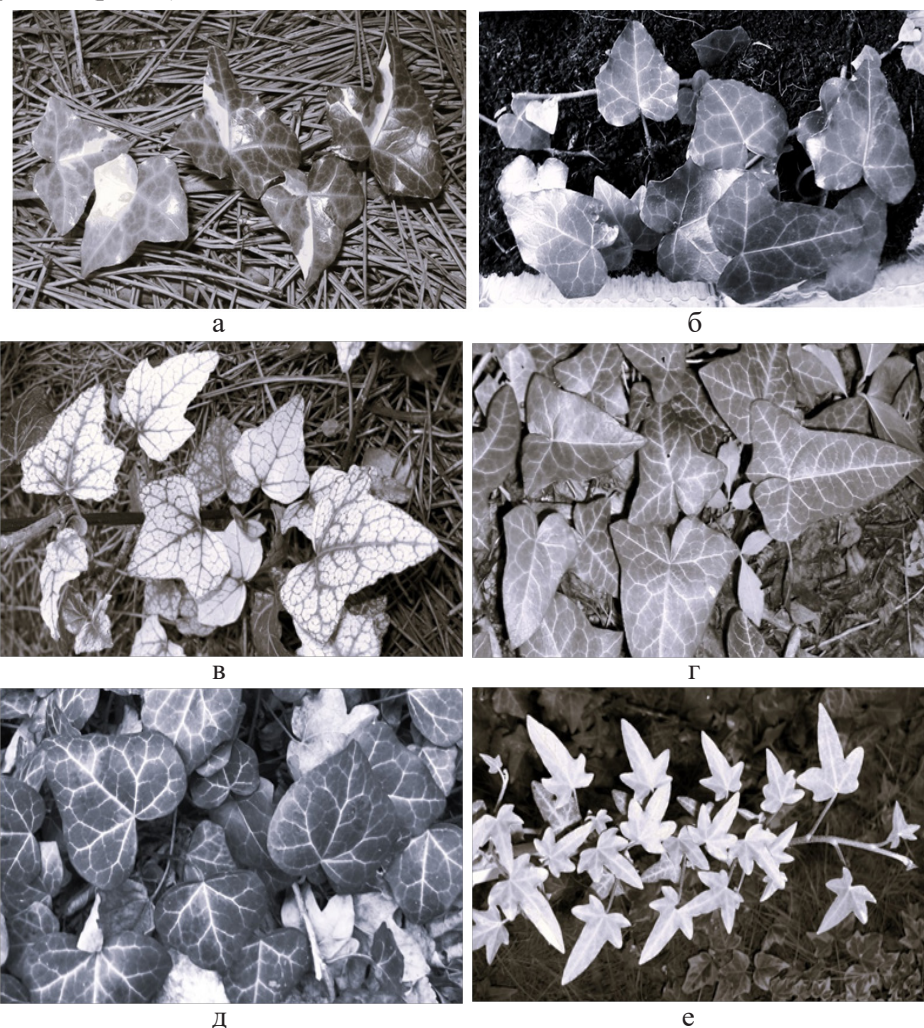


Рисунок 1. Листья сортов дикорастущего плюща обыкновенного:
а – HE 31 «Шайтан-Мердвень», б – HE 67 «Green Adenophora»,
в – HE 72 «Ситотур», г – HE 91 «Suren Arrow», д – HE 92 «Кизилкоба»,
е – HE 120 «Кизилковое».

1. HE 31 «Шайтан-Мердвень». Спорт обнаружен С. А. Свириным на стелющемся ювенильном побеге плюща в широколиственном лесу восточнее перевала Шайтан-Мердвень в 2014 г. Листья небольшие, 2-3 см в длину, блестящие, от пяти-трёх-лопастных до сердцевидно-дельтовидных (верхушки долей тупые), с уникальной пёстролистностью, проявляющейся в виде асимметричных чисто-белых секториальных и краевых пятен. Данная пёстролистность оказалась неустойчивой и в процессе роста новых побегов периодически исчезает или переходит в другие типы пёстролистности. За время культиви-

рования спорт НЕ 31 дал начало ещё четырём вариантам, в т.ч. с тёмно-зелёными блестящими листьями, с крупными расплывчатыми белыми пятнами на пол-листа, с краевой и со срединной пёстролистностью. Путём направленного отбора черенкованных побегов нам удалось стабилизировать формы с краевой и срединной пёстролистностью, частично – с исходной секториальной. Производная форма с тёмно-зелёными глянцевыми листьями оказалась наиболее стабильной и описана нами как новый сорт 'Darth Vader' [8].

2. НЕ 67 «Green Adenophora». Спорт обнаружен первым автором на стелющемся ювенильном побеге плюща в крымскососновом лесу выше по склону от Красного Камня (Ялта) в 2016 г. Листья до 4 см длиной, сердцевидно-дельтовидные, блестящие, особенного зелёного оттенка (т. н. «лесной зелёный»), обозначаемый кодами HEX: #228B22 и RGB: 34,139,34) с неконтрастными, слабо различимыми жилками. Признаки спорта полностью сохраняются при многолетнем выращивании. Наибольшую декоративную ценность представляет сочетание глянцевитости с уникальным для плюща тоном окраски листьев, который не обнаружен авторами среди существующего ассортимента плющей.

3. НЕ 72 «Сиготур». Спорт обнаружен С. А. Свириным на стелющемся ювенильном побеге плюща в широколиственном лесу над Васильевкой (Ялта) в окрестностях родника Сиготур в 2016 г. Листья до 4 см длиной, сердцевидно-дельтовидные, с тупыми верхушками долей; основание от широко-сердцевидного до усечённого. Листовые пластинки отличаются уникальной пёстролистностью, демонстрируя сочетание осветлённых до белого ареол и сети зелёных жилок. Подобная пёстролистность не имеет аналогов среди известных сортов плюща. Морфологически наиболее сходным можно считать старинный сорт 'Angularis Aurea' с жёлтыми, а не белыми ареолами. Несмотря на то, что на годичном побеге пёстрые листья часто сменяются целиком зелёными, в общей массе преобладает белопёстрая листва. Белый цвет ареол не тускнеет и не зеленеет со временем, а в холодное время года иногда приобретает розовый оттенок, исчезающий затем к лету.

4. НЕ 91 «Suren Arrow». Спорт обнаружен авторами в смешанном лесу в окрестностях руин крепости Сюрень (Бахчисарайский р-н) в 2017 г. Для этого спорта характерны крупные, до 6-7 см длиной, матовые листья темно-зеленой со светлыми жилками окраски, по форме листовой пластинки стреловидные, пальчато-лопастные с широкими остро-треугольными долями, либо тройчато-раздельные с узкими продолговатыми сегментами. Нижние доли редуцированы. Характерны тупой угол между средней и боковыми долями, которые оттянуты вниз, и в особенности перекрывающиеся между собой нижние доли, отчего у листа отсутствует вырез. Средняя доля листовой пластинки острая, боковые доли острые или тупые. Морфологически данный спорт в точности повторяет старинный английский сорт 'Sagittaeifolia' и, что особенно важно, его тип, изображённый на чёрно-белом рисунке в монографии Ш. Хибберда 1872 г. [5]. В настоящее время сорт 'Sagittaeifolia' отсутствует на рынке и практически

исчез из коллекций, а за него часто выдают (неправильно называя ‘Sagittifolia’) несколько современных культиваров с узкими листовыми долями, относящихся на самом деле к ‘Pedata’, ‘Star’ или ‘Königers Auslese’. Найденный нами клон интересен не просто как морфологическая копия другого сорта, но также тем, что по отношению к нему можно законно применить эпитет ‘Sagittaeifolia’. Квалифицируя возникшие повторные мутации как идентичные уже существующим сортам, мы опираемся на ст. 2.20 Международного Кодекса номенклатуры культивируемых растений [4], в которой говорится: «При рассмотрении вопроса о принадлежности двух или более растений к одному или разным сортам их происхождение не имеет значения».

5. НЕ 92 «Кизилкоба». Спорт обнаружен авторами в широколиственном лесу в окрестностях пещеры Кизилкоба в 2017 г. Листья плюща довольно крупные, до 5 см длиной, матовые, тёмно-зеленые, правильной сердцевидной формы с гармонично расположенными ярко-серебристыми жилками; верхушка притуплённая. В отличие от ряда подобных сортов, у которых сердцевидные листья на годичных побегах часто переходят в пальчатые (‘Anna’, ‘Glymii’, ‘Obovata’ и др.), описываемый клон положительно отличается значительно бóльшим морфологическим единообразием листьев. В холодную половину года листья НЕ 92 временно приобретают лёгкий пурпурный оттенок.

6. НЕ 120 «Кизиловое». Спорт обнаружен первым автором в широколиственном лесу в окрестностях с. Кизиловое (Симферопольский р-н) в 2017 г. Листья 3-5 см длиной, матовые, пальчато-лопастные, с заметно более крупной средней узко-сводчатой долей и маленькими боковыми и нижними, причем средняя доля в 3-5 раз длиннее боковой. Верхушка средней доли листовой пластинки острая, боковых и нижних – притуплённая или тупая. На тёмно-зелёном фоне листовых пластинок выделяется равномерно разветвлённая сеть серебристых жилок. Среди современного ассортимента есть только один культивар со столь непропорционально длинной средней долей листа – ‘Anchor’, однако он отличается от нашего образца узко-треугольной средней долей и острыми верхушками боковых и нижних долей. Кроме того, ‘Anchor’ часто образует отклоняющиеся от стандарта листья, напоминающие таковые у ‘Star’, в то время как форма листьев у НЕ 120 отличается высокой стабильностью.

Выводы. Спортобразование у дикорастущих растений плюща обыкновенного является редким и слабо изученным явлением. Тем не менее, оказалось, что спорты, интересные с декоративной точки зрения и перспективные для дальнейшей интродукции, можно получить не только из сортовых образцов, выращиваемых в культуре. Некоторые спорты, обнаруженные в лесах Горного Крыма, демонстрируют уникальные морфологические признаки, не имеющие аналогов среди существующего ассортимента. Такие образцы после соответствующего испытания на отличие, однородность и стабильность могут стать новыми сортами. Поэтому поиски вегетативных мутаций в природе и их интродукцию следует признать важной частью селекционной работы с плющами.

Список использованных источников:

1. Ена А. В. Реликтовая вечнозеленая листовая дендрофлора Горного Крыма и проблемы ее охраны // Экосистемы горного Крыма, их оптимизация и охрана. – Симферополь: СГУ, 1983. – С. 34-41.

2. Ена А. В. Методика проведения экспертизы сортов плюща вечнозеленого (*Hedera helix* L.) на выразительность, однородность и стабильность // Методика проведения экспертизы сортов растений группы декоративных на выразительность, однородность и стабильность. Министерство аграрной политики та продовольства України. Український інститут експертизи сортів рослин. – 2016. – С. 798–810. <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f1cfd2b89c.pdf>

3. Ена А. В. Новый сорт *Hedera helix* 'Peregreenus' и некоторые особенности спортообразования у плюща // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2022. – Т. 163, №2. – С. 36–44. DOI 10.36305/2712-7788-2022-2-163-36-44

4. Brickell C. D. et al. (eds). International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ninth edition // Scripta Horticulturae. – 2016. – N 18. – xvii + 190 p.

5. Hibberd S. The Ivy. A Monograph. London: Groombridge & Sons, 1872. 116 p.

6. Hoenemann A. (ed.). Informationen der Deutschen Efeu-gesellschaft e.V. // <http://efeu-ev.org>. Accessed 08.02.2018.

7. Metcalfe D. J. *Hedera helix* L. / Biological flora of the British Isles. No. 240 // Journal of Ecology. –2005. – Vol. 93. – P. 632–648.

References:

1. Yena A. V. Relict evergreen deciduous dendroflora of the Crimean Mountains and problems of its conservation // Ecosystems of the Crimean Mountains, their optimization and conservation. – Simferopol: SSU, 1983. – P. 34-41.

2. Yena A. V. Methodology of expertise of cultivars of Common ivy (*Hedera helix* L.) for distinctness, uniformity and stability // Methodology for expertise of plant cultivars of the ornamental group for distinctness, uniformity and stability. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Ukrainian Institute for Expertise of Plant Cultivars. – 2016. – С. 798–810. <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f1cfd2b89c.pdf>

3. Yena A. V. New cultivar *Hedera helix* 'Peregreenus' and some features of sport developing in ivy // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. – 2022. – Vol. 163, № 2. – P. C. 36–44. DOI 10.36305/2712-7788-2022-2-163-36-44

4. Brickell C. D. et al. (eds). International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ninth edition // Scripta Horticulturae. – 2016. – N 18. – xvii + 190 p.

5. Hibberd S. The Ivy. A Monograph. London: Groombridge & Sons, 1872. 116 p.

6. Hoenemann A. (ed.). Informationen der Deutschen Efeu-gesellschaft e.V. // <http://efeu-ev.org>. Accessed 08.02.2018.

7. Metcalfe D. J. *Hedera helix* L. / Biological flora of the British Isles. No. 240 // Journal of Ecology. –2005. – Vol. 93. – P. 632–648.

8. Yena A.V., Garmendia Ginea I. New ivy cultivars – first from Russia and Spain // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2019. № 2 (150). P. 144-154.

8. Yena A.V., Garmendia Ginea I. New ivy cultivars – first from Russia and Spain // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2019. № 2 (150). P. 144-154.

Сведения об авторах:

Ена Андрей Васильевич – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры лесного дела и садово-паркового строительства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: an.yena@gmail.com, Симферополь, п. Аграрное, Агротехнологическая академия.

Ена Ярослав Андреевич – обучающийся 2-го курса географического факультета, Институт «Таврическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, просп. В.И. Вернадского, 4.

Information about the authors:

Yena Andrey Vasilyevich – Doctor of Biological Sciences, professor, professor at the institute “Agrotechnological Academy” at the FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: an.yena@gmail.com, Institute “Agrotechnological Academy” 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye.

Yena Yaroslav Andreevich – 2-nd year student of the Faculty of Geography at the Institute “Taurida Academy” at the FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», Institute “Taurida Academy” 295007, Republic of Crimea, Simferopol, Vernadsky ave. 4.

УДК 630*231:582.632.2

**ЕСТЕСТВЕННОЕ
ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ДУБА
СКАЛЬНОГО (*Quercus petraea*
Liebl.) В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ
КРЫМСКОЙ (*Pinus nigra* J.F.
Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.)
Holmboe И СОСНЫ ОБЫКНО-
ВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* L.) В
УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОГО
ЛЕСОСТЕПНОГО КРЫМА**

Салтыков А.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Роговой В.И., кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Исследованиями установлено, что в культурах сосны крымской и сосны обыкновенной в предгорной лесостепной зоне Крыма по достижении 50-летнего возраста и в более старших насаждениях наблюдается повышенный уровень отпада древостоя. При этом в границах разрыва полога лесных насаждений можно наблюдать формирование жизнеспособных ценопопуляций подроста дуба скального семенного происхождения. Густота растений достигает 10 тыс. шт./га, тип ценопопуляции - устойчивый или процветающий.

Ключевые слова: сосна, дуб скальный, лесные культуры, естественное лесовозобновление; подрост; ценопопуляция подроста.

**NATURAL
RENEWAL OF ROCK OAK
(*Quercus petraea* Liebl.) IN THE
CULTURES OF CRIMEAN PINE
(*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp.
pallasiana (Lamb.) Holmboe AND
SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.)
IN THE CONDITIONS OF THE
FOOTHILL FOREST-STEPPE
CRIMEA**

Saltykov A.N., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

Rogovoy V.I., Candidate of Agricultural Sciences, Senior lecturer, Institute "Agrotechnological Academy" of the Federal State Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky KFU"

Studies have found that in the cultures of Crimean pine and Scots pine in the foothill forest-steppe zone of Crimea, upon reaching the age of 50 and in older plantations, there is an increased level of stand loss. At the same time, within the boundaries of the gap in the canopy of forest plantations, the formation of viable cenopopulations of oak undergrowth of rocky seed origin can be observed. The density of plants reaches 10 thousand units /ha, the type of cenopopulation is stable or prosperous.

Keywords: pine, rock oak, forest crops, natural reforestation; undergrowth; coenopopulation of undergrowth.

Введение. По итогам беспрецедентной по масштабам кампании лесной мелиорации Крыма во второй половине прошлого столетия было создано порядка 35 тыс. га лесных культур, что позволило значительно повысить показатель лесистости полуострова [1, 4, 5, 6, 8, 9]. Среди многообразия лесообразующих пород предпочтение при создании насаждений культур отдавалось *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) и *Pinus sylvestris* L. [1, 6, 9, 10, 12]. Резкое наращивание площадей молодняков и средневозрастных насаждений повлекло за собой заметные изменения в структуре лесного покрова полуострова. Так, например, последовавший за массовым созданием лесных культур дисбаланс возрастной структуры сосняков с доминированием сосны крымской стал закономерным следствием такого подхода, оказавшего весьма заметное влияние на особенности и интенсивность ведения лесного хозяйства.

Опираясь на литературные данные, можно утверждать, что в настоящее время площадь лесных культур *P. nigra* subsp. *pallasiana* составляет порядка 33,4 тыс. га, в то время как коренные древостои сосны крымской занимают лишь 8,5 тыс. га [6, 9]. Исследованиями установлено, что лесные культуры в большинстве своём приурочены к эдатопам A_1 , A_2 , B_{0-2} , C_{0-3} , D_{0-2} . Доминирующими условиями местообитания сосны крымской являются сухие сугрудки (C_1), где было создано 29011,9 га насаждений сосняков искусственного происхождения. По мнению учёных, именно эти лесорастительные условия (C_1) являются оптимальными для формирования лесных насаждений *P. nigra* subsp. *pallasiana* в Крыму [1, 6, 8, 9].

В тоже время, на рубеже прошлого и текущего столетия исследователями была установлена тенденция снижения устойчивости и продуктивности культур сосны [1, 3, 6, 8]. В настоящее время в сосняках *P. nigra* subsp. *pallasiana*, достигших пятидесятилетнего возраста и старших по возрасту насаждениях отмечается значительный отпад, достигающий 30–40% и более от запаса древостоя [4, 5]. Исследователи обращают внимание на тот факт, что чаще всего чрезмерный, а порой катастрофический уровень отпада в границах искусственно созданных насаждений характерен для лесостепного предгорного и равнинно-степного Крыма [4, 5, 8, 9, 10]. Существует весьма оправданное теорией и практикой ведения лесного хозяйства мнение о том, что значительная часть искусственно созданных лесных насаждений *P. nigra* subsp. *pallasiana* размещена за пределами типичных условий местообитания вида. Одной из вероятных причин усыхания и даже гибели лесных насаждений является несоответствие экологических условий и в целом типологической структуры биоэкологическим особенностям сосны крымской. Так, например, исследователи утверждают, что значительную часть искусственно созданных насаждений *P. nigra* subsp. *pallasiana* можно считать производными, поскольку сосняки были созданы преимущественно в условиях, где типобразующими породами являются дуб скальный и дуб пушистый [6, 9, 10]. Принимая во внимание данное утверждение, правомерно предположить, что в границах искусственно созданных насаждений, приуроченных к условиям грудных и сугрудных местообитаний, где типобразующей поро-

дой является дуб скальный или дуб пушистый, возможны не только процессы усыхания и гибели, но и формирования древостоев указанных типобразующих древесных пород. Условием для всплеска естественного возобновления и появления подроста, а со временем и древостоев с доминированием дуба на месте производных сосняков будет наличие в непосредственной близости к искусственно созданным насаждениям регулярно плодоносящих семенников, семенных куртин или насаждений дуба. При отсутствии источников семян, в данном случае желудей, ожидаемо будут формироваться производные насаждения с преобладанием второстепенных, сопутствующих пород или же наблюдаться процессы замещения сосновых насаждений на растения экологические аналоги, типичные для лесостепной и степной зоны Крымского полуострова. В связи с этим, целью наших исследований было изучение причин и особенностей естественного восстановления дуба в границах лесных культур сосны крымской, подверженных процессам распада. Значительное внимание уделено изучению возможности восстановления коренных древостоев дуба скального и пушистого семенным путём, поскольку подобная замена производных сосняков на древостой семенного происхождения с доминированием дуба предполагает повышение устойчивости лесных экосистем, обеспечивает сохранение и даже восстановление утраченного биологического разнообразия, а также предполагает повышение продуктивности и долговечности семенных дубрав естественного происхождения по сравнению с производными насаждениями.

Объекты и методика исследования. Выявление причин и особенностей формирования ценопопуляций подроста дуба скального (*Quercus petraea* Liebl.), и пушистого (*Quercus pubescens* Willd.) под пологом лесных культур *P. nigra* subsp. *pallasiana* и *P. sylvestris* в условиях предгорного лесостепного Крыма было выполнено нами в два последовательных этапа. На первом этапе проанализированы лесоводственно-таксационные материалы ГАУ РК «Бахчисарайское лесное хозяйство». Полученные данные были положены в основу формирования маршрута рекогносцировочных исследований, изучению подлежали культуры сосны крымской и сосны обыкновенной, под пологом которых присутствовал жизнеспособный подрост дуба скального и пушистого.

Итоги рекогносцировочных исследований послужили основой для формирования сети пробных площадей по оценке процессов естественного возобновления в культурах сосны (*P. nigra* subsp. *pallasiana* и *P. sylvestris*), достигших 50–60-летнего возраста с полнотой от 0,6 единиц и ниже при наличии жизнеспособных ценопопуляций подроста дуба. Лесоводственно-таксационные показатели лесного насаждения, в границах которого были заложены пробные площади с целью биометрической оценки подроста дуба и определения лесоводственно-таксационной характеристики современного состояния сосновых культур приведены в следующей таблице (табл. 1) в соответствии с данными последнего по времени лесоустройства. Кроме того, в указанной таблице дана характеристика порослевых насаждений дуба пушистого и скального, примы-

кающих к культурам (выделы 21, 22) или же расположенных внутри контура лесных культур сосны крымской (выделы 11, 14)

Таблица 1. Лесоводственно-таксационная характеристика лесных насаждений по данным лесоустройства 2012 года, квартал 1, Михайловского участкового лесничества

Выдел	Площадь, га	Состав насаждения возраст, лет	Средние		Полнота	Тип леса	Запас, м ³ /га	Примечание
			диаметр, см	высота, м				
7	4,7	<u>7Со3Скр</u> 53	24	19	0,6	C ₁ -дС	250	Наличие сухостоя
11	0,5	<u>10Дп</u> 10	-	1,0	-	C ₁ -дС	-	Насаждение вегетативного происхождения
12	0,3	<u>10Дп</u> 10	-	1,0	-	C ₁ -дС	-	Насаждение вегетативного происхождения
21	0,6	<u>10Дп+Гв</u> 70	12	6	0,9	C ₁ -мДп	40	Насаждение вегетативного происхождения
22	0,9	<u>10Дп+Гв</u> 70	12	6	0,8	C ₁ -мДп	50	Насаждение вегетативного происхождения

Для оценки состояния насаждений и их лесоводственно-таксационной характеристики нами были заложены две пробные площади размером 50×50 м и выполнен сплошной переcчёт древостоя по диаметру с точностью до 0,5 см, а также определены высоты деревьев с точностью до 0,25 м. С целью обеспечения точности данных полевого исследования на пробных площадях произведён замер высоты всех сохранившихся деревьев. Полученные данные обработаны согласно общепринятым методикам в таксации и лесоводстве.

При изучении структуры подроста дуба пушистого и скального нами были использованы методические подходы, изложенные в работах С.С. Пятницкого [7], С.Н. Санникова [11], неоднократно апробированные и адаптированные нами в процессе выполнения многолетних полевых исследований. Размер пробных площадей, заложенных с целью учёта и описания подроста составил 10×10 м. При формировании сети пробных площадей предусмотрена четырёхкратная повторность наблюдений. На указанных пробных площадях был проведён сплошной переcчёт подроста и выполнены замеры диаметра (см) растений на высоте груди. После чего для тридцати случайно отобранных деревьев

выполнялись синхронные замеры диаметра на высоте груди (см) и высоты (см) растения, а также прироста верхушечной оси за последний год (см). Размеры кроны подростов и молодняков дуба выполнены во взаимно противоположных направлениях (см). Для оценки жизненного состояния подростов нами была использована трёхбалльная шкала. Оценка жизненного состояния в один балл предполагалась в том случае, когда растение нормально растёт и развивается, отсутствуют признаки угнетения, крона без повреждений и деформаций. При повреждении кроны, например, выраженной односторонней форме, отставании в росте, видимых повреждениях верхушечного побега предусматривалось снижение оценки до двух баллов. Дальнейшее снижение оценки до трёх баллов применялось для категории сильно отставших в росте, угнетённых и сухих растений. Полученные данные обработаны методами математической статистики. Анализ результатов исследования приведён в следующем разделе.

Результаты исследования. При выполнении рекогносцировочных исследований было установлено, что по периферии выдела №7 и в центральной его части, где была заложена серия пробных площадей, расположены насаждения с доминированием дуба скального (выдела 9, 10, 14, 11, 12) и дуба пушистого (21, 22). Схема размещения насаждений в границах повыделного пространства 1 (первого) квартала Михайловского участкового лесничества приведена на рис. 1.

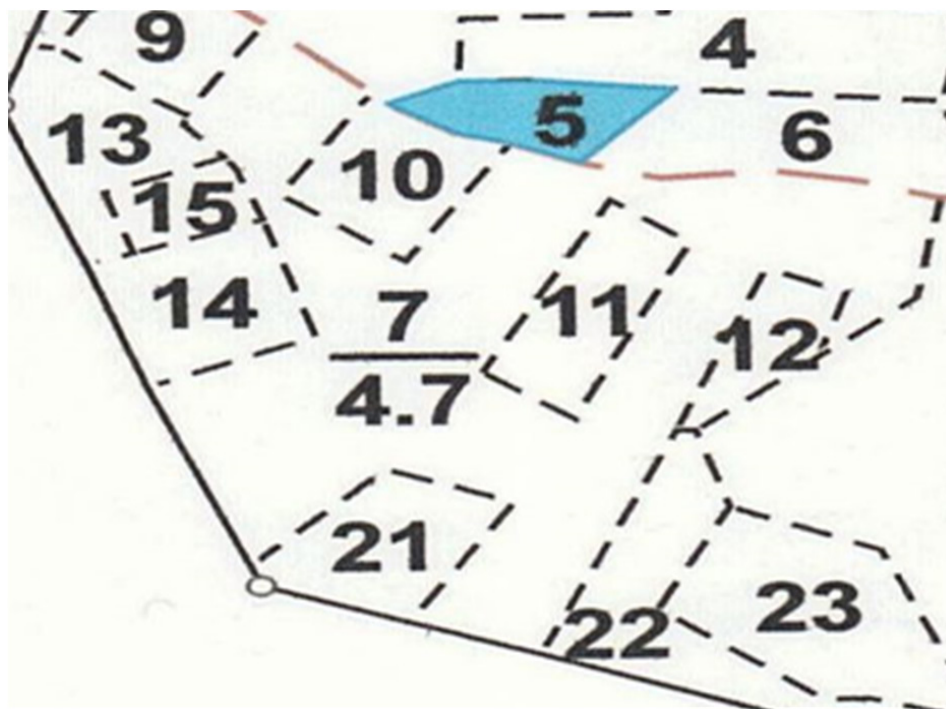


Рисунок 1. Схема размещения выделов в пространстве объекта исследования

Преобладающий класс бонитета порослевых дубняков шестой и нередко седьмой генерации – V и Va (табл. 1). Максимальный возраст насаждений по данным лесоустройства составляет 70 лет, запас стволовой древесины сравнительно низкий и не превышает 50 м³/га. Тем не менее, до настоящего времени лесные насаждения являются потенциальными источниками семенного сырья. Обильное плодоношение дуба скального в условиях предгорного лесостепного Крыма наблюдалось в 2017 году, дуба пушистого годом позже.

Очевидно, следует обратить внимание на тот факт, что во всех указанных случаях, по меньшей мере, согласно данных лесоустройства, доминирующими типами леса являются сухой дубово-чернососновый сугрудок (C₁-дС) и сухая можжевельная судубрава (C₁-мДп). Принимая во внимание указанные типы леса, следует учесть, что в первом случае коренные, долговечные, устойчивые насаждения могут быть сформированы при создании лесных культур, в составе которых присутствие сосны крымской и дуба скального будет обеспечено практически в равных соотношениях или же при условии незначительного варьирования главных лесообразующих пород. Не менее важным условием успешности роста и развития растений является наличие в насаждениях примеси сопутствующих пород, характерных для данного типа леса. Во втором случае (C₁-мДп) при создании лесных культур должно быть обеспечено доминирование дуба пушистого с участием в составе насаждения можжевельника дельтовидного и грабинника. Изменение или отклонение от формулы состава насаждения при создании лесных культур влечёт за собой формирование производных насаждений, которые, как показала практика ведения лесного хозяйства, отличаются низкой устойчивостью. Не менее закономерно снижается долговечность существования таких насаждений во времени, падает продуктивность, снижается биологическое разнообразие лесных экосистем. Опираясь на данные многочисленных исследований, можно утверждать, что вслед за снижением устойчивости и биологического разнообразия ожидаемы процессы экологического замещения на уровне формирования состава насаждения и не менее вероятна потеря функционального назначения насаждений, созданных искусственным путём. Логичным итогом подобных изменений является спектр негативных экологических и экономических последствий.

Результаты выполненного исследования позволяют утверждать, что в настоящее время культуры сосны, состав которых на время последнего лесоустройства можно обозначить как 7Сo3Ск, претерпели значительные изменения комплекса лесоводственно-таксационных показателей (табл. 2). Так, например, в настоящее время в составе лесных культур, достигших 65-летнего возраста, присутствует лишь сосна крымская, то есть формула состава насаждения 10 Скр. Сосна обыкновенная полностью исчезла из состава насаждения, что привело резкому падению запаса древостоя и формированию редколесья, состоящего из одиночно стоящих деревьев.

Таблица 2. Лесоводственно-таксационная характеристика насаждений по данным лесоустройства 2012 года в сравнении с результатами исследований 2023 года

Пробная площадь	Состав насаждения	Происхождение	Возраст, лет	Средние показатели		Бонитет	Полнота кол-во дерев. шт./га	Запас м³/га
				диаметр, см	высо- та, см			
Лесоустройство 2012 года								
1	7Со3Скр	Искусственное	53	24	19	I	0,6	250
Исследования 2023 года								
1	10Скр	Искусственное	65	28,0	16,5	IV	<u>0,09</u> 72	35,5
2	10Скр	Искусственное	65	27,0	16,5	IV	<u>0,07</u> 60	27,8

Одновременно с этим в течение 12-летнего периода произошло значительное сокращение количества деревьев сосны крымской. В настоящее время этот показатель на пробных площадях колеблется от 60 до 72 шт./га (табл. 2). За пределами пробных площадей нами были отмечены сильно ослабленные деревья и сухостой сосны крымской. Следует отметить, что сухостой сосны был зафиксирован ранее и отмечен в материалах лесоустройства в 2012 году, на основании чего в границах данного выдела были предложены санитарные выборочные рубки. То есть, вероятно, сравнительно высокий отпад древостоя начался на рубеже пятидесятилетия лесных культур. Со временем названный процесс усилился, что привело к резкому сокращению полноты насаждения. По данным, полученным в процессе выполнения полевых работ, число упавших деревьев на пробных площадях значительно колеблется и составляет от 5 до 9 шт. на 100 м² или же от 500 до 9000 шт./га.

В данное время в границах некогда существовавших лесных культур мы наблюдаем лишь единичные сохранившиеся деревья сосны крымской при полном отсутствии сосны обыкновенной. Смыкание крон древесного полога и, соответственно, лесная среда, характерная для насаждения, утрачены. Ещё одно довольно заметное изменение в комплексе лесоводственно-таксационных показателей состоит в том, что за последние двенадцать лет наряду с резким сокращением числа деревьев заметно снизился класс бонитета древостоя (табл. 2). Таким образом, анализируя полученные данные, можно утверждать, что лесное насаждение в данное время расстроено, очевидно, культуры сосны следует признать погибшими.

На месте погибшего насаждения повсеместно распространён жизнеспо-

собный подрост, преимущественно дуба скального, количество которого достигает 10 тыс. шт./га (табл. 3). Дуб пушистый встречается реже, долевое его участие в составе сформировавшейся ценопопуляции, по меньшей мере, в границах системы заложенных пробных площадей незначительное, нами были отмечены лишь единичные особи.

Таблица 3. Биометрическая оценка высоты подроста дуба скального на опытном объекте

Показатель	Пробная площадь			
	№1	№2	№3	№4
	высота, см	высота, см	высота, см	высота, см
Среднее значение	177,8±6,54	206,9±6,84	206,0±9,28	284,5±17,76
Стандартное отклонение	57,42	61,725	86,05	132,87
Экссесс	-0,99	-0,78	-0,43	-0,64
Асимметрия	-0,05	-0,001	0,39	0,02
Варьирование %	32,28	33,21	41,77	46,70
Точность %	3,68	3,30	4,50	6,24
Количество шт./га	7700	10100	8600	5600
Тип ценопопуляции	Процветающий	Процветающий	Процветающий	Процветающий

При выполнении полевых работ было установлено, что с удалением от стены материнского насаждения высота подроста заметно увеличивается. По нашим данным, на удалении от стены леса от 10 до 20 метров средняя высота подроста дуба скального составляет 177,8±6,54 см, на расстоянии до 50 метров этот показатель составляет 284,5±17,76 см. Наряду с указанной зависимостью отчётливо просматривается снижение густоты подроста с удалением от стены материнского насаждения (рис. 2). На фоне снижения плотности ценопопуляции увеличивается средняя высота, величина ежегодного верхушечного прироста, заметно улучшается жизненное состояние растений. Исключение составляет лишь подрост, расположенный в непосредственной близости к стене материнского насаждения (до 10 м от стены лесного массива), где его численность не превышает 1000 шт./га. Тип данного фрагмента ценопопуляции подроста следует, отнеси к устойчивому, а в ряде случаев, депрессивному. Причиной заметного отставания в росте и снижения жизненного состояния подроста дуба скального, расположенного в непосредственной близости к материнскому насаждению, является его негативное влияние и, прежде всего, затенение подростом пологом материнского насаждения

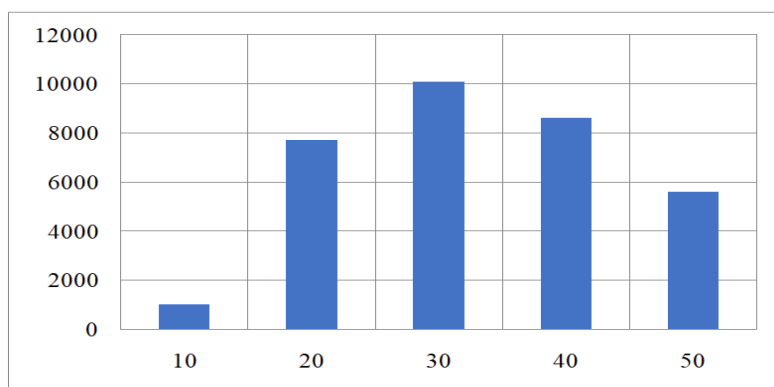


Рисунок 2. Варьирование густоты подроста на удалении от стены материнского насаждения

Принимая во внимание фактор влияния материнского насаждения на подрост дуба подчеркнём, что с удалением от стены лесного массива и, следовательно, снижением негативного влияния материнского насаждения, рост и развитие подроста заметно улучшаются. В качестве подтверждения приведём данные биометрической оценки подроста на пробной площади №1. Удаление от стены материнского насаждения в границах данного опытного объекта составило до 20 м от стены леса (рис. 2). Полученные нами данные позволяют утверждать, что количество подроста в границах указанной зоны, по сравнению с растениями расположенными в непосредственной близости к стене материнского насаждения,кратно увеличилось и достигает 7,7 тыс. шт./га. Жизненное состояние, оценено нами в трёхбалльной шкале в $1,1 \pm 0,06$ единиц, то есть данную категорию подроста следует отнести к процветающему, успешно растущему, перспективному фрагменту ценопопуляции. В целом состояние подроста дуба скального можно оценить как процветающее. В следующей таблице приведена биометрическая оценка подроста дуба на опытном объекте.

Таблица 4. Биометрическая оценка молодняков с доминированием дуба скального, пробная площадь №1

Показатель	Диаметр		Высота, см	Диаметр кроны, см	Площадь кроны, м²	Жизненное состояние, балл
	шейки корня, см	на высоте груди, см				
Среднее значение	$3,8 \pm 0,24$	$1,3 \pm 0,12$	$177,8 \pm 6,54$	$81,9 \pm 4,44$	$0,6 \pm 0,07$	$1,1 \pm 0,06$
Станд. отклонение	1,66	0,74	57,42	31,05	0,48	0,39
Экссесс	-0,49	-0,16	-0,99	1,40	6,54	21,82
Асимметрия	0,39	0,66	-0,05	0,91	2,16	4,79
Варьирование %	43,32	55,15	32,28	37,92	79,84	36,97
Точность %	6,18	8,83	3,68	5,42	11,41	5,28

При выполнении полевых исследований было установлено, что преобладает подрост дуба семенного происхождения, обладающий сравнительно высокой энергией роста. Принимая во внимание год обильного плодоношения, можно предполагать, что возраст значительной части подроста дуба составляет порядка семи лет, средняя высота подроста (табл. 3, 4) колеблется от $177,8 \pm 6,54$ см до $284,5 \pm 17,76$ см. Виргинильные особи дуба скального имеют хорошо выраженный ствол, размещены в границах пробной площади одиночно стоящими растениями. Гнездовой характер растений в пространстве объекта исследования является скорее исключением, нежели закономерностью. Так, например, при выполнении учёта подроста на пробных площадях было установлено отсутствие выраженной пнёвой поросли дуба скального и пушистого. Дуб порослевого происхождения встречается редко. В пересчёте подроста на пробных площадях растения порослевого происхождения отсутствуют. Очевидно, наличие подроста дуба семенного происхождения обусловлено тем, что в течение, по меньшей мере, последнего десятилетия год обильного урожая оставил весьма заметный след в виде жизнеспособного подроста семенного происхождения.

Результаты биометрической оценки (табл. 4) позволяют сказать, что по совокупности исследуемых показателей в границах ценопопуляции подроста дуба наблюдается выраженная асимметрия ($A \geq 0,4$). Исключение или незначительная величина асимметрии установлена лишь для средней высоты подроста, поскольку процесс дифференциации и следующее за ним расслоение ценопопуляции по высоте растений будет наблюдаться по времени несколько позже. Полученные данные по точности опыта в границах рассматриваемых показателей соответствуют требованиям, предъявляемым к полевым исследованиям. То есть результаты исследования можно считать вполне репрезентативными, характеризующими генеральную выборку или совокупность растений в границах объекта исследования. Принимая во внимание количество особей подроста ($5,6-10,1$ тыс. шт./га), а также его жизненное состояние ($1,1 \pm 0,06$), можно утверждать, что в данном случае на фоне распада производного древостоя, естественным образом происходит восстановление дубняка семенного происхождения, характерного для данного типа леса (C_1 -дС).

Распад древостоя с доминированием сосны обыкновенной и сосны крымской является основанием для предположения о том, что в данных конкретных условиях сосняки с доминированием *P. nigra* subsp. *pallasiana* и *P. sylvestris*, с большой долей вероятности являются производными насаждениями. Следовательно, требуется детальное изучение сосняков в границах указанного типа леса с целью разработки рекомендаций по восстановлению коренных древостоев и совершенствованию теоретических аспектов лесной типологии в данном случае для условий лесостепного предгорного Крыма.

Выводы: Исследованиями установлено, что насаждения сосны крымской и сосны обыкновенной, созданные во второй половине прошлого столетия в

предгорном лесостепном Крыму, далеко не всегда отличаются устойчивостью. Как правило, по достижении 50-летнего возраста доля отпада достигает 30–40% и более от общего запаса древостоя. С течением времени указанный процесс ожидаемо усиливается. Повышенный уровень отпада насаждений с доминированием сосны обыкновенной и сосны крымской и последующий распад приспевающих насаждений является основанием для предположения о том, что сосняки с доминированием *P. nigra* subsp. *pallasiana* и *P. sylvestris*, в границах распространённых типов леса (C_1 -дС и C_1 -мДп) с большой долей вероятности являются производными насаждениями. За снижением устойчивости и биологического разнообразия лесных насаждений ожидаемы процессы экологического замещения на уровне состава насаждения, не менее вероятна потеря функционального назначения насаждений, созданных искусственным путём. Логичным итогом подобных изменений, касающихся, прежде всего, состава и структуры лесных культур является спектр негативных для лесного хозяйства экологических и экономических последствий.

При благоприятных экологических условиях возможна естественная замена производных сосняков на древостои с доминированием дуба скального семенного происхождения. В частности, в процессе выполнения исследований, посвящённых изучению лесообразовательного процесса в предгорном лесостепном Крыму, нами установлено, что в условиях дубово-чернососнового сугруда (C_1 -дС) наблюдается формирование жизнеспособных ценопопуляций подрост дуба скального, реже дуба пушистого. В общей структуре существующих ценопопуляций преобладает подрост дуба скального семенного происхождения. Плотность растений достигает 10,1 тыс. шт./га, тип ценопопуляции – процветающий. Наметившаяся трансформация структуры рассматриваемого фрагмента структуры лесного покрова является закономерным следствием совпадения ёмкости существующей экологической ниши биоэкологическим особенностям породы лесообразователя, в данном случае дуба скального.

Список использованных источников:

1. Агапонов Н. Н., Плугатарь Ю. В. Лесная наука в Крыму (результаты исследований Крымской ГЛНИС за 1952–2006 гг. и реферативный справочник) / В.Л. Мешкова (ред.). – Алушта, 2006 – 250 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Исиков В.П., Трикоз Н.Н. О причинах усыхания сосны крымской и сосны пицундской в Крыму в 2020 году / В.П. Исиков, Н.Н. Трикоз // Бюллетень

References:

1. Agaponov N.N., Plugatar Yu.V. Forest science in the Crimea (results of investigation at the Crimean SFSIS, 10 years report and reference book) / Meshkova V.LK. (ed.). – Alushta, 2006. – 250 p.
2. Dospekhov B.A. Methods of the field experiment. – M.: Agropromizdat, 1985. 351 p.
3. Isikov V.P., Trikoz N.N. About the reasons for the drying out of Crimean pines and Pitsunda pines in the Crimea in

государственного Никитского ботанического сада. – 2021. – №1. (138) – С. 38–49.

4. Левчук О.И. К вопросу усыхания насаждений сосны крымской (*Pinus nigra* J. F. Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) в Крыму / О.И. Левчук // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2016. – №5 (168). – С. 25–30.

5. Левчук О.И. Особенности санитарного состояния насаждений сосны крымской искусственного происхождения в Крыму / О.И. Левчук // Сборник научных трудов ГНБС. – 2018. – Т.147. – С. 46–47.

6. Плугатарь Ю.В. Леса Крыма / Ю.В. Плугатарь. – Ялта: ГБУ РК «НБС-ННЦ», 2015. – 385 с.

7. Пятницкий С.С. Методика исследований естественного семенного возобновления в лесах левобережной Лесостепи Украины. – Харьков, 1959. – С. 18–26.

8. Роговой В.И. К вопросу о состоянии насаждений сосны крымской в условиях Крыма / В.И. Роговой, И.А. Трофименко, Ю.П. Швеиц // I научная конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых учёных. – Симферополь, 2015. – С. 5–6.

9. Роговой В.И. Лесотипологическая структура насаждений сосны крымской в Крыму / В.И. Роговой, Л.А. Селиванова, И.А. Трофименко, Ю.П. Швеиц, В.В. Разумный // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2016. – №6 (169). – С. 35–40.

10. Салтыков А.Н., Роговой В.И., Ярыш В.Л. Современное состояние насаждений сосны Крымской (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) на северном макросклоне Крымских гор / А.Н. Салтыков, В.И. Ро-

2020 / V.P. Isikov, N.N. Trikoz // Bull. State Nikitsky bot. garden. – 2021. – №1. (138) – P. 38–49.

4. Levchuk O.I. On the issue of drying out of plantations of the Crimean pine (*Pinus nigra* J.F. Ar-Nold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) in the Crimea / O.I. Levchuk // Transactions of Taurida Agricultural Science. – 2016. – №5 (168). – P. 25–30.

5. Levchuk O.I. Features of the sanitary condition of plantations of Crimean pine of artificial origin in the Crimea. / O.I. Levchuk // Proceedings of scientific works of SNBG. – 2018. – Vol. 147. – P. 46–47.

6. Plugatar Yu.V. Forests of Crimea / Yu.V. Plugatar. Yalta.: SBI RC "NBG-NSC", 2015. – 385 p.

7. Pyatnitsky S.S. A method of research of natural seed reforestation in forests в лесах left-bank Forest Steppe of the Ukraine. – Kharkov, 1959. – P. 18–26.

8. Rogovoy V.I. To the question of the state of plantations of the Crimean pine in the Crimean conditions / V.I. Rogovoy, I.A. Trofimenko, Yu.P. Shvets // I scientific conference of teaching stuff, graduate students, students and young scientists. – Simferopol, 2015. – P. 5–6.

9. Rogovoy V. I. Typological forest structure of Crimean pine plantations in the Crimea / Rogovoy V.I., Selivanova L.A., I.A. Trofimenko, Yu.P. Shvets, V.V. Razumny // Transactions of the agrocultural science of Tavrida. – 2016. – № 6 (169). – P. 35–40.

10. Saltykov A. N., Rogovoy V. I., Yarysh V. L. Today's statement of the stands of Austrian Pine (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) on the Northern macroslope of the Crimean Mountains / A. N.Saltykov , V.

говой, В.Л. Ярыш // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33 (196). – С. 17–34.

11. Санников, С.Н. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса / С.Н. Санников, Н.С. Санникова. – М.: Наука, 1985. – 152 с.

12. Хромов А.Ф. Восстановление лесных биоценозов ЮБК лесокультурными приёмами // Лісівництво і агролісомеліорація. – Харьков, 2004. – Вып. 105. – С. 245–251.

I.Rogovoy, V. L.Yarysh // Transactions of the agrocltural science of Tavrida. – 2023. – № 33 (196). – P. 17–33.

11. Sannikov S.N., Sannikova N.S. Ecology of natural regeneration of pine under forest canopy / S.N. Sannikov, N.S. Sannikova – Moscow: Nauka, 1985, 152 p.

12. Khromov A.F. Reafforestation of the forest biocoenoses in SCC through methods of forest plantations // Lisivnytstvo i agrolisomelioratsia. – Charkiv, 2004. – Is. 105. – P. 245–251.

Сведения об авторе[х]:

Салтыков Андрей Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесного дела и садово-паркового строительства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: saltykov.andrey.1959@mail.ru, 295492, РФ, Республика Крым, Симферополь, Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», корп. 1, каб. 232.

Роговой Владимир Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесного дела и садово-паркового строительства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: saltykov.andrey.1959@mail.ru, 295492, РФ, Республика Крым, Симферополь, Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», корп. 1, каб. 235.

Information about the authors:

Saltykov Andrey Nikolaevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry and Landscape Construction at the Institute "Agrotechnological Academy" at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail: saltykov.andrey.1959@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye, Institute "Agrotechnological Academy" at the FSAE IHE "V.I. Vernadsky CFU", building 1, room 234.

Rogovoy Vladimir Ivanovich – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Institute "Agrotechnological Academy" at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail: v_rogovoy@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye, Institute "Agrotechnological Academy" at the FSAE IHE "V.I. Vernadsky CFU", building 1, room 235.

УДК 634.13:577.175.122:631.544.4

**ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА
РАСТЕНИЙ ЯНТАРНОЙ
КИСЛОТЫ ДЛЯ
ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕЛЕННЫХ
ЧЕРЕНКОВ СОРТОВ И ФОРМ
ГРУШИ С ПОМОЩЬЮ
ИСКУССТВЕННОГО ТУМАНА**

**THE EFFECT OF THE PLANT
GROWTH REGULATOR
SUCCINIC ACID FOR
GROWING GREEN CUTTINGS
OF PEAR VARIETIES AND
SHAPES USING
ARTIFICIAL FOG**

Зацепина И.В., кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, «ФНЦ имени И.В. Мичурина, Селекционно-генетический центр – ВНИИГ и СПР им. И.В. Мичурина

Zatsepina I.V., Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, "I.V. Michurin Federal Research Center, Breeding and Genetic Center – VNIIG and I.V. Michurin SPR

Регулятор роста растений янтарная кислота оказала значительное влияние на укореняемость сортов и клоновых подвоев груши. В результате проведенных исследований было установлено, что наилучшими результатами укореняемости, наибольшей высотой приростов, диаметром условной корневой шейки, количеством корней, длины корней при обработке и без использования стимулятора роста растений янтарной кислоты обладали клоновые подвои груши ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2, данные формы можно рекомендовать для дальнейшего использования их в селекции.

Ключевые слова: регулятор роста растений, сорта, формы, груша, янтарная кислота, теплица.

The plant growth regulator succinic acid has had a significant impact on the rootability of pear varieties and clonal rootstocks. As a result of the conducted studies, it was found that the best results of rooting, the highest height of increments, the diameter of the conditional root neck, the number of roots, the length of the roots during processing and without the use of the plant growth stimulant succinic acid possessed clonal rootstocks of pears PG 12 (k), PG 17-16, PG 2, these forms can be recommended for further use in breeding.

Keywords: plant growth regulator, varieties, shapes, pear, succinic acid, greenhouse.

Введение. Груша это такая культура, которая выращивается почти во всех странах России и за рубежом. Она очень вкусная, сочная, в ней очень много витаминов таких как С, Р, Е, К, В₁, В₂, В₃, В₆, кальция, железа, магния, марганца, фосфора, калия, натрия, цинка.

Но имеются в груше недостатки, она очень слабая к морозам, сильно повреждается болезнями и вредителями, очень плохо укореняется без специаль-

ных химических веществ. И поэтому селекционерами поставлена задача о выведения новых сортов груши, которые будут превосходить старые.

На сегодняшний день в России и за рубежом имеется большое количество стимуляторов роста растений для укоренения и выращивания различных растений. Тем не менее, количество новых регуляторов роста растений с каждым годом повышается, для этого необходимо более глубоко и детально изучать сущность их действия на растения, разрабатывать рационально и эффективно приемы применения [4; 5; 6; 7].

Регуляторы роста растений, или стимуляторы роста растений это такие химические вещества, которые участвуют во взаимодействии клеток, тканей и органов. Необходимы в небольших количествах для инициирования и регуляции физиологических и морфологических процессов онтогенеза растений [7; 8; 9].

Целью исследований, является с помощью регулятора роста растений янтарной кислоты, были укоренены зеленые черенки сортов и форм груши.

Материал и методы исследований. Данная работа проводится в «ФНЦ имени И.В. Мичурина, Селекционно-генетический центр – ВНИИГ и СПР им. И.В. Мичурина с 2012 по 2022 годы.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования по изучению укореняемости на клоновых подвоях груши – ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16, ОНФ 333, Ріго II и сортах, Светлянки (к), Ириста, Феерия, Августовская роса, Первомайская. В качестве веществ, стимулирующих процессы корнеобразования, использовали водный раствор янтарную кислоту (200 мг/л, 24 часа). В качестве контроля использовали воду.

Укоренение одревесневших черенков проводили в пленочных парниках с системой автоматизированного туманообразования.

Метод зеленого черенкования предусматривает выращивание полноценных саженцев из побегов текущего года (длина 12-15 см), взятых с материнского растения. Для изучения зависимости степени укореняемости зеленых черенков от фаз вегетации маточных растений черенкование проводилось нами через каждые 5-7 дней, начиная с момента, когда с одного побега можно было взять по 1-2 черенка, до окончания роста побегов. В экспериментах использовались маточные растения различного возраста: деревья 7-12, кустарники 5-10. Размер черенка определялся длиной междоузлий: у сильнорослых побегов они нарезались с одним междоузлием, у слаборослых - двумя-четырьмя. Нижние листья удалялись полностью, верхние - укорачивались или оставлялись целыми. Срезы осуществлялись лезвием острой бритвы, т.к. при этом способе не допускалось сжатие живых клеток луба и повреждение коры. Побеги срезались в утренние часы. Учитывалось их местоположение на материнском растении и черенка на побеге. Для черенкования использовались боковые отрастающие побеги из средней части кроны. Черенки высаживали во влажный субстрат под углом 45 °С. В качестве субстрата укоренения применяли смесь торфа и речного песка в соотношении

1 : 1. Схема посадки – 5×5 см. Опыты закладывались в трехкратной повторности по 120 черенков в каждом повторении.

Изучение укореняемости зеленых черенков проведено в теплице с пленочным покрытием, оснащенной туманообразующей установкой по общепринятой методике, разработанной Н. Н. Коваленко (2011) [2]. Определение укореняемости, выхода стандартных подвоев, высоты укорененного подвоя, диаметра условной корневой шейки, количества корней, длины корневой системы проводили по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур; под общ. Ред. Академика РАСХН Е. Н. Седова, д-ра с.-х. наук Т. П. Огольцовой [3]. Статистическую обработку осуществляли по общепринятой методике полевого опыта Б. А. Доспехова (1985) [1].

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований было установлено, что наибольшим результатом укореняемости при использовании регулятора роста растений янтарной кислоты (200 мг/л, 24 часа) обладали зеленые черенки груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16, данный показатель составлял от 73,8 до 76,5%. Хорошо укоренились черенки ОНФ 333 – 65,4%, Piro II – 63,8%. Сорта груши Светлянка (к), Ириста, Феерия, Августовская роса, Первомайская укоренились от 41,0 до 49,8% (рис. 1).

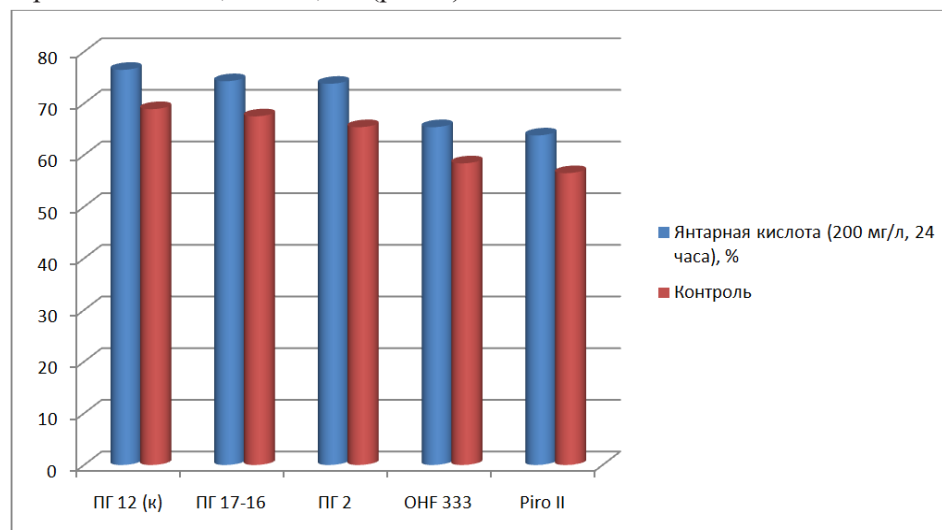


Рисунок 1. Укоренение зеленых черенков клоновых подвоев груши с помощью и без использования стимулятора роста растений янтарной кислоты (200мг/л, 24 часа)

Без использования регулятора роста растений наибольшую укореняемость продемонстрировали зеленые черенки груши ПГ 12 (к) – 68,9%, ПГ 2 – 67,5%, ПГ 17-16 – 65,4%. Хорошую укореняемость имели зеленые черенки ОНФ 333 и Piro II данный показатель составлял 56,5 и 58,4% соответственно. Средней укореняемостью (от 31,9 до 38,4%) характеризовались сорта груши Светлянка (к), Ириста, Феерия, Августовская роса, Первомайская (рис. 2).

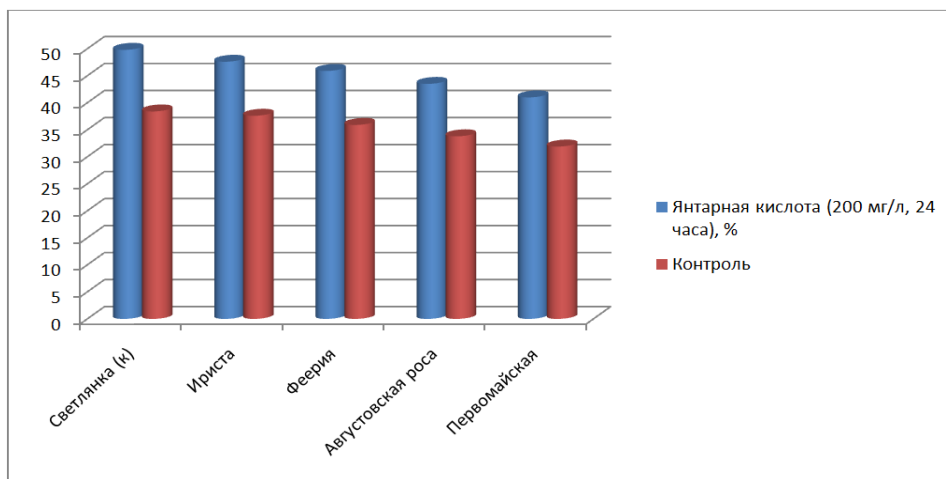


Рисунок 2. Укоренение зеленых черенков сортов груши с помощью и без использования стимулятора роста растений янтарной кислоты (200мг/л, 24 часа)

После укоренения зеленых черенков форм и сортов груши, была проведена оценка качества укорененных клоновых подвоев и сортов.

Из таблицы видно, что наибольшей высотой приростов (от 13,0 до 13,8 см) при использовании регулятора роста растений янтарной кислоты (200 мг/л, 24 часа) обладали клоновые подвои груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16. Хорошую высоту приростов продемонстрировали клоновые подвои груши ОНФ 333 – 11,4 см, Piro II – 10,0 см. У сортов груши Светлянка (к), Ириста, Феерия, Августовская роса, Первомайская данный показатель составлял от 7,5 до 9,8 см (табл.1).

Без обработки регулятором роста растений (от 10,5 до 12,8 см) наибольшей высотой приростов характеризовались клоновые подвои груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16. У форм ОНФ 333 и Piro II высота приростов находилась в пределах 9,5 и 10,2 см соответственно. Меньшей высотой приростов (от 6,1 до 8,4 см) обладали сорта груши Светлянка (к), Ириста, Феерия, Августовская роса, Первомайская (табл.1).

Наибольший диаметр условной корневой шейки при применении регулятора роста растений янтарной кислоты имели (клоновые подвои груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16 – 1,4 см), хорошим диаметром условной корневой шейки обладали (клоновые подвои груши ОНФ 333, Piro II – 1,3 см), меньший результат продемонстрировали (сорта груши Светлянка (к), Ириста, Феерия, Августовская роса, Первомайская – 1,0 см) (табл.1).

Без использования регулятора роста растений наибольший диаметр условной корневой шейки был отмечен у (клоновых подвоев груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16 – 1,3 см), у клоновых подвоев груши ОНФ 333, Piro II – 1,1 см, низким диаметром условной корневой шейки обладали (сорта груши Светлянка (к), Ириста, Феерия, Августовская роса, Первомайская – 0,8 см) (табл.1).

Таблица. 1 Биометрические показатели зеленых черенков сортов и клоновых подвоев груши укорененных с помощью регулятора роста растений янтарной кислотой (200 мг/л, 24 часа)

Сорт, форма	Вариант опыта	Высота подвоя, см	Диаметр условной корневой шейки, см	Количество корней, шт.	Длина корней, см
1	2	3	4	5	6
Формы					
ПГ 12 (к)	Янтарная кислота	13,8	1,4	12,7	11,6
	Вода	12,8	1,3	11,4	10,5
НСР ₀₅		1,9	0,2	1,6	1,7
ПГ 17-16	Янтарная кислота	13,4	1,4	12,4	11,3
	Вода	12,4	1,3	11,1	10,1
НСР ₀₅		1,5	0,3	1,3	1,2
ПГ 2	Янтарная кислота	13,0	1,4	12,1	10,9
	Вода	11,5	1,3	10,2	10,0
НСР ₀₅		1,4	0,5	1,2	1,1
ОНФ 333	Янтарная кислота	11,4	1,2	10,7	9,4
	Вода	10,2	1,1	9,5	8,3
НСР ₀₅		1,4	0,2	1,1	1,0
Piro II	Янтарная кислота	10,0	1,2	10,0	9,1
	Вода	9,5	1,1	8,4	8,1
НСР ₀₅		1,1	0,5	1,0	1,1
Сорта					
Светлянка (к)	Янтарная кислота	9,8	1,0	8,9	7,3
	Вода	8,4	0,8	7,5	6,2
НСР ₀₅		1,4	0,09	1,1	1,0
Ириста	Янтарная кислота	9,7	1,0	8,6	7,4
	Вода	8,3	0,8	7,4	6,2
НСР ₀₅		1,2	0,08	1,0	1,0
Феерия	Янтарная кислота	9,3	1,0	8,4	7,4
	Вода	8,4	0,8	7,3	6,3
НСР ₀₅		1,1	0,07	1,0	0,9
Августовская роса	Янтарная кислота	7,9	1,0	8,0	7,2
	Вода	6,6	0,8	7,1	6,2
НСР ₀₅		1,0	0,08	1,0	1,0
Первомайская	Янтарная кислота	7,5	1,0	7,1	6,1
	Вода	6,1	0,8	6,0	5,0
НСР ₀₅		1,0	0,07	1,0	1,0

При обработке регулятором роста растений янтарной кислотой наибольшее количество корней продемонстрировали клоновые подвои груши ПГ 12 (к) – 12,7 шт., ПГ 2 – 12,4 шт., ПГ 17-16 – 12,1 шт. У клоновых подвоев груши ОНФ 333 и Ріго II данный показатель составлял 10,0 и 10,7 шт. Средним количеством корней (от 7,1 до 8,9 шт.) характеризовались сорта груши Светлянка (к), Ириста, Феерия, Августовская роса, Первомайская (табл.1).

Без применения регулятора роста растений наибольшим количеством корней обладали клоновые подвои груши ПГ 12 (к) – 11,4 шт., ПГ 2 – 11,1 шт., ПГ 17-16 – 10,2 шт. Хороший результат количества корней имели клоновые подвои груши ОНФ 333 – 9,5 шт., Ріго II – 8,4 шт. У сортов груши Светлянка (к), Ириста, Феерия, Августовская роса, Первомайская количество корней составляло от 6,0 до 7,5 шт. (табл.1)

Наибольшей длиной корней при использовании регулятора роста растений янтарной кислоты (от 10,0 до 11,6 см) характеризовались клоновые подвои груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16. Хорошей длиной корней обладали клоновые подвои груши ОНФ 333 – 9,4 см, Ріго II – 9,1 см. Среднюю длину корней (от 6,1 до 7,4 см) продемонстрировали сорта груши Светлянка (к), Ириста, Феерия, Августовская роса, Первомайская (табл.1).

Без обработки регулятором роста растений лучший результат длины корней был отмечен у клоновых подвоев груши ПГ 12 (к) – 10,5 см, ПГ 2 – 10,1 см, ПГ 17-16 – 10,0 см. У форм ОНФ 333 и Ріго II длина корней составляла 8,1 см и 8,3 см. Низкой длиной корней (от 5,0 до 6,3 см) обладали сорта груши Светлянка (к), Ириста, Феерия, Августовская роса, Первомайская (табл.1).



Рисунок 3. Клоновый подвой груши ПГ 17-16
(А – обработанный регулятором роста растений янтарной кислотой и
Б – не обработанный регулятором роста растений)

Выводы. В результате проведенных исследований было установлено, что наибольшим результатом укореняемости при использовании регулятора роста растений янтарной кислоты (200 мг/л, 24 часа) и без применения регулятора роста растений обладали зеленые черенки груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16.

Наибольшей высотой приростов, диаметром условной корневой шейки, длиной и количества корней при обработке и без применения регулятора роста растений янтарной кислоты обладали клоновые подвои груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16.

Список использованных источников:

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос. 1985. – 351 с.

2. Коваленко Н.Н. Выращивание посадочного материала садовых культур с использованием зеленого черенкования: методические рекомендации. Краснодар: СКЗНИИСИВ. 2011. 54 с.

3. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур; под общ. ред. : академика РАСХН Е. Н. Седова, д-ра с.-х. наук Т. П. Огольцовой. Орел : Издательство ВНИИСПК. 1999. С. 34–47.

4. Тихонова М. А., Мурсалимова Г. Р. Перспективы развития и производства посадочного материала винограда в Оренбургской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2015. Т. 42. С. 287–291.

5. Тихонова М. А., Мурсалимова Г. Р., Иванова Е. А. Воздействие иммуностимуляторов на растения винограда // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. XLIX. С. 329–332.

6. Тихонова М. А., Мурсалимова Г. Р. Влияние регуляторов роста на рост и развитие винограда в условиях Приуралья // Инновационные направления и разработки для эффективного сельско-

References:

1. Dospekhov, B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). – 5th ed., reprint. and add. Moscow: Kolos. 1985. – 351 p.

2. Kovalenko N.N. Cultivation of planting material of garden crops using green cuttings: methodological recommendations. Krasnodar: SKZNIISiV. 2011. 54 p.

3. Program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops; under the general editorship: Academician RASKHN E. N. Sedov, Doctor of Agricultural Sciences T. P. Ogoltsova. Orel : VNIISPK Publishing House. 1999. pp. 34-47.

4. Tikhonova M. A., Mursalimova G. R. Prospects for the development and production of grape planting material in the Orenburg region // Fruit and berry growing in Russia. 2015. Vol. 42. pp. 287-291.

5. Tikhonova M. A., Mursalimova G. R., Ivanova E. A. The effect of immunostimulators on grape plants // Fruit and berry growing in Russia. 2017. Vol. XLIX. pp. 329-332.

6. Tikhonova M. A., Mursalimova G. R. The influence of growth regulators on the growth and development of grapes in the Urals // Innovative directions and developments for efficient agricultural

хозяйственного производства: матер. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти чл.-корр. РАН В. И. Левахина. Оренбург: Всероссийский научноисследовательский институт мясного скотоводства. 2016. С. 275–279.

7. Тихонова М. А., Мурсалимова Г. Р. Влияние предпосадочной обработки зеленых черенков винограда стимуляторами роста на укореняемость и развитие надземной части // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 39. С. 208–212.

8. Тихонова М. А., Мурсалимова Г. Р., Мережко О. Е. Влияние гуматов на образование и развитие корневой системы черенков винограда // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXIV. С. 264–267.

9. Wallschlager D., Desai M.V., Wilker R. D. The role of humic substances in the aqueous mobilization of mercury from contaminated floodplain soils // Water, air, and soil pollution, 1996. V. 90 (3/4). P. 507–520.

production: mater. international scientific and practical conference, dedicated. memory of the corresponding member. RAS V. I. Levakhin. Orenburg: All-Russian Scientific Research Institute of Beef Cattle Breeding. 2016. pp. 275-279.

7. Tikhonova M. A., Mursalimova G. R. The effect of pre-planting treatment of green grape cuttings with growth stimulants on rooting and development of the aboveground part // Fruit and berry growing in Russia. 2014. Vol. 39. pp. 208-212.

8. Tikhonova M. A., Mursalimova G. R., Merezko O. E. The influence of humates on the formation and development of the root system of grape cuttings // Fruit and berry growing in Russia. 2016. Vol. XXXIV. pp. 264-267.

9. Wallschlager D., Desai M.V., Wilker R. D. The role of humic substances in the aqueous mobilization of mercury from contaminated floodplain soils // Water, air, and soil pollution, 1996. V. 90 (3/4). P. 507–520.

Сведения об авторе:

Зацепина Илона Валериевна – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, «ФНЦ имени И.В. Мичурина, Селекционно-генетический центр – ВНИИГ и СПР им. И.В. Мичурина, e-mail: ilonavalerevna@mail.ru.

Information about the author:

Zatsepina Ilona Valerievna – candidate of Agricultural Sciences, Researcher, I.V. Michurin Federal Research Center, Breeding and Genetic Center - VNIIG and I.V. Michurin SPR, e-mail: ilonavalerevna@mail.ru.

УДК 633.34:631.53.01:631.67

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ПРИМЕНЕНИЯ ОРОШЕНИЯ
И ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ПРИ
ВЫРАЩИВАНИИ СОРТОВ СОИ
ИНТЕНСИВНОГО ТИПА**

Бабушкина Р.А., кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Херсонский аграрный университет»;

Макаренко А.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Логойда Т.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Василько В.П., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор;

Великанова Л.О., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Максимальную урожайность на уровне 42,0 ц/га получили при вегетационных поливах до фазы налива бобов, посева сорта Деймос и обработке семян препаратом Оптимайз. Доля влияния факторов и их взаимодействия свидетельствует о наибольшем значении сортового состава (фактор В) – 46,8%. Также существенное влияние на продуктивность растений оказали сроки прекращения вегетационных поливов (фактор А) – 26,7% и инокуляция семян (фактор С) – 17,1%. Взаимодей-

**EFFECTIVENESS
OF IRRIGATION AND SEED
INOCULATION IN THE
GROWING OF INTENSIVE
SOYBEAN VARIETIES**

Babushkina R.A., Candidate of Agricultural Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kherson Agrarian University”;

Makarenko A.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

Logoyda T.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

Vasilko V.P., Candidate of Agricultural Sciences, Professor;

Velikanova L.O., Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin"

The maximum yield of 42.0 c/ha obtained with vegetative irrigation before the bean-filling phase, sowing the Deimos variety and treating the seeds with Optimize. The share of the influence of factors and their interaction indicates the highest value of the varietal composition (factor B) - 46.8%. Also, the timing of the cessation of vegetation irrigation (factor A) - 26.7% and seed inoculation (factor C) - 17.1% had a significant impact on plant productivity. The interaction of all studied factors was insignificant (less than 3%), but most of

ствие всех исследуемых факторов было несущественным (менее 3%), однако больше всего оно проявилось при взаимодействии факторов АВ – 2,3%. Показатели содержания белка и жира в зерне сои существенно изменяются под влиянием исследуемых факторов. Выявлена тенденция снижения содержания белка при увеличении количества поливов во втором (до формирования бобов) и третьем (до налива бобов) вариантах условий искусственного увлажнения.

Ключевые слова: соя, сорт, орошение, срок прекращения полива, инокулянт, урожайность, качество семян.

all it was manifested in the interaction of AB factors – 2.3%. Indicators of protein and fat content in soybean grain change significantly under the influence of the factors under study. A tendency revealed for a decrease in protein content with an increase in the number of watering is in the second (before the formation of beans) and the third (before filling the beans) variants of artificial moisture conditions.

Key words: soybean, variety, irrigation, period of cessation of irrigation, inoculant, yield, seed quality.

Введение. Биологизированные технологии выращивания зерновых и зернобобовых культур представляют собой новые научно обоснованные подходы к сельскому хозяйству, которые базируются на использовании биологических методов и средств для повышения урожайности, качества продукции и устойчивости растений к стрессовым факторам. Эти технологии включают в себя ряд методов и практик, направленных на стабилизацию и продуктивное развитие экосистем, увеличение биоразнообразия, улучшение плодородия почвы и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду [1; 2; 3; 4; 5].

Главные элементы биологизированных технологий выращивания, которые применяются при выращивании зерновых и зернобобовых культур включают: биологическое удобрение почвы с использованием органических и биодegradуемых удобрений для обогащения почвы ценными питательными веществами, улучшения ее структуры, увеличения содержания микроорганизмов, способствующих разложению органического материала; применение биологических препаратов для борьбы с вредителями и болезнями растений (микроорганизмы, хищные насекомые, феромоны и др.); многопольные системы севооборота и смешанное земледелие с чередованием разных культур на поле и сочетанием зерновых с зелеными удобрениями для повышения плодородия почвы, улучшения структуры почвы и подавления сорняков; использование биологически активных препаратов в том числе инокулянтов органической природы на основе полезных микроорганизмов, гуминовых веществ и других биостимуляторов для стимуляции роста и развития растений, увеличения устойчивости к стрессам и улучшения качества урожая [6; 7; 8; 9; 10]. Биологизированные технологии выращивания зерновых и зернобобовых культур представляют собой инновационный и экологически устойчивый подход, который

позволяет улучшить урожайность, качество продукции и сохранить природные ресурсы для будущих поколений. Они также способствуют формированию здоровой экосистемы и сохранению биоразнообразия [11; 12; 13; 14].

В настоящее время потенциал урожайности ультраранних и раннеспелых сортов сои интенсивного типа при выращивании в условиях орошения составляет 25-35 ц/га, среднеспелых – 35-45, среднепоздних – 45-50 ц/га. Имея высокопродуктивные сорта сои отечественной селекции, на наш взгляд, нет необходимости завозить иностранные сорта, которые создавались для совсем других природно-климатических условий, которые на территории Северного Причерноморья поражаются болезнями, чувствительны к засушливой погоде, поэтому существенно снижают урожай и качество продукции [15; 16; 17; 18; 19]. Это открывает большие возможности для большего производства в нашей стране этой стратегической культуры, а затем для решения продовольственной проблемы. Благодаря плодотворной работе отечественных селекционеров создан мощный генофонд и сортовой ассортимент сои. Сорта селекции не имеют генетически модифицированных организмов и по урожайности и содержанию белка не уступают иностранным сортам [20; 21; 22; 23].

Биопрепараты с содержанием пузырьковых бактерий, предназначенные для предпосевной обработки семян сои (инокуляции), различаются как по используемым штаммам ризобия, так и по препаративным формам, т.е. по субстрату, который используется как «носитель» и в котором ризобии не теряют жизнеспособность. достаточно продолжительного времени. Учеными разных стран доказано существенное стимулирующее действие бактериальных препаратов на развитие корневой системы сои и положительное воздействие на уровень урожая и качество зерна культуры. Поэтому изучение влияния биологизированных и ресурсосберегающих агротехнических мероприятий при выращивании сои и других зерновых и зернобобовых культур имеет важное значение с научной и практической точки зрения [24; 25; 26].

Материал и методы исследований. Целью исследований установить эффективность применения орошения с окончанием вегетационных поливов в разные фазы развития культуры и инокуляции семян при выращивании сортов сои интенсивного типа в условиях Северного Причерноморья.

Полевые опыты и лабораторные исследования с сортами сои проводили на протяжении 2018-2020 гг. на полях Опытного хозяйства «Асканийское» в Каховском районе Херсонской области в соответствии с требованиями методики опытного дела в агрономии [27]. Трехфакторный опыт предполагал изучение трех вариантов сроков прекращения вегетационных поливов, четырех сортов сои разных групп спелости и инокуляции семян перед посевом. Схема полевого опыта представлена в таблицах 1-3 статьи. Повторность опыта – четырехкратная. Учетная площадь элементарной делянки третьего порядка составляла 50 м². Опыты закладывались методом расщепленных участков. Вегетационные поливы производили с помощью дождевальной машины Зиматик. Урожай се-

мян сои собирали комбайном Сампо-500 со всей учётной площади делянок.

Результаты и обсуждения. В среднем за годы проведения исследований установлено, что высокая урожайность семян исследуемой культуры – 42,0 ц/га сформировалась при проведении вегетационных поливов до фазы налива бобов, выращивании сорта Деймос (среднеспелая группа) и обработке семян препаратом Оптимайз (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность семян сои в зависимости от срока прекращения поливов, сортового состава и инокуляции семян, ц/га (2018-2020 гг.)

Срок прекращения поливов (фактор А)	Сорт (фактор В)	Инокуляция семян (фактор С)			Среднее по факторам	
		без инокулянтов	Нитрофикс	Оптимайз	В	А
До фазы цветения	Диона (ультра-скороспелый)	21,4	23,3	26,2	23,6	27,9
	Фаэтон (скороспелый)	24,0	26,3	29,2	26,5	
	Аполлон (среднеранний)	27,4	29,5	33,2	30,1	
	Деймос (среднеспелый)	28,8	31,2	34,5	31,5	
До формирования бобов	Диона (ультра-скороспелый)	23,4	25,2	28,3	25,6	31,2
	Фаэтон (скороспелый)	26,0	28,2	31,5	28,6	
	Аполлон (среднеранний)	32,3	34,7	38,3	35,1	
	Деймос (среднеспелый)	32,8	35,3	38,8	35,6	
До налива бобов	Диона (ультра-скороспелый)	27,0	29,5	32,6	29,7	34,8
	Фаэтон (скороспелый)	30,2	32,8	36,2	33,1	
	Аполлон (среднеранний)	35,0	37,0	40,6	37,6	
	Деймос (среднеспелый)	36,1	38,7	42,0	38,9	
Среднее по фактору С		28,7	31,0	34,3		
НСР ₀₅ для факторов: А – 1,28; В – 1,74; С – 1,29						

В среднем по фактору А преимущество имел третий вариант с проведением поливов в фазу налива бобов. В таких условиях получена урожайность семян сои на уровне 34,8 ц/га. На других сроках прекращения вегетационных

поливов урожайность уменьшилась соответственно на первом варианте на 6,9 ц/га или на 24,7%; на втором – 3,6 ц/га или на 11,5%.

По сортовому составу проявилась тенденция увеличения продуктивности растений сои от ультра раннеспелого сорта Диона до среднеспелого сорта Деймос. На последнем сорте получили урожайность семян в пределах от 31,5 до 38,9 ц/га. На других сортах этот показатель снизился на 0,5-1,0 ц/га или на 1,4-39,1%. Следовательно, в зависимости от сроков прекращения поливов отмечены существенные колебания продуктивности растений, причем наибольшими они были при проведении вегетационных поливах до фазы формирования бобов.

Использование инокуляции семян в допосевной период также способствовало математически достоверному приросту урожайности. Так, в среднем по фактору С, на варианте без обработки инокулянтами урожайность была на уровне 28,7 ц/га, а при использовании препаратов Нитрофикс и Оптимаиз – увеличилась на 8,0-19,5%. Также доказана эффективность использования препарата Оптимаиз, использование которого позволило сформировать урожайность на 10,6% больше, чем при применении препарата Нитрофикс.

Удельный вес влияния факторов и их взаимодействия свидетельствует о наибольшем значении сортового состава (фактор В) – 46,8%, что объясняется особенностью формирования схемы полевого опыта и широким диапазоном сортов разных групп спелости (рис. 1). Также существенное влияние на продуктивность растений оказали сроки прекращения вегетационных поливов (фактор А) – 26,7% и инокуляция семян (фактор С) – 17,1%.

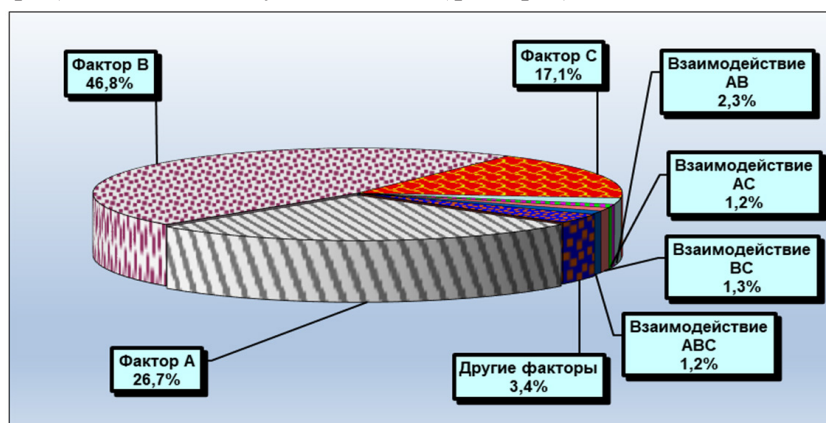


Рисунок 1. Удельный вес участия в формировании урожайности семян сои изучаемых факторов: фактор А – сроки прекращения поливов; фактор В – сортовой состав, фактор С – инокуляция семян, %

Взаимодействие всех исследуемых факторов было несущественным (менее 3%), однако больше всего оно проявилось при суммарном действии факторов А и В – 2,3%.

Путем проведения дисперсионного анализа с включением лет проведения исследований посредством дополнительного фактора (фактор D) доказано су-

щественное влияние (на уровне 14,6%) погодных условий на продуктивность разных по группам спелости сортов сои (рис. 2).

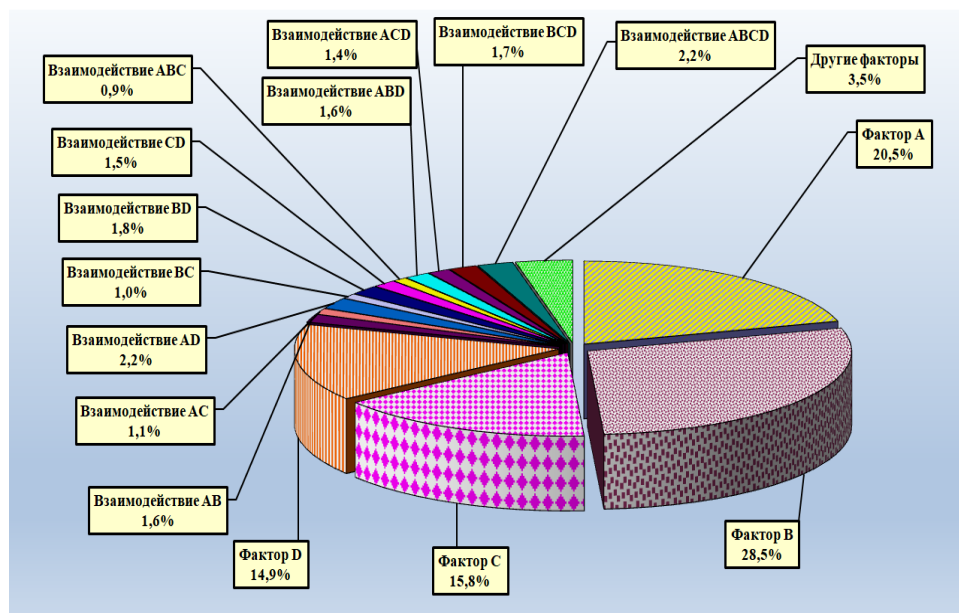


Рисунок 2. Доля участия в формировании урожайности семян сои изучаемых факторов: фактор А – сроки прекращения поливов; фактор В – сортовой состав, фактор С – инокуляция семян, фактор D – годы проведения исследований, %

Среди исследуемых элементов технологии выращивания сортовой состав в большей степени повлиял на формирование урожая семян сои – 28,5%. Сроки прекращения поливов и обработка семян инокулянтами также характеризовались высоким влиянием на величину урожая на уровне 19,5 и 14,9%, соответственно.

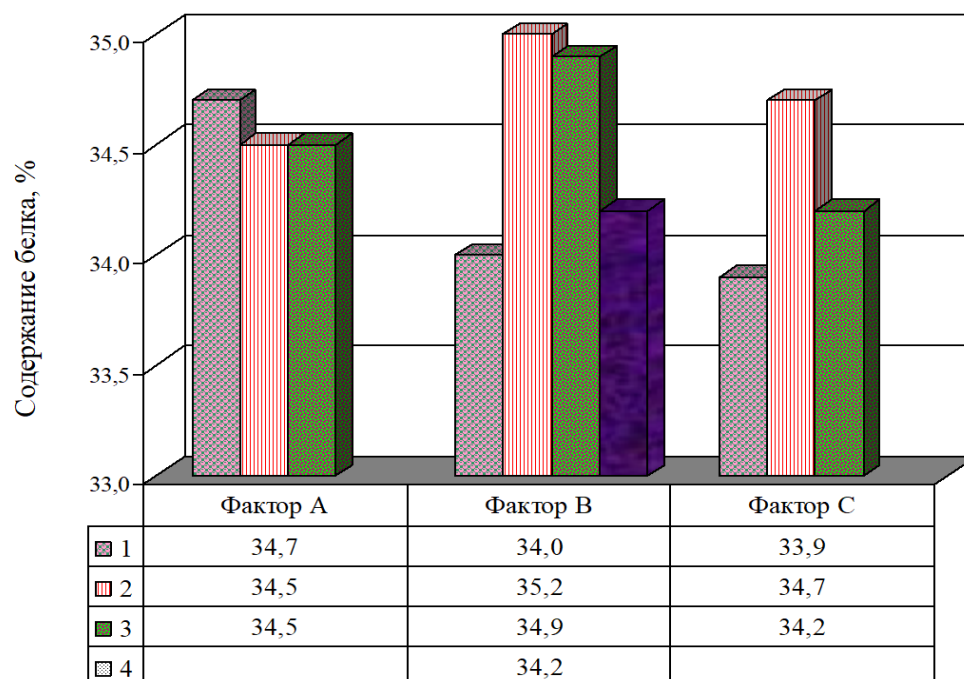
Взаимодействие изучаемых факторов было несущественным, особенно при взаимодействии факторов ABC – 0,9%.

При участии фактора D отмечен некоторый рост удельного веса взаимодействия факторов, что объясняется влиянием погодных условий, особенно при взаимодействии с фактором А (сроки прекращения поливов, где она увеличилась до 2,2%).

Следует отметить, что при проведении исследований нужно учесть влияние природных и агрономических факторов на качественные характеристики семян. Так, содержание белка и жира в семенах сои колеблется в большом диапазоне и зависит от многих факторов: наследственных особенностей сорта, климатических и почвенных условий, влагообеспечения, уровня и типа минерального питания и др. Путем регулирования этих факторов, в частности формирования оптимального водного и питательного режимов почвы и применения комплекса агротехнических мероприятий можно не только существенно повысить уро-

жайность, а также и улучшить качественные показатели семян сои [7, 14, 15].

Лабораторный анализ образцов семян сои показал, что показатели содержания белка несущественно изменяются под влиянием изучаемых факторов (рис. 3).



Примечания:

Фактор А (сроки прекращения вегетационных поливов): 1 – поливы до фазы цветения; 2 – поливы для формирования бобов; 3 – поливы к наливу бобов;

Фактор В (сортовой состав): 1 – Диона; 2 – Фазтон; 3 – Аполлон; 4 – Деймос;

Фактор С (инокуляция семян): 1 – без инокулянтов; 2 – Нитрофикс; 3 – Оптимаиз

Рисунок 3. Среднефакториальные показатели содержания белка в семенах сои в зависимости от сроков прекращения поливов, сортового состава и инокулянтов, % (2018-2020 гг.)

Выявлена тенденция снижения исследуемого показателя при повышении количества поливов во втором и третьем вариантах сроков прекращения поливов – с 34,7 до 34,5%.

Относительно сортового состава проявилось преимущество сорта Фазтон, у которого содержание белка увеличилось до 35,2% по сравнению с другими изучаемыми сортами исследуемой культуры – 34,0-34,9%.

Инокуляция семян исследуемой культуры способствовала слабому росту содержания белка в зерне. Так, на контрольном варианте без обработки этот показатель был равен 34,1%, а при применении препаратов-инокулянтов Нитрофикс и Оптимаиз – он увеличился до 34,8%.

В отличие от показателей содержания белка в зерне сои, его условный вы-

ход колебался в значительной степени, что объясняется колебанием урожайности по отдельным факторам и вариантам (табл. 2).

Таблица 2 . Условный сбор белка при выращивании сои в зависимости от сроков прекращения поливов, сортового состава и допосевной инокуляции семян, ц/га (2018-2020 гг.)

Срок прекращения поливов (фактор А)	Сорт (фактор В)	Инокуляция семян (фактор С)			Среднее по факторам	
		без инокулянтов	Нитрофикс	Оптимайз	В	А
До фазы цветения	Диона (ультра-скороспелый)	7,2	8,0	9,0	8,1	9,7
	Фаэтон (скороспелый)	8,2	9,4	10,5	9,4	
	Аполлон (среднеранний)	9,6	10,4	11,6	10,5	
	Деймос (среднеспелый)	9,8	10,7	11,9	10,8	
До формирования бобов	Диона (ультра- скороспелый)	7,9	8,7	9,6	8,7	10,8
	Фаэтон (скороспелый)	8,9	10,0	11,3	10,1	
	Аполлон (среднеранний)	11,2	12,2	13,3	12,2	
	Деймос (среднеспелый)	11,1	12,0	13,3	12,1	
До налива бобов	Диона (ультра-скороспелый)	9,0	10,1	11,1	10,1	12,0
	Фаэтон (скороспелый)	10,3	11,6	13,0	11,6	
	Аполлон (среднеранний)	12,1	12,9	14,1	13,0	
	Деймос (среднеспелый)	12,2	13,4	14,4	13,3	
Среднее по фактору С		9,8	10,8	11,9		

Наибольшие величины условного выхода белка на уровне 14,4 ц/га были зафиксированы на варианте с вегетационными поливами до фазы налива бобов исследуемой культуры. Наименьшие значения этого показателя (7,2 ц/га) – сформировались на варианте с поливами до фазы цветения на сорте Диона и без обработки семян инокулянтами.

Проведение вегетационных поливов в фазу налива бобов способствовало получению максимального условного выхода белка, на уровне 12,0 ц/га. На первом и втором вариантах сроков прекращения поливов этот показатель сни-

зился до 9,7-10,8 ц/га или на 10,2-19,5%.

В полевых опытах установлена постоянная тенденция увеличения условного выхода белка при использовании сортов более позднеспелых групп спелости. Так, на сорте Диона данный показатель составлял в среднем 8,1-10,1 ц/га, а при использовании сортов сои Фаэтон, Аполлон и Деймос он увеличился в пределах от 13,8 до 28,7%.

Обработка семян инокулянтами способствовало ощутимому повышению условного выхода белка из единицы площади. На необработанном инокулянтами варианте этот показатель составлял 9,8 ц/га, а при проведении обработок семян исследуемой культуры препаратами Нитрофикс и Оптимайз отмечен рост на 9,3-17,9%. Также доказано преимущество использования препаратом Оптимайз по сравнению с Нитрофикс, поскольку первый препарат обеспечил увеличение условного выхода белка на 9,5%.

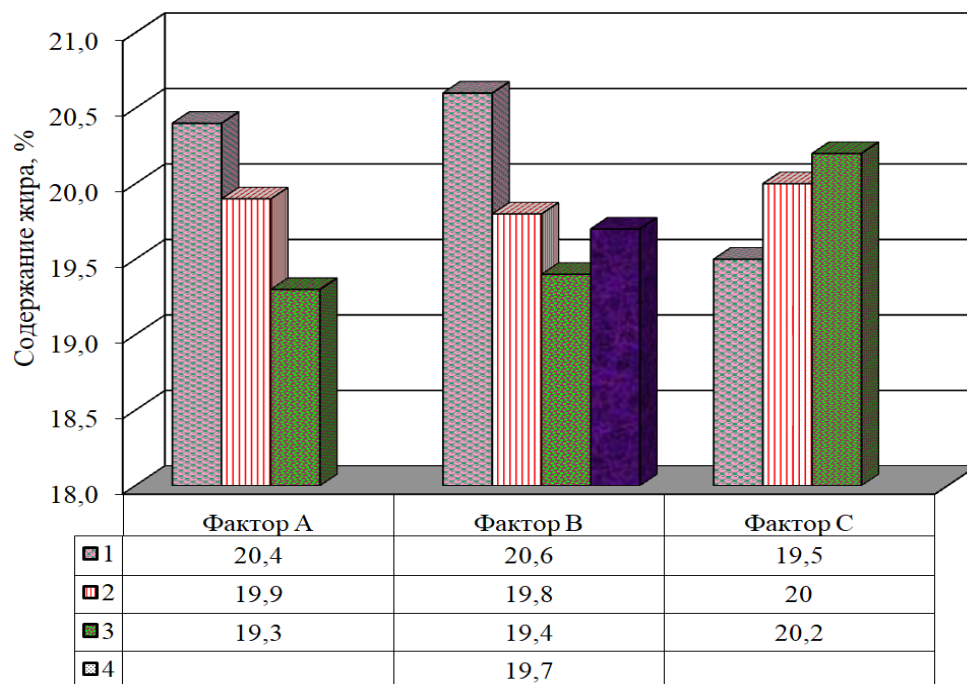
Показатель содержания жира в зерне исследуемой культуры, как и содержания белка, несущественно колебался в зависимости от влияния изучаемых факторов (рис. 4). Максимальный уровень данного показателя – 21,4%, выявленный в первом варианте срока прекращения поливов (поливы до фазы цветения) на ультра раннеспелом сорте Диона и за использование для инокуляции семян препарата Оптимайз. Наименьшие значения содержания жира в зерне сои были на варианте с вегетационными поливами до фазы наливая бобов на сорте Аполлон, семена которого обрабатывали препаратом Нитрофикс.

В среднем по фактору А доказано преимущество минимизации количества поливов, поскольку преобладал первый вариант с поливами до фазы цветения, на котором содержание жира в семенах культуры составляло 20,4%. На втором и третьем вариантах сроков прекращения вегетационных поливов этот показатель несущественно снизился – до 19,9% и 19,3%, или на 5,1% и 2,2%.

Наименьшее содержание жира в зерне сои, на уровне 19,4%, было у среднераннего сорта Аполлон. На других сортах этот показатель в некоторой степени повысился на 1,7-5,7%, с преимуществом ультраскороспелого сорта Диона, на котором он увеличился до 20,6%.

Проведение обработки семян инокулянтами обусловило тенденцию к несущественному росту содержания жира в зерне сои. На необработанном варианте этот показатель составлял 19,5%, а при применении препаратов Нитрофикс и Оптимайз наблюдался рост на 2,8-3,4%.

Условный сбор жира более существенно изменялся под влиянием изучаемых факторов (табл. 3). Высокого уровня 8,0 ц/га этот показатель достиг на варианте с вегетационными поливами до фазы налива бобов, при выращивании сорта Деймос, семена которого обрабатывали препаратом Оптимайз. Наименьшее значение условного выхода жира в пределах 4,4 ц/га было при поливах до фазы цветения на ультрараннем сорте Диона, семена которых высевали без обработок инокулянтами.



Примечания:

Фактор А (сроки прекращения вегетационных поливов): 1 – поливы до фазы цветения; 2 – поливы для формирования бобов; 3 – поливы к наливу бобов;

Фактор В (сортовой состав): 1 – Диона; 2 – Фазтон; 3 – Аполлон; 4 – Деймос;

Фактор С (инокуляция семян): 1 – без инокулянтов; 2 – Нитрофикс; 3 – Оптимайз

Рисунок 4. Среднефакториальные показатели содержания жира в зерне сои в зависимости от сроков прекращения поливов, сортового состава и инокулянтов, % (2018-2020 гг.)

В среднем по фактору А лучшим было проведение вегетационных поливов до фазы налива бобов сои, где условный выход жира равнялся 6,7 ц/га. На первом и втором вариантах сроков прекращения поливов отмечено снижение этого показателя до 5,7-6,2 ц/га или на 7,5-15,3%.

Как и условный выход белка, условный выход жира был минимальным на варианте с сортом Диона, где этот показатель находился в пределах от 4,9 до 6,0 ц/га. При выращивании более позднеспелых сортов отмечена устоявшаяся тенденция к достоверному росту условного выхода жира, в среднем, на 6,9-24,1%.

Инокулянты вызвали тенденцию к увеличению условного выхода жира из единицы площади на 9,8-18,9%. Среди препаратов, эффективность которых изучалась, преимущество имел Оптимайз, который по этому показателю превышал препарат Нитрофикс на 10,1%.

Таблица 3. Условный сбор жира при выращивании сои в зависимости от условий увлажнения, сортового состава и инокуляции семян, ц/га (2018-2020 гг.)

Срок прекращения поливов (фактор А)	Сорт (фактор В)	Инокуляция семян (фактор С)			Среднее по факторам	
		без инокулянтов	Нитрофикс	Оптимайз	В	А
До фазы цветения	Диона (ультра-скороспелый)	4,4	4,9	5,6	4,9	5,7
	Фазтон (скороспелый)	4,7	5,3	6,0	5,4	
	Аполлон (среднеранний)	5,3	5,9	6,8	6,0	
	Деймос (среднеспелый)	5,7	6,4	7,2	6,4	
До формирования бобов	Диона (ультра- скороспелый)	4,7	5,2	5,9	5,3	6,2
	Фазтон (скороспелый)	5,0	5,6	6,4	5,7	
	Аполлон (среднеранний)	6,2	6,8	7,7	6,9	
	Деймос (среднеспелый)	6,4	7,1	7,4	7,0	
До налива бобов	Диона (ультра-скороспелый)	5,3	6,1	6,7	6,0	6,7
	Фазтон (скороспелый)	5,7	6,4	7,1	6,4	
	Аполлон (среднеранний)	6,5	6,8	7,6	7,0	
	Деймос (среднеспелый)	6,9	7,6	8,0	7,5	
Среднее по фактору С		5,6	6,2	6,9		

Выводы. По результатам полевых исследований установлено, что эффективность искусственного увлажнения на вариантах прекращения вегетационных поливов в зависимости от фаз развития культуры существенно изменяется по группам спелости сортов, инокуляции семян и гидротермических показателей в отдельные годы исследований. Доказана эффективность инокуляции семян при выращивании сортов сои всех групп спелости. Максимальную урожайность на уровне 42,0 ц/га получили при вегетационных поливах до фазы налива бобов, посеве сорта Деймос и обработке семян препаратом Оптимайз. Доля влияния факторов и их взаимодействия свидетельствует о наибольшем

значении сортового состава (фактор В) – 46,8%. Также существенное влияние на продуктивность растений оказали сроки прекращения вегетационных поливов (фактор А) – 26,7% и инокуляция семян (фактор С) – 17,1%. Взаимодействие всех исследуемых факторов было несущественным (менее 3%), однако больше всего оно проявилось при взаимодействии факторов

АВ – 2,3%. Показатели содержания белка и жира в зерне сои существенно изменяются под влиянием исследуемых факторов. Выявлена тенденция снижения содержания белка при повышении количества поливов во втором и третьем вариантах условий увлажнения. Наибольшие величины условного выхода белка на уровне 14,4 ц/га были зафиксированы на варианте с вегетационными поливами до фазы налива бобов. В опыте установлена тенденция увеличения условного выхода белка при использовании сортов более поздних групп спелости. Применение инокулянтов способствовало значительному повышению условного выхода белка из единицы площади. На необработанном инокулянтами варианте этот показатель составлял 9,8 ц/га, а при проведении обработок семян исследуемой культуры препаратами Нитрофикс и Оптимайз отмечен рост на 9,3-17,9%. Условный сбор жира наивысшего уровня – 8,0 ц/га достиг на варианте с вегетационными поливами до фазы налива бобов при выращивании сорта Деймос, семена которого обработали препаратом Оптимайз.

Список использованных источников:

1. Адамень, Ф. Ф. Индексный анализ и моделирование продуктивности полевых культур в зависимости от уровней природного и искусственного увлажнения при выращивании в орошаемых условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 34(197). – С. 58-70.

2. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: Possible problems and ways of their solving in the South Steppe Zone of Ukraine / R. A. Vozhekhova, S. V. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 331-340.

3. Слюсарев, В. Н. К вопросу оздоровления черноземов выщелочен-

References:

1. Adamen, F. F. Index analysis and modeling of the productivity of field crops depending on the levels of natural and artificial moisture when grown in irrigated conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. – 2023. – No. 34(197). – P. 58-70.

2. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: Possible problems and ways of solving them in the South Steppe Zone of Ukraine / R. A. Vozhekhova, S. V. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 331-340.

3. Slyusarev, V. N. On the issue of improving leached chernozems of the Kuban lowland / V. N. Slyusarev,

ных Прикубанской низменности / В. Н. Слюсарев, А. А. Макаренко // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ, Ставрополь, 04–05 октября 2018 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2018. – С. 222-223.

4. Коковихин, С. В. Агрометеорологическое обоснование климатической оптимизации агротехнологий основных культур на территории Донецко-Донского северо-степного края / С. В. Коковихин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 30(193). – С. 89-97.

5. Эффективность обработки чернозема выщелоченного на агрофизические показатели и урожайность зерна кукурузы в центральной зоне Краснодарского края / А. Н. Матирный, А. А. Макаренко, Н. И. Бардак, Т. В. Логойда // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 101-106.

6. Statistical yielding models of some irrigated vegetable crops in dependence on water use and heat supply / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Journal of Water and Land Development. – 2020. – Vol. 45. – P. 190-197.

7. The cultivation of Sorghum Bicolor using no-till technology and a complex biological substance / T. N. Melnichuk, A. M. Izotov, E. N. Turin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and

A. A. Makarenko // Theoretical and technological foundations of biogeochemical flows of substances in agricultural landscapes: Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific-practical conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of Stavropol State Agrarian University, Stavropol, October 04–05, 2018. – Stavropol: Limited Liability Company "SEKVOYA", 2018. – pp. 222-223.

4. Kokovikhin, S. V. Agrometeorological justification for climate optimization of agricultural technologies of main crops on the territory of the Donetsk-Don north-steppe region / S. V. Kokovikhin // News of Agricultural Science of Taurida. – 2022. – No. 30(193). – pp. 89-97.

5. The effectiveness of processing leached chernozem on agrophysical indicators and corn grain yield in the central zone of the Krasnodar region / A. N. Matirny, A. A. Makarenko, N. I. Bardak, T. V. Logoyda // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2018. – No. 74. – P. 101-106.

6. Statistical yielding models of some irrigated vegetable crops in dependence on water use and heat supply / R. Vozhekhova, S. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Journal of Water and Land Development. – 2020. – Vol. 45. – P. 190-197.

7. The cultivation of Sorghum Bicolor using no-till technology and a complex biological substance / T. N. Melnichuk, A. M. Izotov, E. N. Turin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The proceedings

Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, 18–19 апреля 2019 года. Vol. 341. – Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012084.

8. Вожегова, Р. А. Агромелиоративное обоснование севооборотов на неполивных и орошаемых землях Южной степи Украины / Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин // Стратегические направления развития АПК стран СНГ : материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах, Барнаул, 27–28 февраля 2017 года. Том 2. – Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 235-237.

9. Изотов, А. М. Адаптивное управление сроком сева и нормой высева озимой пшеницы в Крыму / А. М. Изотов // Образование, наука и производство. – 2014. – № 2(7). – С. 94-97.

10. Матирный, А. Н. Влияние различных систем обработки почвы на засорённость посевов кукурузы на зерно в условиях Западного Предкавказья / А. Н. Матирный, Т. В. Логойда, А. А. Макаренко // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : Материалы VIII международной научно-практической конференции, посвящается 95-летию Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар, 19–23 июня 2017 года / ответственный редактор Замотайлов А.С.. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 280-282.

11. Адамень, Ф. Ф. Математическое моделирование продуктивности орошаемой озимой пшеницы в зависи-

of the conference AgroCON-2019 , Kurgan, April 18–19, 2019. Vol. 341. – Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012084.

8. Vozhegova, R. A. Agromeliorative justification of crop rotations on non-irrigated and irrigated lands of the Southern steppe of Ukraine / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International scientific-practical conference: in three volumes, Barnaul, February 27–28, 2017. Volume 2. – Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2017. – P. 235-237.

9. Izotov, A. M. Adaptive control of sowing time and seeding rate of winter wheat in Crimea / A. M. Izotov // Education, science and production. – 2014. – No. 2(7). – pp. 94-97.

10. Matirny, A. N. The influence of various tillage systems on the weediness of corn crops for grain in the conditions of Western Ciscaucasia / A. N. Matirny, T. V. Logoyda, A. A. Makarenko // Agrotechnical method of protecting plants from harmful organisms : Materials of the VIII international scientific and practical conference, dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar, June 19–23, 2017 / executive editor Zamotailov A.S. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 280-282.

11. Adamen, F. F. Mathematical modeling of the productivity of irrigated winter wheat depending on the influence

мости от влияния метеорологических факторов в условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 6-16.

12. Макаренко, А. А. Моделирование и оптимизация режима орошения полевых культур на уровне севооборотов и полей с учётом метеорологических факторов / А. А. Макаренко, С. В. Коковихин, Е. С. Бойко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 191. – С. 238-253.

13. Базалий, В. В. Статистическая оценка продуктивности озимой пшеницы в зависимости от гидротермических факторов в условиях орошения юга Украины / В. В. Базалий, Ю. А. Лавриненко, С. В. Коковихин // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2011. – № 75-1. – С. 20-32.

14. Изотов, А. М. Элементы плодородия и урожайность озимой пшеницы в связи с удельным электрическим сопротивлением почвы / А. М. Изотов, Б. А. Тарасенко, Д. П. Дударев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5(55). – С. 35-38.

15. Ничипуренко, Е. Н. Влияние системы удобрений на фоне отвальной обработки на продуктивность озимой пшеницы на мочарных почвах центральной зоны Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, В. П. Василько // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса : Сборник статей по итогам между-

of meteorological factors in the conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. – 2023. – No. 33(196). – P. 6-16.

12. Makarenko, A. A. Modeling and optimization of the irrigation regime of field crops at the level of crop rotations and fields, taking into account meteorological factors / A. A. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 191. – P. 238-253.

13. Bazaliy, V.V. Statistical assessment of the productivity of winter wheat depending on hydrothermal factors in the conditions of irrigation in the south of Ukraine / V.V. Bazaliy, Yu.A. Lavrinenko, S.V. Kokovikhin // Collection of scientific works of the Uman National University of Gardening . – 2011. – No. 75-1. – P. 20-32.

14. Izotov, A. M. Elements of fertility and yield of winter wheat in connection with the electrical resistivity of the soil / A. M. Izotov, B. A. Tarasenko, D. P. Dudarev // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. – 2015. – No. 5(55). – pp. 35-38.

15. Nichipurenko, E. N. The influence of the fertilizer system against the background of moldboard cultivation on the productivity of winter wheat on mochar soils in the central zone of the Krasnodar region / E. N. Nichipurenko, V. P. Vasilko // Modern problems and prospects for the development of agro-industrial complex: Collection of articles based on the results of the international scientific and practical conference,

народной научно-практической конференции, Саратов, 16–22 июля 2019 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2019. – С. 415-417.

16. Коковихин, С. В. Влияние агрометеорологических условий на продуктивность растений сельскохозяйственных культур в условиях Юга Украины / С. В. Коковихин, В. В. Нестерчук, Т. А. Гречишкина // Стратегические направления развития АПК стран СНГ : материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах, Барнаул, 27–28 февраля 2017 года. Том 2. – Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агроботехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 257-259.

17. Тарасенко, Б. И. Обработка почвы / Б. И. Тарасенко, Н. И. Бардак, А. А. Макаренко. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – 162 с.

18. Коковихин, С. В. Влияние изменений климата и погодных условий на урожайность озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / С. В. Коковихин, Е. С. Бойко, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 106. – С. 104-115.

19. Затолокина, Ю. А. Влияние некорневых подкормок на урожайность зерна озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Ю. А. Затолокина, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всерос-

Saratov, July 16–22, 2019. – Saratov: Limited Liability Company "Amirit", 2019. – P. 415-417.

16. Kokovikhin, S. V. The influence of agrometeorological conditions on the productivity of agricultural plants in the south of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. V. Nesterchuk, T. A. Grechishkina // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International scientific and practical conference: in three volumes, Barnaul, February 27–28, 2017. Volume 2. – Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2017. – P. 257-259.

17. Tarasenko, B. I. Soil cultivation / B. I. Tarasenko, N. I. Bardak, A. A. Makarenko. – 3rd edition, revised and expanded. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2021. – 162 p.

18. Kokovikhin, S. V. The influence of climate changes and weather conditions on the yield of winter wheat in the central zone of the Krasnodar Territory / S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 106. – P. 104-115.

19. Zatolokina, Yu. A. The influence of foliar fertilizing on the grain yield of winter wheat in the conditions of the central zone of the Krasnodar Territory / Yu. A. Zatolokina, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles on materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists, dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko,

сийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 866-867.

20. Подушин, Ю. В. Применение вегетационного индекса NDVI для оценки влияния агротехнических факторов на рост растений / Ю. В. Подушин, Ю. П. Федулов, А. А. Макаренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г., Краснодар, 29 марта 2017 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 243-244

21. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.

22. Нодиров, Н. Ф. Воздействие технологии выращивания сельскохозяйственных культур на содержания гумуса в подпахотном слое / Н. Ф. Нодиров, Т. Д. Федорова, Е. Н. Ничипуренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. В 3-х частях, Краснодар, 01 марта 2022 года / Отв. за выпуск А.Г. Кощаев. Том Часть 1. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 129-131.

23. Тучапский, Ю. А. Влага, как

Krasnodar, November 26–30, 2016 / Rep. per issue A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 866-867.

20. Podushin, Yu. V. Application of the NDVI vegetation index to assess the influence of agrotechnical factors on plant growth / Yu. V. Podushin, Yu. P. Fedulov, A. A. Makarenko // Scientific support of the agro-industrial complex: collection of articles based on materials 72 1st scientific and practical conference of teachers based on the results of research work for 2016, Krasnodar, March 29, 2017. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 243-244

21. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.

22. Nodirov, N. F. Impact of technology for growing agricultural crops on the humus content in the subsoil layer / N. F. Nodirov, T. D. Fedorova, E. N. Nichipurenko // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on materials 77- th scientific and practical conference of students based on the results of research for 2021. In 3 parts, Krasnodar, March 01, 2022 / Rep. for the release of A.G. Koshchaev. Volume Part 1. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2022. – pp. 129-131.

23. Tuchapsky, Yu. A. Moisture as a factor in the formation of grain yield of winter barley in the Krasnodar region / Yu. A. Tuchapsky, A. S. Naidenov, A. A. Makarenko // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on materials from X All-

фактор формирования урожая зерна озимого ячменя в Краснодарском крае / Ю. А. Тучапский, А. С. Найденов, А. А. Макаренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кошчаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 908-909.

24. Коковихин, С. В. Эффективность использования орошения при выращивании сельскохозяйственных культур в Северном Причерноморье в условиях изменения климата / С. В. Коковихин, Е. О. Чернышова, О. В. Макуха // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 31(194). – С. 7-16.

25. Николаев, Е. В. Адаптивные технологии – основное направление развития растениеводства / Е. В. Николаев, А. М. Изотов, Б. А. Тарасенко // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2012. – № 149. – С. 5-13.

26. Оптимизация агротехнологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях с использованием информационных технологий / С. В. Коковихин, И. А. Биднина, В. А. Шарий [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 2(65). – С. 63-71.

27. Ушкаренко В.А., Лазарев Н.Н., Голобородько С.П., Коковихин С.В.

Russian conference of young scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26–30, 2016 / Rep. per issue A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 908-909.

24. Kokovikhin, S. V. Efficiency of using irrigation when growing agricultural crops in the Northern Black Sea region under conditions of climate change / S. V. Kokovikhin, E. O. Chernyshova, O. V. Makukha // Proceedings of agricultural science of Tavrida. – 2022. – No. 31(194). – P. 7-16.

25. Nikolaev, E. V. Adaptive technologies - the main direction of development of crop production / E. V. Nikolaev, A. M. Izotov, B. A. Tarasenko // Scientific works of the Southern Branch of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine "Crimean Agrotechnological University". Series: Agricultural Sciences. – 2012. – No. 149. – P. 5-13.

26. Optimization of the agrotechnological process of cultivating agricultural crops on irrigated lands using information technologies / S. V. Kokovikhin, I. A. Bidnina, V. A. Shariy [et al.] // Soil Science and Agrochemistry. – 2020. – No. 2(65). – P. 63-71.

27. Ushkarenko V.A., Lazarev N.N., Goloborodko S.P., Kokovikhin S.V. Dispersion and correlation analysis in plant growing and grassland farming: monograph. – M.: Publishing house. RGAU - Moscow Agricultural Academy named after. K.A. Timiryazeva, 2011. – 336 p.

Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография. – М.: Изд. РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – 336 с.

Сведения об авторах:

Руслана Александровна Бабушкина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры водной инженерии и землеустройства Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Херсонский аграрный университет», e-mail: ruslanababuskina91@gmail.com, 73006, г. Херсон, ул. Розы Люксембург, 23.

Александр Алексеевич Макаренко – кандидат сельскохозяйственных наук, декан факультета агрономии и экологии, доцент кафедры общего и орошаемого земледелия Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Тимофей Владимирович Логойда – кандидат сельскохозяйственных наук, директор учебно-опытного хозяйства «Кубань» КубГАУ, доцент кафедры растениеводства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Information about the authors:

Ruslana Aleksandrovna Babushkina - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Water Engineering and Land Management of the State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kherson Agrarian University", e-mail: ruslanababuskina91@gmail.com, 73006, Kherson, st. Rosa Luxemburg, 23.

Alexander Alekseevich Makarenko - Candidate of Agricultural Sciences, Dean of the Faculty of Agronomy and Ecology, Associate Professor of the Department of General and Irrigated Agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

Timofey Vladimirovich Logoyda – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the educational and experimental farm “Kuban” KubSAU, Associate Professor of the Department of Plant Growing of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

Valentina Pavlovna Vasilko - Candidate of Agricultural Sciences,

Валентина Павловна Василько – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры общего и орошаемого земледелия Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13;

Лариса Олеговна Великанова – кандидат экономических наук, профессор, доцент кафедры информационных систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: velikanova@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Professor, Professor of the Department of General and Irrigated Agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13;

Larisa Olegovna Velikanova – Candidate of Economic Sciences, Professor, Associate Professor of the Department of Information Systems of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", e-mail: velikanova@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

УДК 633.112.9, 631.51, 631.811, 632.954 (470.331)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ В
УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО
НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ****IMPROVING THE TECHNOLOGY
OF WINTER TRITICALE
CULTIVATION IN THE
CONDITIONS OF THE CENTRAL
NON-CHERNOZEM REGION**

Алдошин Н.В., доктор технических наук, профессор, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ;

Васильев А.С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Соловьева Л.М., аспирант кафедры агробиотехнологий, перерабатывающих производств и семеноводства ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»

Aldoshin N.V., Doctor of Technical Sciences, Professor; Federal Scientific Agroengineering Center VIM;

Vasiliev A.S., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

Solovyova L.M., Post-Graduate Student, the Department of agrobiotechnologies, processing industries and seed production of the FSBEI HE "Tver State Agricultural Academy".

Повышение эффективности технологий возделывания зерновых культур является важнейшей задачей, стоящей перед агропромышленным комплексом Российской Федерации. Особое место в решении этой проблемы отводится относительно новым и высокоперспективным культурам, например, тритикале. Целью исследований являлось изучение формирования засорённости и продуктивности озимой тритикале под влиянием защитно-стимулирующих обработок посевов (регуляторы роста Сила Жизни, Биоплант Флора – отдельно и в сочетаниях с гербицидами Дианат, Эллай Лайт) и приёмов основной обработки почвы (вспашка, дискование). Исследования выполнялись в 2016-2019 гг. на базе Тверской ГСХА в соответствии со стандартными методиками, применяющимися в полевых опытах с зерновыми культурами. В результате

*Improving the efficiency of grain cultivation technologies is the most important task facing the agro-industrial complex of the Russian Federation. A special place in solving this problem is given to relatively new and highly promising crops, for example, triticale. The aim of the research was to study the formation of clogging and productivity of winter triticale under the influence of protective and stimulating treatments of crops (growth regulators - separately and in combination with herbicides) and methods of basic tillage (plowing, disking). The research was carried out in 2016-2019 on the basis of the Tver State Agricultural Academy in accordance with standard methods used in field experiments with grain crops. As a result of the research, it was found that with the dominance of juvenile weeds in the agrophytocenosis (*Viola arvensis* Murr., *Stellaria media* (L.) Vill., *Matricaria**

исследований установлено, что при доминировании в агрофитоценозе малолетних сорных растений (фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), звездчатка средняя (*Stellaria media* (L.) Vill.), ромашка непахучая (*Matricaria inodora* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit* L.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.)) наиболее эффективно использование гербицида Эллай Лайт, уничтожившего на фоне дискования до 91,8% сорняков, а при многолетнем характере засоренности широколиственными видами (бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) и осот полевой (*Sonchus arvensis* L.)) применение гербицида Дуанат. Улучшение структуры агрофитоценоза озимой тритикале обеспечило усиление продукционного процесса растений и формирование более высокой урожайности зерна, максимальный уровень которой (4,70 т/га), был получен при обработке посевов в фазу весеннего кущения баковой смесью Биоплант Флора (1,0 л/га) + Эллай Лайт (0,006 кг/га) на фоне отвальной вспашки. Развитием данной тематики будет изучение целесообразности использования в посевах озимой тритикале многокомпонентных (3 и >) баковых смесей пестицидов и агрохимикатов.

Ключевые слова: озимая тритикале, технология возделывания, обработка почвы, гербициды, стимуляторы роста, продуктивность.

inodora L., *Chenopodium album* L., *Galeopsis tetrahit* L., *Thlaspi arvense* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. the most effective use of the herbicide Elly Light, which destroyed up to 91.8% of weeds against the background of disking, and with the long-term nature of littering with broad-leaved species (*Cirsium arvense* (L.) Scop. and *Sonchus arvensis* L.), the use of the herbicide Dianat. The improvement of the structure of the agrophytocenosis of winter triticale ensured the strengthening of the production process of plants and the formation of a higher grain yield, the maximum level of which (4.70 t/ha) was obtained when processing crops in the spring tillering phase with a tank mixture of Bioplant Flora (1.0 l/ha) + Elly Light (0.006 kg/ha) against the background of dump plowing. The development of this topic will be the study of the feasibility of using multicomponent (3 and >) tank mixtures of pesticides and agrochemicals in winter triticale crops.

Keywords: winter triticale, cultivation technology, tillage, herbicides, growth stimulants, productivity.

Введение. Озимая тритикале является ценной продовольственной и кормовой культурой, гармонично сочетающей в себе стрессоустойчивость ози-

мой ржи и качественные характеристики озимой пшеницы [1, 2]. По данным Росстата за 2021 год посевная площадь тритикале в РФ составляла 125 тыс. га при урожайности 2,41 т/га [3], что, безусловно, не соответствует современному уровню и требует комплексной оптимизации имеющегося агротехнологического обеспечения. Проблематика повышения урожайности и улучшения качества получаемой продукции с каждым годом становится всё более значимой для сельского хозяйства [4, 5]. На сегодняшний день модернизация технологий тесно связана с экономическим аспектом, который непосредственным образом влияет на выбор агротехнических приёмов [1]. Важнейшее значение в решении проблемы по наращиванию необходимых объёмов производства зерна отводится разработке и освоению интенсивных и высоких механизированных технологий, базирующихся на комплексном применении средств химизации, в частности инновационных пестицидов и агрохимикатов [6 – 11]. Примечательно, что использование современных высокотехнологичных ростстимулирующих веществ, как правило, осуществляется в малых дозах, но при этом позволяет повысить продуктивность сельскохозяйственных растений и снизить угрозу негативного воздействия на агроэкосистемы в условиях формирования экологически безопасных агротехнологий [8, 11, 12]. Большинству вышеуказанных критериев, в полной мере, отвечают препараты на основе гуминовой природы, обладающие выраженными стресспротекторными и противоксенобиотическими характеристиками, а также низкой себестоимостью производства [13, 14]. Отдельным немаловажным фактором, определяющим эффективность элементов системы ухода за посевами, является обработка почвы, под воздействием которой изменяются физико-технологические характеристики почвы, а, следовательно, её водный, воздушный и питательный режимы [6, 9]. В научной литературе встречаются различные варианты оптимизации технологий зерновых культур за счёт применения перспективных средств химизации, в том числе в сочетании с другими агроприёмами [8, 10, 13-16]. Однако, вопросы комплексного применения гербицидов с гуматами в агрофитоценозах озимой тритикале освещены недостаточно, что требует проведения отдельных исследований.

Цель исследования. Целью научной работы является изучение формирования засоренности и продуктивности озимой тритикале под влиянием защитно-стимулирующих обработок посевов и приёмов основной обработки почвы.

Материал и методы исследований. Исследования проводились в 2016-2019 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Тверской ГСХА. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, в пахотном слое содержалось: гумус – 2,0%, P_2O_5 – 285 мг/кг, K_2O – 97 мг/кг почвы, pH солевой вытяжки 6,8.

Объекты исследования: озимая тритикале (сорт Немчиновская 56), стимуляторы роста гуминовой природы Биоплант Флора и Сила Жизни, гербициды Эллай Лайт (метсульфурон-метил 391 г/кг + трибенурон-метил 261 г/кг) и Диканат (дикамбы кислоты 480 г/л).

Опыт двухфакторный: фактор А – приём обработки почвы, фактор В – за-

щитно-стимулирующая обработка вегетирующих растений. Градации факторов даны в таблице 1.

Машинная технология возделывания тритикале была общепринятой для Центрального Нечерноземья России. Предшественник – однолетние травы. Плужная обработка почвы проводилась машинно-тракторным агрегатом МТЗ-82.1 + ПЛН-3-35, дисковая – МТЗ-82.1 + БДТ-3,0. Предпосевная обработка почвы осуществлялась – МТЗ-82.1 + КПС-4,0 в сцепке с БЗСС-1,0 в два следа. Посев – МТЗ-82.1 + СЗТ-3,6, снабжённой цепными загортачами. Уборка – Sampo Terrion SR2010.

Фолиарная защитно-стимулирующая обработка тритикале производилась весной – в фазу кущения. Норма расхода гербицидов: Эллай Лайт – 0,006 кг/га, Дианат – 0,3 л/га; стимуляторов роста Сила Жизни и Биоплант Флора по 1 л/га; рабочей жидкости составляла 300 л/га. Листовые обработки проводились при помощи ранцевого опрыскивателя ОГ-112.

Повторность в опыте четырехкратная, площадь делянок 40 м², при ширине 4 м, длине 10 м, учетная площадь 20 м². Расположение вариантов в полевом опыте осуществлялось методом расщепленных делянок.

Таблица 1. Схема опыта

№ в-та	Приём обработки почвы (фактор А)	Защитно-стимулирующая обработка растений (фактор В)	
		Агрохимикат	Гербицид
1	Отвальная вспашка на глубину 20-22 см	Без обработки – контроль	
2		Биоплант Флора	–
3			Эллай Лайт
4			Дианат
5		Сила Жизни	–
6			Эллай Лайт
7			Дианат
8	Дискование на глубину 10-12 см в два следа	Без обработки – контроль	
9		Биоплант флора	–
10			Эллай Лайт
11			Дианат
12		Сила Жизни	–
13			Эллай Лайт
14			Дианат

Агроклиматические условия в период проведения исследований отличались существенной вариабельностью, что позволило более развернуто изучить закономерности изменения продуктивности озимой тритикале под влиянием изучаемых факторов (рис. 1, 2). Так, сумма эффективных температур ($\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$) за веге-

тационный период озимой тритикале составила в 2016-2017 гг. – 2123,3° (96,0% от среднегодовой нормы), сумма осадков (ΣW) – 346 мм (97,7%), ГТК по Селянинову – 1,63 (101,8%); 2017-2018 гг. – 2452,2° (110,0%), 324,4 мм (91,6%), 1,32 (82,6%); 2018-2019 гг. – 2349,3° (106,2%), 361,3 мм (102,1%), 1,54 (96,1%).

Учёты и определения в опыте выполнялись в соответствии с методиками Б.А. Доспехова (1985) – планирование и закладка эксперимента [17], математическая обработка, И.П. Васильева с соавторами (2004) – засорённость [18], З.И. Усановой (2015) – параметрические характеристики культурных растений и учёт урожая [19].

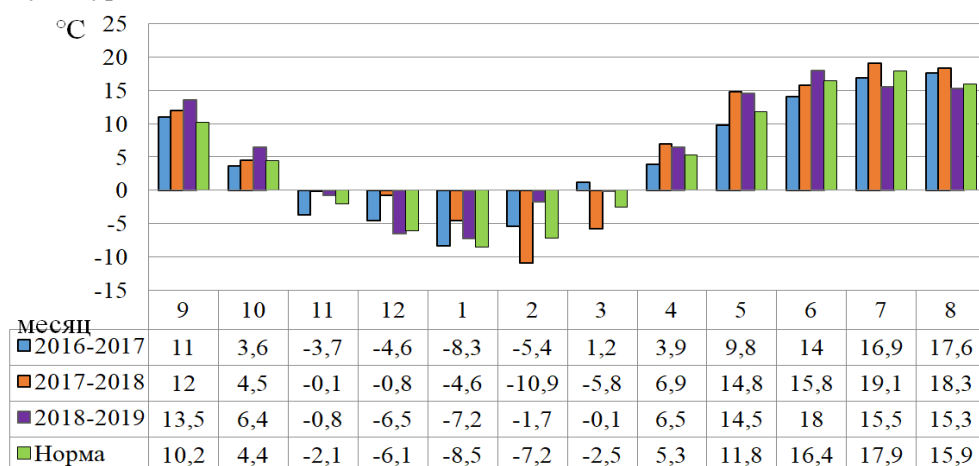


Рисунок 1. Динамика изменения среднесуточной температуры воздуха за период исследований

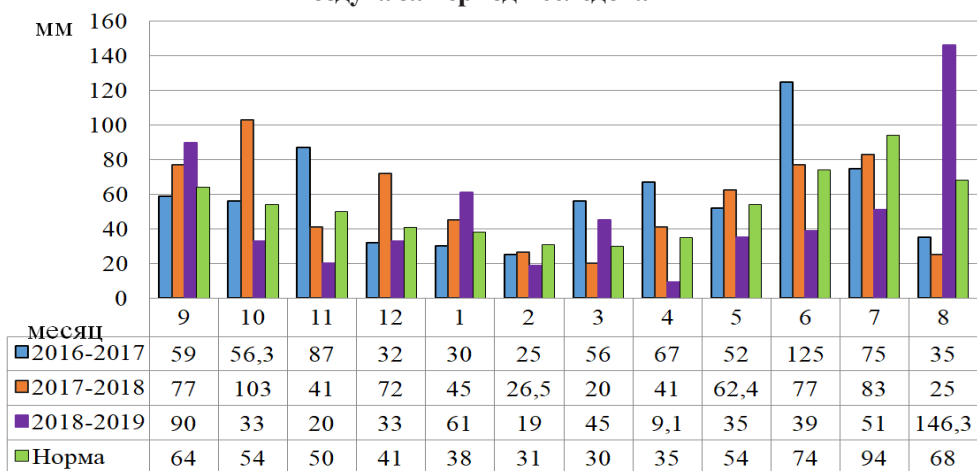


Рисунок 2. Динамика изменения среднемесячных сумм осадков за период исследований

Результаты и обсуждение. Ключевым фактором формирования высокоэффективного агрофитоценоза любой сельскохозяйственной культуры высту-

пает борьба с сеgetальной растительностью. Анализ опытных данных показал, что изменение характера и степени засорённости после химической прополки связано, как с выбором используемого гербицида, так и с видовым составом сорной растительности. Так, в ходе ботанической оценки установлено, что на опытных участках в годы исследований преобладали малолетние сорняки, представленный в порядке убывания численности следующими видами: фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.) → звездчатка средняя (*Stellaria media* (L.) Vill.) → ромашка непахучая (*Matricaria inodora* L.) → марь белая (*Chenopodium album* L.) → пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit* L.) → ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.) → пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.). В числе многолетних преобладали бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) и осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), реже встречались – одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), подорожник большой (*Plantago major* L.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.) и мать-и-мачеха (*Tussilago farfara* L.). Стоит отметить, что однодольных сорняков в опыте практически не отмечалось, что было связано с мероприятиями интегрированной системы защиты (в частности, применение граминицидов), реализованной при возделывании в рамках севооборота таких культур, как лён-долгунец и картофель.

При оценке эффективности приёмов обработки почвы на рост и развитие сорняков выявлено превалирование дискования относительно вспашки, что объясняется высокой семенной засоренностью пахотного слоя, в особенности малолетниками, а также тем, что при усилении воздействия рабочими органами дисковой бороны (2 диагональных прохода) на верхнюю часть пахотного горизонта осуществлялось интенсивное резание и перемешивание почвы, обеспечившее относительное замедление ростовых процессов сеgetалов и позволившее сформировать более оптимальные условия для стартового развития тритикале. При вспашке же, напротив, произошло пространственное перемещение слоёв пахотного горизонта, что, как показали и материалы данных исследований, характеризовалось существенно меньшим влиянием на динамические характеристики сорно-полевой растительности. Уменьшение обилия малолетних сорняков при дисковании составило 11,8% до химпрополки и было в дальнейшем только усилено – 27,4% после химпрополки (табл. 2). Одновременно различия в формировании обилия многолетних сорняков были незначительными, что свидетельствует об их низкой связи с анализируемыми приёмами основной почвообработки.

Относительное нивелирование засорённости, сформировавшееся в процессе подготовки почвы, обеспечило использование гербицидных обработок. Так, выявлено, что гербицид Дианат показал высокую эффективность в борьбе с такими вредоносными сорняками как бодяк полевой и осот полевой. Биологическая эффективность Дианата при уничтожении многолетних сеgetалов находилась на уровне 97,7-98,8%, для сравнения Эллай Лайта – 70,9-74,3%.

В свою очередь, в борьбе с малолетними сорняками преимущественно-

стью отличался гербицид Эллай Лайт, химическая прополка которым позволила снизить засоренность посевов озимой тритикале на 80,2-91,8%. Наибольшая эффективность данного гербицида была зафиксирована на фоне пахотной обработке при использовании его в комплексе с препаратом Биоплант Флора. Для сравнения гербицид Дианат уничтожил 39,1-45,0% малолетних сорняков.

Таблица 2. Сегеталы в агрофитоценозах озимой тритикале, шт./м²

Приём обра- ботки почвы	Обработка посевов		До химпрополки				После химпрополки				
			Годы наблюдений								
			2017	2018	2019	Среднее	2017	2018	2019	Среднее	
			Малолетние								
Многолетние											
Вспашка	Контроль		<u>100</u> 37	<u>27</u> 30	<u>102</u> 6	<u>76</u> 24	<u>107</u> 28	<u>81</u> 31	<u>108</u> 7	<u>99</u> 26	
	Биоплант Флора	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Эллай Лайт	<u>103</u> 38	<u>69</u> 28	<u>218</u> 8	<u>130</u> 25	<u>8</u> 10	<u>5</u> 7	<u>19</u> 2	<u>11</u> 6	
		Диа- нат	<u>89</u> 45	<u>83</u> 29	<u>150</u> 12	<u>107</u> 29	<u>19</u> 1	<u>57</u> 0	<u>102</u> 0	<u>59</u> 0	
	Сила Жизни	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Эллай Лайт	<u>108</u> 42	<u>73</u> 26	<u>120</u> 5	<u>100</u> 24	<u>16</u> 11	<u>8</u> 7	<u>14</u> 1	<u>13</u> 6	
		Диа- нат	<u>99</u> 46	<u>69</u> 32	<u>185</u> 8	<u>118</u> 29	<u>33</u> 1	<u>52</u> 1	<u>109</u> 0	<u>65</u> 1	
	Дискование	Контроль		<u>79</u> 45	<u>77</u> 28	<u>46</u> 6	<u>67</u> 26	<u>81</u> 49	<u>84</u> 29	<u>50</u> 9	<u>72</u> 29
		Биоплант Флора	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Эллай Лайт			<u>64</u> 38	<u>85</u> 32	<u>104</u> 10	<u>84</u> 27	<u>16</u> 9	<u>8</u> 11	<u>26</u> 3	<u>17</u> 8	
Диа- нат			<u>76</u> 41	<u>101</u> 35	<u>61</u> 8	<u>79</u> 28	<u>32</u> 0	<u>71</u> 1	<u>42</u> 0	<u>48</u> 0	
Сила Жизни		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Эллай Лайт	<u>82</u> 50	<u>78</u> 25	<u>38</u> 11	<u>66</u> 29	<u>23</u> 12	<u>5</u> 10	<u>3</u> 3	<u>10</u> 8	
		Диа- нат	<u>77</u> 52	<u>59</u> 31	<u>18</u> 29	<u>51</u> 37	<u>32</u> 2	<u>47</u> 0	<u>6</u> 0	<u>28</u> 1	

Улучшение внутренней структуры агрофитоценозов озимой тритикале за счёт уничтожения сорного компонента и обработки высокотехнологичными препаратами способствовало усиленному органогенезу культурных растений, что в частности подтверждается данными таблицы 3. Так, установлено, что густота стояния общего и продуктивного стеблестоя озимой тритикале существенно изменялась как от приёмов основной обработки почвы, так и под воздействием фоллиарных обработок.

Таблица 3. Параметры растений озимой тритикале

Приём обра- ботки почвы	Обработка посевов		Общих стеблей, шт./м² Продуктивных стеблей, шт./м²				Высота растений, см Длина соцветия, см				
			Годы наблюдений								
			2017	2018	2019	Сред- нее	2017	2018	2019	Сред- нее	
Вспашка	Контроль		<u>217</u> <u>191</u>	<u>220</u> <u>196</u>	<u>298</u> <u>259</u>	<u>245</u> <u>215</u>	<u>117,3</u> <u>12,9</u>	<u>116</u> <u>12,8</u>	<u>96,3</u> <u>11,7</u>	<u>109,9</u> <u>12,5</u>	
			Биоплант Флора	–	<u>270</u> <u>240</u>	<u>239</u> <u>206</u>	<u>329</u> <u>283</u>	<u>279</u> <u>243</u>	<u>119,7</u> <u>13,4</u>	<u>120,6</u> <u>14,0</u>	<u>103</u> <u>12,9</u>
	Эллай	<u>396</u> <u>349</u>		<u>266</u> <u>217</u>	<u>342</u> <u>304</u>	<u>335</u> <u>290</u>	<u>124,4</u> <u>15,7</u>	<u>128,1</u> <u>14,5</u>	<u>104,9</u> <u>13,7</u>	<u>119,1</u> <u>14,6</u>	
	Лайт	<u>310</u> <u>281</u>		<u>251</u> <u>209</u>	<u>340</u> <u>296</u>	<u>300</u> <u>262</u>	<u>116,2</u> <u>15,1</u>	<u>122,8</u> <u>14,1</u>	<u>104,6</u> <u>13,3</u>	<u>114,5</u> <u>14,2</u>	
	Диа- нат	<u>308</u> <u>264</u>		<u>236</u> <u>198</u>	<u>316</u> <u>271</u>	<u>287</u> <u>244</u>	<u>118,2</u> <u>14,0</u>	<u>118</u> <u>13,5</u>	<u>99,1</u> <u>11,9</u>	<u>111,8</u> <u>13,1</u>	
	Сила Жизни	–	<u>354</u> <u>331</u>	<u>246</u> <u>206</u>	<u>330</u> <u>280</u>	<u>310</u> <u>272</u>	<u>121,3</u> <u>14,8</u>	<u>119,1</u> <u>13,8</u>	<u>99,7</u> <u>12,4</u>	<u>113,4</u> <u>13,7</u>	
		Эллай	<u>302</u> <u>274</u>	<u>238</u> <u>204</u>	<u>326</u> <u>274</u>	<u>289</u> <u>251</u>	<u>116,4</u> <u>15,0</u>	<u>118,5</u> <u>13,6</u>	<u>99,7</u> <u>12,1</u>	<u>111,5</u> <u>13,6</u>	
		Лайт									
		Диа- нат									
	Дискование	Контроль		<u>211</u> <u>184</u>	<u>209</u> <u>186</u>	<u>274</u> <u>231</u>	<u>231</u> <u>200</u>	<u>116,4</u> <u>11,8</u>	<u>113,3</u> <u>11,7</u>	<u>89,6</u> <u>10,8</u>	<u>106,4</u> <u>11,4</u>
				Биоплант Флора	–	<u>264</u> <u>227</u>	<u>222</u> <u>196</u>	<u>311</u> <u>270</u>	<u>266</u> <u>231</u>	<u>119,1</u> <u>13,2</u>	<u>117,6</u> <u>12,9</u>
		Эллай	<u>354</u> <u>331</u>		<u>256</u> <u>203</u>	<u>329</u> <u>279</u>	<u>313</u> <u>271</u>	<u>120,7</u> <u>14,6</u>	<u>124,6</u> <u>13,4</u>	<u>100,6</u> <u>13,3</u>	<u>115,3</u> <u>13,8</u>
Лайт		<u>301</u> <u>265</u>	<u>232</u> <u>198</u>		<u>317</u> <u>274</u>	<u>283</u> <u>246</u>	<u>116,0</u> <u>15,0</u>	<u>118,4</u> <u>12,9</u>	<u>100,5</u> <u>12,9</u>	<u>111,6</u> <u>13,6</u>	
Диа- нат		<u>302</u> <u>251</u>	<u>228</u> <u>187</u>		<u>302</u> <u>260</u>	<u>277</u> <u>233</u>	<u>118,3</u> <u>14,4</u>	<u>114,7</u> <u>12,3</u>	<u>94,7</u> <u>11,2</u>	<u>109,2</u> <u>12,6</u>	
Сила Жизни		–	<u>347</u> <u>306</u>	<u>234</u> <u>195</u>	<u>317</u> <u>273</u>	<u>299</u> <u>258</u>	<u>119,9</u> <u>15,1</u>	<u>115,9</u> <u>12,6</u>	<u>96,7</u> <u>12,3</u>	<u>110,8</u> <u>13,3</u>	
		Эллай	<u>294</u> <u>258</u>	<u>231</u> <u>190</u>	<u>314</u> <u>262</u>	<u>280</u> <u>237</u>	<u>115,0</u> <u>14,8</u>	<u>115,5</u> <u>12,4</u>	<u>95,2</u> <u>12,0</u>	<u>108,6</u> <u>13,1</u>	
		Лайт									
		Диа- нат									

Лучшей кустистостью отличались растения тритикале сформированные на фоне вспашки, где повышение общего числа образованных побегов составляло 5,9%, а продуктивных побегов – 7,5%. Данная закономерность была связана с тем, что проведение глубокой отвальной обработки обеспечило комплексное улучшение агрофизических и технологических характеристик почвы в разрезе всего пахотного горизонта (а не послойно или локально как при мелкой об-

работке). Следствием вышеуказанных процессов стало усиление снабжения растений влагой и питательными веществами, что является неотъемлемым условием успешного кушения злаков.

Отдельным фактором, определяющим ход формирования побегов растениями, является использование ростстимулирующих препаратов. Так, наиболее высокую густоту, как общего, так и продуктивного стеблестоя на обоих фонах обработки почвы обеспечило применение сочетание препаратов Биоплант Флора+Эллай Лайт, где повышение относительно контрольных вариантов колебалось от 34,7 до 36,6%. Сочетание гербицида Эллай Лайт с препаратом Сила Жизни также отличалось значительным эффектом – от 26,5 до 29,4%, при от 16,4 до 20,9% в случае использования баковой смеси Сила Жизни+Дианат.

Тенденционность, установленная при оценке побегообразования озимой тритикале, подтверждается и данными определений габитуса растений. Так, на обоих фонах почвообработки максимальное увеличение высоты растений (8,3-8,4%) и длины колоса (17,4-20,4%) было зафиксировано при обработке посевов смесью Биоплант Флора+Эллай Лайт.

Усиление ростовых процессов растений озимой тритикале вследствие оптимизации уровня засорённости агрофитоценозов, повышения качества подготовки почвы и применения ростстимулирующих препаратов способствовало комплексному улучшению продуктивности посевов (табл. 4). Так, наибольшая урожайность в опыте, равная 4,70 т/га, была получена при обработке растений баковой смесью Биоплант Флора+Эллай Лайт на фоне отвальной вспашки. Примечательно, что глубокая обработка почвы имела существенное преимущество перед мелкой и обеспечила прибавку достоверную урожая равную 0,22 т/га (5,6%).

Наименьшим воздействием на формирование урожайности вне зависимости от приёма обработки почвы характеризовалось опрыскивание посевов препаратом Сила Жизни без сочетания его с гербицидами.

Выводы. В результате развернутых полевых исследований особенностей формирования продуктивности озимой тритикале на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья России установлено, что при доминировании в агрофитоценозе малолетних сорных растений наиболее эффективно использование гербицида Эллай Лайт, уничтожившего на фоне дискования до 91,8% сегеталов, а при многолетнем характере засоренности широколиственными сорняками (бодяк полевой и осот полевой) применение гербицида Дианат. При этом наибольшая эффективность указанных гербицидов достигалась при внесении их в составе баковой смеси с рострегулирующим препаратом Биоплант Флора. Комплексное улучшение структуры агрофитоценоза озимой тритикале обеспечило усиление продукционного процесса растений и формирование более высокой урожайности зерна, максимальный уровень которой (4,70 т/га), был получен при обработке посевов в фазу весеннего кушения баковой смесью Биоплант Флора (1,0 л/га) + Эллай Лайт (0,006 кг/га) на фоне отвальной вспашки.

Таблица 4. Урожайность зерна озимой тритикале, т/га

Приём обработки почвы	Обработка посевов	Годы			Среднее	± к контролю	
		2017	2018	2019		т/га	%
Вспашка	Контроль	4,38	3,86	4,11	4,12	0,00	0,0
	–	4,57	4,24	4,37	4,39	0,28	6,7
	Эллай Лайт	4,89	4,55	4,65	4,70	0,58	14,1
	Дианат	4,64	4,34	4,46	4,48	0,36	8,8
	–	4,49	3,98	4,13	4,20	0,08	2,0
	Эллай Лайт	4,68	4,22	4,34	4,41	0,30	7,2
Дискование	Дианат	4,50	4,14	4,21	4,28	0,17	4,0
	Контроль	4,21	3,55	3,94	3,90	0,00	0,0
	–	4,44	3,88	4,19	4,17	0,27	6,9
	Эллай Лайт	4,60	4,10	4,43	4,38	0,48	12,2
	Дианат	4,43	3,96	4,34	4,24	0,34	8,8
	-	4,39	3,63	3,98	4,00	0,10	2,6
	Эллай Лайт	4,46	3,86	4,25	4,19	0,29	7,4
	Дианат	4,40	3,72	4,06	4,06	0,16	4,1
	НСР ₀₅ для А	0,05	0,10	0,07	0,11	–	–
	В	0,06	0,12	0,08	0,13	–	–
	AB	0,08	0,13	0,10	0,16	–	–

На следующих этапах исследований планируется изучить целесообразность использования в посевах озимой тритикале многокомпонентных (3 и >) баковых смесей пестицидов и агрохимикатов с целью усиления эффективности уничтожения сеgetальной флоры, максимизации снижения ксенобиотического эффекта гербицидов и улучшения хода продукционного процесса культурных растений.

Список использованных источников:

1. Szempliński W., Dubis B., Lachutta K.M., Jankowski K.J. Energy Optimization in Different Production Technologies of Winter Triticale Grain // *Energies*. 2021. Vol. 14. Is. 4. 1003. DOI: 10.3390/en14041003.
2. Schillinger W.F., Archer D.W. Winter Triticale: A Long-Term Cropping Systems Experiment in a Dry Mediterranean Climate // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. Is. 11. 1777. DOI: 10.3390/agronomy10111777.
3. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат.сб./Росстат. М., 2021. 100 с.
4. Feledyn-Szewczyk B., Nakielska M., Jończyk K., Berbec A.K., Kapiński J. Assessment of the Suitability of 10 Winter Triticale Cultivars (x Triticosecale Wittm. ex A. Camus) for Organic Agriculture: Polish Case Study // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. Is. 8. 1144. DOI: 10.3390/agronomy10081144.
5. Васильев А.С. Особенности продукционного процесса озимых зерновых культур в зависимости от условий основной обработки почвы и минерального питания // *Молочно-хозяйственный вестник*. 2017. № 3 (27). С. 26-39.
6. Panasiewicz K., Faligowska A., Szymańska G., Szukała J., Ratajczak K., Sulewska H. The Effect of Various Tillage Systems on Productivity of Narrow-Leaved Lupin-Winter Wheat-Winter Triticale-Winter Barley Rotation

References:

1. Szempliński W., Dubis B., Lachutta K.M., Jankowski K.J. Energy Optimization in Different Production Technologies of Winter Triticale Grain // *Energies*. 2021. Vol. 14. Is. 4. 1003. DOI: 10.3390/en14041003.
2. Schillinger W.F., Archer D.W. Winter Triticale: A Long-Term Cropping Systems Experiment in a Dry Mediterranean Climate // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. Is. 11. 1777. DOI: 10.3390/agronomy10111777.
3. Agriculture in Russia. 2021: Stat. sat./Rosstat. M., 2021. 100 p.
4. Feledyn-Szewczyk B., Nakielska M., Jończyk K., Berbec A.K., Kapiński J. Assessment of the Suitability of 10 Winter Triticale Cultivars (x Triticosecale Wittm. ex A. Camus) for Organic Agriculture: Polish Case Study // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. Is. 8. 1144. DOI: 10.3390/agronomy10081144.
5. Vasiliev A.S. Features of the production process of winter grain crops depending on the conditions of basic tillage and mineral nutrition // *Dairy bulletin*. 2017. No. 3 (27). pp. 26-39.
6. Panasiewicz K., Faligowska A., Szymańska G., Szukała J., Ratajczak K., Sulewska H. The Effect of Various Tillage Systems on Productivity of Narrow-Leaved Lupin-Winter Wheat-Winter Triticale-Winter Barley Rotation // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. Is. 2. 304. DOI: 10.3390/agronomy10020304.

// Agronomy. 2020. Vol. 10. Is. 2. 304. DOI: 10.3390/agronomy10020304.

7. Васильев А.С. Влияние уровня минерального питания на фитосанитарное состояние посевов овса // Защита и карантин растений. 2012. № 1. С. 45.

8. Алёнин П.Г., Кшникаткин С.А., Ильина Г.В., Зуева Е.А. Микроэлементные удобрения, регуляторы роста, бактериальные препараты в технологии возделывания озимой тритикале в лесостепи Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2020. № 2 (55). С. 2-9. DOI: 10.36461/NP.2020.2.55.001.

9. Егорова Г.С., Рогожин В.В., Киричкова И.В. Влияние способов основной обработки на агрофизические показатели почвы и продуктивность озимой тритикале // Аграрная Россия. 2022. № 4. С. 20-23. DOI: 10.30906/1999-5636-2022-4-20-23.

10. Батяхина Н.А. Комплексный подход к применению пестицидов в агроценозе тритикале // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 2 (35). С. 10-14. DOI: 10.35523/2307-5872-2021-35-2-10-14.

11. Кшникаткина А.Н., Дорожкина Л.А., Галиуллин А.А. Влияние препарата Силиплант на продуктивность озимой тритикале в условиях Среднего Поволжья // Плодородие. 2017. № 2 (95). С. 5-7.

12. Васильев А.С., Иванютина Н.Н., Горбачев И.В. Роль некорневых подкормок в уходе за посевами яровых зерновых культур // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный

7. Vasiliev A.S. Influence of the level of mineral nutrition on the phytosanitary condition of oat crops // Protection and quarantine of plants. 2012. No. 1. p. 45.

8. Alenin P.G., Kshnikatkin S.A., Ilyina G.V., Zueva E.A. Microelement fertilizers, growth regulators, bacterial preparations in the technology of winter triticale cultivation in the forest-steppe of the Middle Volga region // Niva of the Volga region. 2020. No. 2 (55). pp. 2-9. DOI: 10.36461/NP.2020.2.55.001.

9. Egorova G.S., Rogozhin V.V., Kirichkova I.V. Influence of basic processing methods on agrophysical soil parameters and productivity of winter triticale // Agrarian Russia. 2022. No. 4. pp. 20-23. DOI: 10.30906/1999-5636-2022-4-20-23.

10. Batyakhina N.A. An integrated approach to the use of pesticides in the triticale agrocenosis // Agrarian Bulletin of the Upper Volga region. 2021. No. 2 (35). pp. 10-14. DOI: 10.35523/2307-5872-2021-35-2-10-14.

11. Kshnikatkina A.N., Dorozhkina L.A., Galiullin A.A. The effect of the drug Siliplant on the productivity of winter triticale in the conditions of the Middle Volga region // Fertility. 2017. No. 2 (95). pp. 5-7.

12. Vasiliev A.S., Ivanyutina N.N., Gorbachev I.V. The role of foliar fertilizing in the care of spring grain crops // Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "V.P. Goryachkin Moscow State Agroengineering University". 2017. No.2 (78). pp. 7-11.

13. Abd-Elatty S.A.A., Nawar A.I., Salama H.S.A., Khattab I.M., Shaalan A.M. The Production of Dual-Purpose

университет имени В.П. Горячкина". 2017. №2 (78). С. 7-11.

13. Abd-Elatty S.A.A., Nawar A.I., Salama H.S.A., Khattab I.M., Shaalan A.M. The Production of Dual-Purpose Triticale in Arid Regions: Application of Organic and Inorganic Treatments under Water Deficit Conditions // *Agronomy*. 2022. Vol. 12. Is. 6. 1251. DOI: 10.3390/agronomy12061251.

14. Алдошин Н.В., Дидманидзе Р.Н. Управление процессами кормопроизводства с неопределенным временем выполнения работ // *Международный технико-экономический журнал*, – 2012, №1, с. 65...70. - ISSN 1995-4646.

15. Алдошин Н.В., Васильев А.С. и др. Инновационные технологии заготовки высококачественных кормов. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 92 с. – ISBN 978-5-7367-1590-9.

16. Кузнецов П.Н., Васильев А.С., Соловьева Л.М. Эффективность применения гербицидов и стимуляторов роста при возделывании озимой тритикале // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 5 (158). С. 40-47. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-40-47.

17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

18. Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И., Захаренко А.В., Сафонов А.Ф. Практикум по земледелию. М.: КолосС, 2004. 424 с.

19. Усанова З.И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству: учеб. пособие. Тверь: Тверская ГСХА, 2015. 143 с.

Triticale in Arid Regions: Application of Organic and Inorganic Treatments under Water Deficit Conditions // *Agronomy*. 2022. Vol. 12. Is. 6. 1251. DOI: 10.3390/agronomy12061251.

14. Aldoshin N.V., Didmanidze R.N. Management of feed production processes with an indefinite time of work // *International Technical and Economic Journal*, - 2012, No. 1, pp. 65...70. - ISSN 1995-4646.

15. Aldoshin N.V., Vasiliev A.S. et al. Innovative technologies for harvesting high-quality feed. Moscow: FSBI "Rosinformagrotech", 2020. – 92 p. - ISBN 978-5-7367-1590-9.

16. Kuznetsov P.N., Vasiliev A.S., Solovyova L.M. The effectiveness of herbicides and growth stimulants in the cultivation of winter triticale // *Bulletin of KrasGAU*. 2020. No. 5 (158). pp. 40-47. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-40-47.

17. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Agropromizdat, 1985. 351 p.

18. Vasiliev I.P., Tulikov A.M., Bazdyrev G.I., Zakharenko A.V., Safonov A.F. Practicum on agriculture. M.: KolosS, 2004. 424 p.

19. Usanova Z.I. Methods of performing scientific research on crop production: studies. stipend. Tver: Tver State Agricultural Academy, 2015. 143 p.

Сведения об авторах:

Алдошин Николай Васильевич – доктор технических наук, профессор, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, e-mail: naldoshin@yandex.ru, 109428, РФ, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Васильев Александр Сергеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: vasilevtgsha@mail.ru, 170904, Россия, г. Тверь, пос. Сахарово, ул. Василевского, 7, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия».

Соловьева Любовь Михайловна – аспирант кафедры агробиотехнологий, перерабатывающих производств и семеноводства ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: solovyovapost@mail.ru, 170904, Россия, г. Тверь, пос. Сахарово, ул. Василевского, 7, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия».

Information about the authors:

Aldoshin Nikolay Vasilyevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, e-mail: naldoshin@yandex.ru, FSAC VIM, 5, 1st Institutsky proezd, Moscow 109428, Russia.

Vasiliev Alexander Sergeevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Tver State Agricultural Academy, e-mail: vasilevtgsha@mail.ru, 170904, Russia, Tver, village Sakharovo, Vasilevsky str., 7, Tver State Agricultural Academy.

Solovieva Lyubov Mikhailovna – Postgraduate student of the Department of Agrobiotechnologies, Processing Industries and Seed Production of the Tver State Agricultural Academy, e-mail: solovyovapost@mail.ru, 170904, Russia, Tver, village Sakharovo, Vasilevsky str., 7, Tver State Agricultural Academy.

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК. 631.352

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В САДОВОДСТВЕ

Гербер Ю.Б., доктор технических наук, профессор;

Красовский В.В., кандидат технических наук, доцент, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

TECHNOLOGIES OF INTELLECTUAL ANALYSIS AND DECISION-MAKING IN HORTICULTURE

Gerber Y.B., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Krasovskiy V.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky CFU»

В статье рассматриваются перспективы и проблемы внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в садоводстве. Современные технологии, такие как системно-когнитивный анализ, предоставляют стандартизированные методологические и инструментальные основы для решения задач управления урожайностью, борьбы с болезнями и вредителями, а также оптимизации процессов в садоводстве. Цифровые технологии, основанные на ИИ, способны трансформировать садоводство, сделав его более эффективным и устойчивым. Обзор решаемых задач включает в себя вопросы автоматизированного мониторинга, точных и точечных систем внесения удобрений, проведения химзащиты и др. технологических операций, системы управления ресурсами, надежности технологий, необходимости дополнительных исследований.

Ключевые слова: искусственный интеллект, садоводство, цифровые

The article discusses the prospects and problems of the introduction of artificial intelligence (AI) in horticulture. Modern technologies, such as system-cognitive analysis, provide standardized methodological and instrumental foundations for solving problems of crop management, disease and pest control, as well as optimizing processes in horticulture. AI-based digital technologies have the potential to transform gardening by making it more efficient and sustainable. The review of the tasks to be solved includes issues of automated monitoring, precise and point-based fertilizer application systems, chemical protection and other technological operations, resource management systems, technology reliability, and the need for additional research.

Keywords: artificial intelligence, gardening, digital technologies,

технологии, системно-когнитивный анализ, устойчивое развитие. *system-cognitive analysis, sustainable development.*

Введение. В последние десятилетия сельское хозяйство претерпевает значительные изменения, становясь цифровым и внедряя в свою повседневную практику инновационные технологии. Эти трансформации оказывают влияние не только на общую картину сельского хозяйства, но и на конкретные сегменты, такие как садоводство.

Одним из ключевых направлений цифрового развития в сельском хозяйстве является применение искусственного интеллекта (ИИ) и IoT – технологии в садоводстве [1]. Сегодня фермеры и садоводы активно используют цифровые технологии для оптимизации процессов возделывания плодовых и ягодных культур. Информационные технологии, электроника и прогрессивные цифровые приложения становятся незаменимым инструментом в повседневной работе садоводов.

Тем самым перед садоводством стоят несколько ключевых задач, решение которых может быть обеспечено с применением ИИ. Такие вопросы, как управление урожайностью, борьба с болезнями и вредителями, оптимизация использования ресурсов, требуют инновационных решений [2]. Искусственный интеллект предоставляет средства для создания стандартизированных методологических и инструментальных основ системно-когнитивного анализа, способствуя синтезу, адаптации и верификации семантических информационных моделей в сфере садоводства.

Цифровые технологии, основанные на ИИ, имеют потенциал трансформировать садоводство, делая его более точным, эффективным и устойчивым. Анализ данных и принятие информированных решений становятся более доступными, что помогает не только повысить урожайность, но и сделать садоводство более привлекательным для новых поколений. Помимо этого, ИИ открывает новые перспективы для повышения прозрачности производства плодов и ягод, предоставляя потребителям возможность лучше понимать и оценивать происхождение продуктов.

Сложный характер цифровой трансформации в этом секторе предоставляет уникальные возможности для решения проблем, связанных с отсутствием современных средств механизации, способных удовлетворять современные потребности садоводства. Недостаток баз данных и обученных алгоритмов, специфичных для условий регионального (Крымского) садоводства, также являются ключевыми факторами, которые требуют дополнительного внимания и решения [3]. Именно разработка и внедрение адаптированных технологических решений, учитывающих эти аспекты, сможет не только повысить производительность, но и способствовать сбалансированному развитию этой важной сельскохозяйственной области.

Методология и методы исследования. В рамках нашего исследования применялись разносторонние методологии и методы, обеспечивающие системный и всесторонний анализ внедрения искусственного интеллекта в садоводстве.

Эмпирическое исследование.

Применение метода эмпирического исследования, основанного на систе-

матическом наблюдении, позволило получить первичные данные о повседневных садоводческих практиках и оценить влияние искусственного интеллекта на эффективность этих процессов.

Теоретические методы.

Дедуктивный (аксиоматический) анализ: Применение данного метода позволило выявить основные принципы искусственного интеллекта в садоводстве, а также выработать обобщенные выводы на основе теоретических построений.

Анализ и Синтез.

Методы анализа и синтеза использовались для разбора и выделения ключевых компонентов системы, а также для создания новых семантических моделей искусственного интеллекта в контексте садоводства.

Логический Анализ.

Применение логического анализа способствовало структурированию аргументации и выявлению внутренней логики внедрения искусственного интеллекта.

Методы обобщения и конкретизации.

Обобщение использовалось для выявления общих тенденций в развитии цифрового садоводства на основе полученных эмпирических и теоретических данных.

Конкретизация применялась для адаптации обобщенных выводов к конкретным условиям садоводческой деятельности и выработке практических рекомендаций.

Таким образом, применение различных методологий и методов позволило провести комплексное исследование внедрения искусственного интеллекта в садоводство, обеспечивая тщательный анализ как на теоретическом, так и на практическом уровне.

Результаты и обсуждения. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве — трансформация отрасли в цифровую эру. Сельское хозяйство, важное звено в экономической структуре, стало объектом активного внедрения современных технологий, особенно искусственного интеллекта (ИИ). На фоне старения фермерского населения и проблем, таких как нехватка трудовых ресурсов, ИИ выступает в роли катализатора автоматизации, сокращения ручного труда и оптимизации сельского хозяйства [4].

Тренды использования ИИ в сельском хозяйстве.

1. Предсказание урожая и оптимизация ресурсов.

Анализ данных: сбор информации о почвенных свойствах, климате и других факторах с использованием сенсоров и IoT.

Машинное обучение: применение алгоритмов для анализа данных о погоде, урожайности, внесении удобрений, проведении химзащиты и др. технологических операций.

Предсказание урожая: создание моделей для точного прогнозирования урожайности на основе текущих условий и изменений в окружающей среде.

Оптимизация ресурсов: использование прогнозов для оптимизации полива, посадки и внесения удобрений.

2. Управление садоводством с применением ИИ.

Мониторинг состояния растений: использование дронов и спутниковых данных для обнаружения заболеваний и стрессовых состояний.

Автоматизированный полив: системы, реагирующие на данные с сенсоров, обеспечивают точный полив в соответствии с потребностями растений.

Решение задачи удобрений: развитие точных систем внесения удобрений, адаптирующихся к требованиям растений и составу почвы.

Анализ здоровья растений: применение алгоритмов машинного обучения для выявления болезней и дефицита питательных веществ.

Интеллектуальные системы представляют собой мощные инструменты для управления сельским хозяйством, предоставляя рекомендации, интегрированные и интерпретированные для конкретных участков. Однако, несмотря на потенциальную значимость, разработка и применение интеллектуальных систем в сельском хозяйстве все еще находится на ранней стадии, и их коммерческое использование в настоящее время является редким явлением [5].

Анализируя разнообразные источники данных, такие как температура, погода, состав почвы, влажность и исторические показатели урожая, системы искусственного интеллекта могут предоставить прогнозные модели для определения того, какой урожай ожидать в данном году. Эти прогнозы включают оптимальные даты для посадки и сбора урожая в конкретном районе. Такой подход не только способствует повышению урожайности, но также снижает потребление воды, удобрений и пестицидов, что является ключевым аспектом устойчивого и эффективного сельского хозяйства.

В исследовании выделяются несколько ограничений, которые требуется преодолеть для более широкого использования искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Некоторые из ключевых ограничений включают время отклика и точность систем. Интеллектуальные системы должны обеспечивать точность выполнения задач в короткие сроки, что часто бывает сложно достичь.

Еще одним ограничением является необходимость больших объемов данных. Системы искусственного интеллекта в реальном времени требуют обработки обширных данных, что подчеркивает важность фильтрации и использования только ключевой информации. Однако, несмотря на потенциал больших объемов данных, системы должны оставаться отзывчивыми и способными реагировать на важные или неожиданные события.

Следующее ограничение касается методологии исполнения системы. Эффективность и точность систем искусственного интеллекта зависят от правильного выбора методов поиска и обучения, что требует дополнительных исследований и разработок.

Также поднимается вопрос о высокой стоимости данных. Многие системы искусственного интеллекта основаны на использовании интернета, что может ограничивать доступность этих систем, особенно в удаленных или сельских районах.

Проанализируем, как цифровые технологии влияют на инновации в сель-

ском хозяйстве с использованием корреляционно-регрессионного анализа. В статистических данных, представленных Росстатом и ВШЭ [6,7,8], расходы на приобретение компьютерных технологий, программного обеспечения и других аспектов различных видов экономической деятельности регистрируются с учетом технологических и цифровых инноваций.

Определим, существует ли взаимосвязь между расходами на технологические инновации в выращивании различных видов культур и общей стоимостью продукции растениеводства (таблица 1). Проведем корреляционный анализ данных с использованием инструмента "Корреляция" в рамках надстройки "Анализ данных" табличного процессора MS Excel. Результаты анализа показывают, что изучаемые показатели (у - стоимость продукции растениеводства, х - расходы на технологические инновации) демонстрируют высокую степень линейной взаимосвязи, $r = 0,96$.

На рисунке 1 представлено линейное уравнение регрессии, отражающее зависимость стоимости продукции растениеводства (результативного признака) от затрат на технологические инновации (факторного признака).

Информационные и цифровые технологии становятся интегральной частью конвергентной системы инновационной деятельности хозяйствующих субъектов. Они перестают быть просто фактором производства, становясь неотъемлемым требованием и фундаментальным условием. Этот переход происходит из сферы вызовов в сферу возможностей (табл. 1).

Таблица 1. Динамика затрат на технологические инновации и стоимости произведенной продукции растениеводства

№	Год	Затраты на технологические инновации, млн руб.	Продукция растениеводства, трлн руб.
1	2019	6276,1	2710,3
2	2020	8381,1	2599,7
3	2021	13572,6	2756,1
4	2022	39050,1	3056,4

Сравнительная оценка сформированной технологии интеллектуального анализа и принятия решений при возделывании плодов с использованием разрабатываемых средств цифрового мониторинга состояния насаждений, технических средств для ухода за насаждениями, позволяющих проводить точечные и своевременные операции в сравнение с базовой интенсивной технологией позволяет повысить производительность выполнения процессов на 43-48% и снизить удельную трудоемкость выполнения процессов при возделывании 1 га интенсивного сада на 26-29% с 651 чел.ч до 470 чел.ч.

Расчет экологической эффективности технологии интеллектуального анализа и принятия решений в садоводстве, комплекса технических средств для ухода за насаждениями показывает, что его применение позволяет снизить экологическую нагрузку на конечную продукцию в 2-4 раза, за счет снижения нормы внесения гербицидов, раннего определения начала заболеваний деревьев, состояния междурядий и состояния здоровья сада в целом.

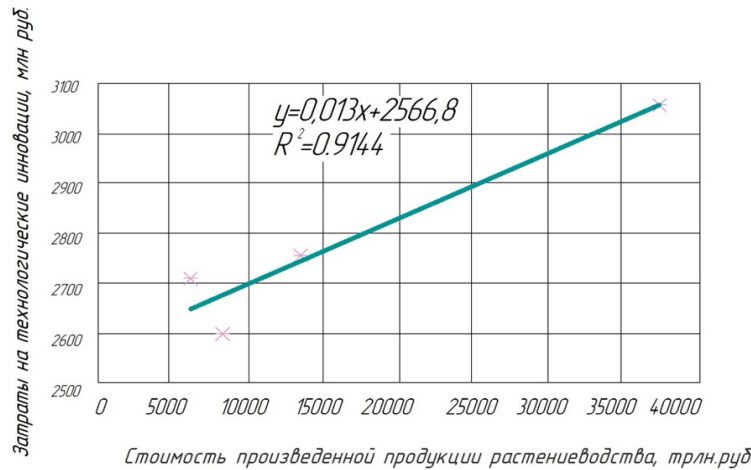


Рисунок 1. График зависимости стоимости произведенной продукции растениеводства от затрат на технологические инновации

Расчет эффективности технологии интеллектуального анализа и принятия решений показывает снижение временных затрат на возделывание 1 га площади сада в 2-3 раза, и увеличение прибыли с 1,5 до 1,8 млн.руб/га. Срок окупаемости технологии интеллектуального анализа и принятия решений и технических средств составляет 1,3 года [9].

Внедрение рассматриваемой технологии при возделывании плодов предусматривает разработку и обоснование параметров отдельных средств механизации для выполнения технологических операций по уходу за насаждениями.

Так, при внедрении ультрамалообъемного опрыскивателя для точечной и своевременной обработки насаждений, работа которого будет регулироваться данными интеллектуального анализа, общее количество расхода рабочей жидкости на 1 га снизится с 4400 л, агрохимикатов – 5,3 кг/га, до 1402,58 л, и 2,69 кг/га, т.е. снижение расхода рабочей жидкости составит 3,13 раза, агрохимикатов – в 2 раза (табл. 2) [10].

Таблица 2. Показатели экономической эффективности внедрения ультрамалообъемного опрыскивателя для точечной и своевременной обработки насаждений

№	Показатели	Базовый вариант	Новый вариант	Эффект
1	Прямые эксплуатационные расходы, руб./га	4596,55	2521,88	2074,39
2	Удельные капвложения, руб./га	73,39	55,7	17,69
3	Приведенные затраты, руб./га	4607,55	2530,23	2077,32
4	Годовой экономический эффект, руб.	–	914020,8	–
5	Срок окупаемости, лет	–	0,71	–

Анализ структуры затрат совокупной энергии (рис. 2) на выполнение технологического процесса химической защиты плодовых насаждений показывает, что применение новой технологии интеллектуального анализа и принятия решений и соответствующего оборудования снизит расход: основных средств на 52-55% или на 960-975 МДж/га, ГСМ – на 34-36% или на 135-138 МДж/га, трудовых ресурсов – на 33-36% или на 76-78 МДж/га, снижение расхода агрохимикатов – на 70-73% или на 2475-2477 МДж/га (табл. 3) [11].

Таблица 3. Структура затрат совокупной энергии при химической защите плодовых насаждений МДж/га

№	Производство основных средств, Есм		ГСМ, Едт		Трудовые ресурсы, Ечел		Оборотные ср-ва (пестициды), Епес		Суммарные энергозатраты, Евход	
	Базовый	Новый	Базовый	Новый	Базовый	Новый	Базовый	Новый	Базовый	Новый
1										
2	26,643%	12,292%	6,983%	4,526%	3,965%	2,570%	62,408%	17,687%	100%	37,015%

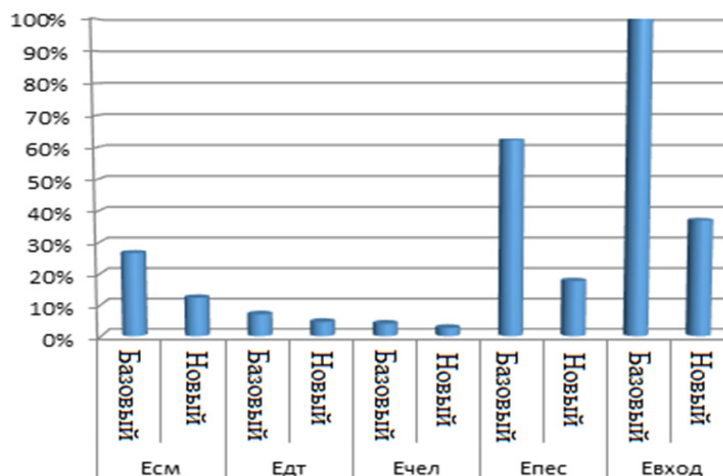


Рисунок 2. Анализ структурных затрат совокупной энергии на выполнение технологического процесса химической защиты плодовых насаждений

Внедрение технологии интеллектуального анализа и принятия решений на операциях по химической защите насаждений, приведет к снижению антропогенной нагрузки на 69-70 %. Таким образом, анализируя полученные показатели, можно сказать, что эффект достигается в основном за счет снижения нормы внесения агрохимикатов и повышения качества обработки насаждений. Годовой экономический эффект от внедрения технологии интеллектуального анализа и принятия решений при проведении химзащиты составляет 914000-920000 руб.,

срок окупаемости – 0,7-0,9 лет [11]. Кроме того, предполагается получение дополнительного экономического эффекта за счет повышения урожайности.

При внедрении агрегата для ухода за междурядьями плодовых насаждений, работа которого будет регулироваться данными интеллектуального анализа, энергетические затраты на выполнение технологического процесса скашивания травостоя наблюдается эффективность на 29-30% или на 980-990 МДж/га. Производственные затраты, приходящиеся на единицу продукции, снижаются на 28-31%. Антропогенная нагрузка составляет 41-43% от допустимой. В результате внедрения технологии интеллектуального анализа и принятия решений на операциях по уходу за междурядьями экономический эффект составляет 7900-8000 руб./га, срок окупаемости технологии и машины 1-1,1 года работы при производственном объеме 20 га. В то же время снижается негативное влияние от гербицидов и минеральных удобрений на окружающую среду без снижения количества и качества урожая [12].

В сельскохозяйственных предприятиях, применяющих интенсивную энергосберегающую и экологически безопасную технологию возделывания садов, а также внедряющих биодинамическое направление производства плодов рекомендуется использовать разрабатываемую технологию интеллектуального анализа и принятия решений на всех технологических операциях с целью повышения эксплуатационно-технологических показателей и снижения антропогенной нагрузки на культурные насаждения.

Таблица 4. Показатели экономической эффективности внедрения агрегата для ухода за междурядьями плодовых насаждений

№	Показатели	Базовый вариант	Новый вариант	Эффект
1	Прямые эксплуатационные расходы, руб./га	551	580,83	-29,83
2	Приведенные затраты, руб./га	3357,93	2359	998,93
3	Удельные капиталовложения, руб./га	57,70	59,58	-1,87
4	Годовой экономический эффект, руб./га.	–	7963,43	–
5	Срок окупаемости, лет	–	1,06	–

Необходимость разработки и внедрения цифровых технологий в различные аспекты сельского хозяйства, таких как растениеводство и садоводство в частности, подтверждается положениями ведомственной программы "Цифровое сельское хозяйство", разработанной Министерством сельского хозяйства РФ [13]. Эта программа направлена на регулирование текущих изменений в агропромышленном комплексе страны. Реализация мер, предусмотренных программой в отношении растениеводства, призвана улучшить производительность сельскохозяйственного производства, снизить расходы на приобретение посадочного материала, удобрений и топлива, снизить риски загрязнения окружающей сре-

ды, значительно улучшить систему принятия управленческих решений, сократить издержки производства, обусловленные различными факторами, такими как политические, социальные, экономические, природные и климатические. Программа также нацелена на оптимизацию ведения учета в сельском хозяйстве.

Цифровые технологии значительно влияют на развитие инновационных процессов в сельском хозяйстве вообще и растениеводстве в частности. Внедрение в производственную деятельность аграриев современных цифровых инструментов выступает движущей силой прогресса в аграрной сфере. Приоритетами цифровой составляющей инновационного развития является интеллектуализация всех направлений деятельности, экологичность, использование современных технологий, цифровых помощников, обновление технико-технологической базы и прочее. Сформированная цифровая среда будет способствовать повышению эффективности сельскохозяйственного производства, а именно: снижению издержек на приобретение посевного материала, удобрений и ГСМ, полной адаптации используемой техники к природным и климатическим условиям за счет использования передовых технологий, а также качественному развитию системы принятия управленческих решений.

Выводы. Сельское хозяйство стоит перед существенными вызовами, и внедрение искусственного интеллекта (ИИ) предоставляет инновационные решения для решения этих проблем. На основе проведенного анализа мы видим, что использование технологий ИИ, таких как агродроны и технологии интеллектуального анализа и принятия решений, способны революционизировать сельское хозяйство, увеличивая эффективность и устойчивость.

Однако, несмотря на потенциальные выгоды, существуют ограничения, которые требуется преодолеть для полного внедрения ИИ в садоводстве. Проблемы с временем отклика, точностью, необходимостью больших объемов данных и высокой стоимостью данных подчеркивают важность дальнейших исследований и инноваций.

Расчет эффективности технологии и комплекса технических средств показал снижение экологической нагрузки на конечную продукцию в 2-4 раза, за счет снижения нормы внесения гербицидов, раннего определения начала заболеваний деревьев, состояния междурядий и состояния здоровья сада в целом, снижение затрат на возделывание 1 га площади сада в 2-3 раза, и увеличение прибыли с 1,5 до 1,8 млн.руб/га. Срок окупаемости технологии интеллектуального анализа и принятия решений и технических средств составляет 1,3 года.

При внедрении агрегата для ухода за междурядьями плодовых насаждений, энергетические затраты на выполнение технологического процесса скашивания травостоя наблюдается эффективность на 29-30% или на 980-990 МДж/га. Производственные затраты, приходящиеся на единицу продукции, снижаются на 28-31%. Антропогенная нагрузка составляет 41-43% от допустимой. В результате внедрения технологии интеллектуального анализа и принятия решений на операциях по уходу за междурядьями экономический эффект составляет 7900-8000 руб./га.

Внедрение технологии интеллектуального анализа и принятия решений на операциях по химической защите насаждений, приведет к снижению антропогенной нагрузки на 69-70 %. Таким образом, анализируя полученные показатели, можно сказать, что эффект достигается в основном за счет снижения нормы внесения агрохимикатов и повышения качества обработки насаждений. Годовой экономический эффект от внедрения технологии интеллектуального анализа и принятия решений при проведении химзащиты составляет 914000-920000 руб.

Подобные инновационные решения способствуют более эффективному использованию ресурсов, увеличению урожайности и созданию устойчивой системы сельского хозяйства, способной справляться с вызовами современного мира.

Список использованных источников:

1. Рогачева Н.В. Интернет вещей: обзор применений в настоящем и будущем / Н. В. Рогачева // Язык в сфере профессиональной коммуникации : сборник материалов международной научно-практической конференции преподавателей, аспирантов и студентов (Екатеринбург, 28 мая 2020 г.). — Екатеринбург : ООО «Издательский Дом «Ажур», 2020. — С. 621-626.

2. Луценко Е.В., Лойко В.И., Великанова Л.О. Прогнозирование и принятие решений в растениеводстве с применением технологий искусственного интеллекта: Монография (научное издание). — Краснодар: КубГАУ, 2008. — 257 с.

3. Острицова В.А. Применение нейронных сетей в сельском хозяйстве как неотъемлемая часть инновационного развития отрасли / В.А. Острицова, В.В. Ткаченко // Наука в современном обществе: закономерности и тенденции развития. Сборник статей международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2016. С.42-48.

4. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства. Науч. аналит. обзор / Федоренко В. Ф., Черноиванов В. И., Гольтыпин В. Я.,

References:

1. Rogacheva N.V. Internet of Things: an overview of applications in the present and future / N. V. Rogacheva // Language in the field of professional communication : a collection of materials of the international scientific and practical conference of teachers, graduate students and students (Yekaterinburg, May 28, 2020). — Yekaterinburg : LLC "Publishing House "Azhur", 2020. — pp. 621-626.

2. Lutsenko E.V., Loiko V.I., Velikanova L.O. Forecasting and adoption solutions in crop production using artificial intelligence technologies: A monograph (scientific publication). — Krasnodar: KubGAU, 2008. — 257 p.

3. Ostritsova V.A. The use of neural networks in agriculture as an integral part of the innovative development of the industry / V.A. Ostritsova, V.V. Tkachenko // Science in modern society: patterns and trends of development. Collection of articles of the international scientific and practical conference: in 2 parts. 2016. pp.42-48.

4. Global trends in the intellectualization of agriculture. Scientific analysis. review / Fedorenko V. F., Chernoiivanov V. I., Goltypin V. Ya., Fedorenko I. V. — M.: FSBI

Федоренко И. В. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2018. 232 с.

5. Lutsenko E.V., Loiko V.I., Velikanova L.O. Forecasting and decision-making in crop production using artificial intelligence technologies: Monograph (scientific edition). – Krasnodar: KubSAU, 2008. – 257 p.

6. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 14.03.2022).

7. Гохберг Л.М., Грачева Г.А., Дитковский К.А., Евневич Е.И., Кузнецова И.А., Мартынова С.В., Ратай Т.В., Росовецкая Л.А., Рудь В.А., Фридлянова С.Ю., Фурсов К.С. Индикаторы инновационной деятельности: 2021: статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2021. 280 с.

8. Киварина М.В., Юрина Н.Н., Веткина А.В. Влияние элементов цифровой среды на развитие Инновационных процессов в растениеводстве. – Фундаментальные исследования. – 2022. – № 3 – С. 65-71

9. Догода П.А., Догода А.П., Красовский В.В. Комплекс машин, обеспечивающий экологически безопасную энергосберегающую технологию возделывания многолетних насаждений. – ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ. – Сборник научных трудов IX Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Хазретали Умаровича Бугова. 2020. – С. 88-92.

10. Догода П.А., Красовский В.В.,

"Rosinformagrotech", – 2018. 232 p.

5. Lutsenko E.V., Loiko V.I., Velikanova L.O. Forecasting and decision-making in crop production using artificial intelligence technologies: Monograph (scientific edition). – Krasnodar: KubSAU, 2008. – 257 p.

6. Federal State Statistics Service [Electronic resource]. URL: <http://www.gks.ru/> (date of reference: 03/14/2022).

7. Gokhberg L.M., Gracheva G.A., Ditkovsky K.A., Evnevich E.I., Kuznetsova I.A., Martynova S.V., Ratai T.V., Rosovetskaya L.A., Rud V.A., Fridlyanova S.Yu., Fursov K.S. Indicators of innovation activity: 2021: statistical collection. Moscow: Higher School of Economics, 2021. 280 p.

8. Kivarina M.V., Yurina N.N., Vetkina A.V. The influence of elements of the digital environment on the development of innovative processes in crop production. – Fundamental research. – 2022. – No. 3 – pp. 65-71

9. Dogoda P.A., Dogoda A.P., Krasovsky V.V. A complex of machines providing environmentally safe energy-saving technology for the cultivation of perennial plantations. – ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY: PROBLEMS AND SOLUTIONS. – Collection of scientific papers of the IX All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of the Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor Hazretali Umarovich Bugov. 2020. – pp. 88-92.

10. Dogoda P.A., Krasovsky V.V., Tsolin R.A. – Analysis of the state and prospects for the development

Цолин Р.А. – Анализ состояния и перспективы развития средств механизации, обеспечивающих экологически безопасную технологию защиты виноградных насаждений. – ДНИ НАУКИ КФУ ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО. – Сборник тезисов участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых. 2019. – С. 60-63.

11. Догода П.А., Догода А.П., Красовский В.В., Цолин Р.А., Трофимов И.М. – Применение электрически заряженного аэрозоля при химической защите растений. – Магарах. Виноградарство и виноделие. – Т. 23. № 2 (116), 2021. – С. 173-177.

12. Красовский В.В. Оценка энергетической эффективности использования косилки для скашивания сидератов в междурядьях садов и виноградников. – Приднепровский научный вестник. 2017. Т. 4. № -12. С. 043-048.

13. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 48 с.

of mechanization tools that provide environmentally safe technology for protecting grape plantations. – DAYS OF SCIENCE OF THE V.I. VERNADSKY KFU. – A collection of abstracts of participants of the V scientific and practical conference of the teaching staff, graduate students, students and young scientists. 2019. – pp. 60-63.

11. Dogoda P.A., Dogoda A.P., Krasovsky V.V., Tsolin R.A., Trofimov I.M. – The use of electrically charged aerosol in chemical plant protection. – Magarach. Viticulture and winemaking. – Т. 23. № 2 (116), 2021. – Pp. 173-177.

12. Krasovsky V.V. Assessment of the energy efficiency of using a mower for mowing siderates in the aisles of orchards and vineyards. – Pridneprovsky Scientific Bulletin. 2017. Vol. 4. No. -12. pp. 043-048.

13. Departmental project "Digital agriculture": official publication. Moscow: FSBI Rosinformagrotech, 2019. 48 p.

Сведения об авторах:

Гербер Юрий Борисович – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по учебной работе Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: gerber_1961@mail.ru, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ

Information about the authors:

Gerber Yuri Borisovich – Doctor of technical sciences, professor, the deputy director for academic affairs of the Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: gerber_1961@mail.ru, Institute "Agrotechnological academy" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean

им. В.И. Вернадского».

Красовский Виталий Викторович – доцент кафедры общетехнических дисциплин, Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: vitaliy-krasovskiy@mail.ru, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Federal University", Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

Krasovskiy Vitaliy Viktorovich – Associate professor of the department of general technical disciplines, Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: vitaliy-krasovskiy@mail.ru, Institute "Agrotechnological academy" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

УДК. 631.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ
ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЙ
ПРИ РАСЧЕТЕ
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО
АМОРТИЗАТОРА СЖАТИЯ****STUDY OF THE ACCURACY
OF NUMERICAL SOLUTIONS
IN THE CALCULATION OF A
CYLINDRICAL COMPRESSION
SHOCK ABSORBER****Высоцкая Н.Д.**, кандидат технических наук, доцент;**Шабанов Н.П.**, кандидат технических наук, доцент, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского»**Vysotskaya N.D.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Shabanov N. P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V. I. Vernadsky CFU»

Выполнен расчет цилиндрического амортизатора сжатия. По известному перемещению определялась осевая сжимающая нагрузка и напряжения. В расчете использовались вычислительный комплекс КОДЕТОМ с пакетом прикладных программ NELVIS. Сравнивались результаты, аналитического и численного решений с различными коэффициентами Пуассона и с применением закона Гука и нелинейного закона состояния Пенга-Ландела. Сравнение результатов доказывает приемлемость разработанного варианта метода конечных элементов и использования закона Пенга-Ландела при расчете конструкций из слабосжимаемых эластомеров. Проанализированы результаты решений, получаемые при последовательном сгущении сетки разбиения на конечные элементы. Результаты говорят о хорошей сходимости предлагаемого метода решения задачи.

Ключевые слова: метод конечных элементов, эластомеры, нелинейность, вязкоупругость, напряжения, перемещение, нагрузка, амортизатор.

A calculation of a cylindrical compression shock absorber has been carried out. Based on the known displacement, the axial compressive load and stresses were determined. The calculations used the KODETOM computer complex with the NELVIS application package. The results of analytical and numerical solutions with different Poisson's ratios and using Hooke's law and the nonlinear Peng-Landel state law were compared. A comparison of the results proves the acceptability of the developed version of the finite element method and the use of the Peng-Landel law when calculating structures made of weakly compressible elastomers. The results of solutions obtained by sequential refinement of the mesh partition into finite elements are analyzed. The results indicate good convergence of the proposed method for solving the problem.

Key words: finite element method, elastomers, nonlinearity, viscoelasticity, stress, displacement, load, shock absorber.

Введение. Одна из важных задач, возникающих при проектировании современных конструкций – снижение их материалоемкости, что непосредственно связано с проблемой замены металлических узлов на узлы из эластомеров (резин, каучукоподобных материалов). Эластомеры относятся к гибкоцепным линейным полимерам с ярко выраженными высокоэластичными свойствами при обычных температурах. Высокомолекулярная природа строения эластомеров обуславливает их упруго-наследственное поведение при деформировании.

Конструкции, изготовленные на базе эластомеров, широко применяются в сельскохозяйственной технике, в том числе резинометаллические амортизаторы транспортных средств и оборудования. В тракторостроении эластомеры используются в качестве амортизаторов под двигатель, под кабину, амортизаторов балансиров трактора, подвесок и уплотнительных колец гильз цилиндров двигателя, шарниров соединений гусеничных тракторов, промежуточных соединений и полугусениц универсально-пропашных тракторов и т. д.

В современных расчетах конструкций учитываются не только сложность формы тела и разнообразие воздействий (силовое, температурное и т. п.), но и специфика свойств материалов, из которых изготовлены тела. Материалы, для которых зависимость между напряжениями и деформациями включает время, называются вязкоупругими.

Строгое теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния резиновых элементов при больших конечных деформациях затруднено в следствие сложности нелинейных уравнений равновесия. Реализовать точные методы решения удалось только для небольшого числа простых задач. Поэтому целесообразным является развитие приближенных методов исследования высокоэластичных тел. Наиболее плодотворным является исследование численных методов, позволяющих использовать более общие реологические модели и получать приемлемую точность.

Вязкоупругое деформирование эластомеров с использованием упруго-наследственной теории Больцмана и Вольтерра [1] приводит к решению систем нелинейных, относительно времени, алгебраических уравнений. Для их решения можно применять различные варианты метода последовательных приближений, которые в сочетании с вариационными и конечно-разностными методами легко реализуются на ЭВМ. Последние достижения в области исследования нелинейных вязкоупругих деформаций изложены в работах [2 – 9].

В настоящее время одним из самых эффективных методов приближенного решения многочисленных инженерных задач с помощью электронных вычислительных машин является метод конечных элементов (МКЭ). Он отличается универсальностью и позволяет существенно повысить эффективность прочностных расчетов конструкций, применяемых в различных отраслях техники, в частности в сельскохозяйственном машиностроении и строительстве.

Решение систем нелинейных уравнений методом конечных элементов для физически и геометрически нелинейных задач обычно осуществляется итера-

ционными алгоритмами, на каждом шаге которых решается система линейных уравнений. Среди шаговых итерационных алгоритмов выделяются методы упругих решений [10], последовательных нагружений [11], Ньютона, Ньютона-Канторовича [12] и его модификации [13].

Материал и методы исследований. Применительно к расчету конструкций из эластомеров наиболее эффективны методы, основанные на анализе поведения конструкций для последовательности малых приращений нагрузок [14]. На каждом шаге приращения нагрузки вычисляются приращения перемещений и компонент деформаций, новое положение деформированной поверхности и суммарные величины, необходимые для следующего шага нагружения.

Для определения напряжений релаксации и деформаций ползучести эластомерных конструкций разработан модифицированный вариант итерационного метода Ньютона-Канторовича в сочетании с методом последовательных нагружений применительно к нестационарным задачам типа вязкоупругости [15]. Алгоритмы исследования нелинейных деформаций конструкций из вязкоупругих эластомеров приведены в работе [16].

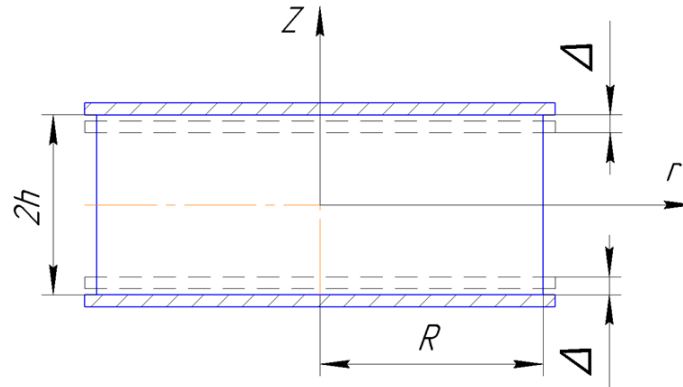
В работе [17] применен способ решения нелинейных уравнений вязкоупругости, основанный на решении рекуррентной последовательности линейных уравнений с пересчетом матрицы жесткости и с учетом изменения геометрии на каждом шаге нагружения. Пересчет координат деформированной конфигурации конструкции осуществляется одновременно с проверкой выполнения условий равновесия на каждом шаге нагружения.

Для геометрически и физически нелинейных задач используем метод Ньютона-Канторовича, развитый в работах [15, 17, 18, 16]. Линеаризация нелинейных уравнений вязкоупругости для эластомеров описана в работе [19].

При решении сложных задач нелинейной вязкоупругости для оценки точности и скорости сходимости численных решений к точному необходимо проанализировать результаты решений, получаемых при последовательном сгущении сетки разбиения на конечные элементы.

В качестве примера, иллюстрирующего приемлемость разработанного варианта метода конечных элементов [20], рассмотрим задачу расчета цилиндрического амортизатора сжатия (рисунок 1), как тела несложной конфигурации и имеющую аналитическое и численное решение.

Расчеты производились на персональном компьютере с использованием вычислительного комплекса КОДЕТОМ [14], в состав которого входит пакет прикладных программ NELVIS, разработанный для автоматизированного решения геометрически и физически нелинейных задач вязкоупругости на персональных компьютерах. При этом физическая нелинейность учитывается с помощью закона состояния для нелинейных слабосжимаемых материалов (закон Пенга-Ландела), а геометрическая – применением в уравнениях нелинейного тензора деформаций, изменением геометрии на каждом шаге в процессе итерационного решения.

**Рисунок 1. Сплошной цилиндрический амортизатор сжатия**

Радиус цилиндрического амортизатора $R = 0,025$ м, высота $2h = 0,01$ м. Осадка составляет $2\Delta = 0,001$ м. Модуль сдвига $\mu = 3$ МПа. По известному перемещению определялась осевая сжимающая нагрузка P_z и напряжения σ^{zz} .

Точное значение нагрузки определялось по формуле [21]:

$$P_z = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \frac{\Delta}{h} \cdot \left[0,8 + \frac{0,4 + 0,5\rho^2}{1 + (1 - 2\nu) \cdot \frac{(2 + 3\rho^2)}{4\nu}} \right], \quad (1)$$

$$\text{где } \rho = \frac{R}{2h}.$$

Результаты и обсуждения. В таблице 1 представлены результаты расчета для двух вариантов построения матрицы жесткости: с использованием закона Гука и линейаризованного закона Пенга-Ландела [19]:

$$\bar{\sigma}_y^{*ij} = 2\mu_0 \varepsilon^{ij} + B_0 \bar{J}_1 G^{ij}. \quad (2)$$

Таблица 1. Сравнение результатов аналитического и численного решения задачи (с использованием закона Гука и закона Пенга-Ландела)

Коэффициент Пуассона ν	Точное решение P_z , кН	Численное решение			
		Закон Гука		Закон Пенга-Ландела	
		P_z , кН	σ^{zz} , МПа	P_z , кН	σ^{zz} , МПа
0,4	2937	2740	1,31	2917	1,37
0,48	5686	5230	2,08	5440	2,15
0,49	6510	6090	2,31	6315	2,38
0,499	7511	7240	2,60	7474	2,68
0,4999	7629	7380	2,63	7619	2,71
0,49999	7641,6	7400	2,64	7638	2,72
0,499999	7643	7400	2,64	7640	2,72

Предположение о несжимаемости материала позволяет получить решение только при коэффициенте Пуассона $\nu=0,5$ [22]. Практически же эластомеры – слабосжимаемые материалы ($\nu<0,5$) и существуют классы задач, в которых ги-

потеза о несжимаемости материала для эластомеров неприемлема: исследование больших деформаций эластомеров; расчет тонкостенных резино-металлических элементов; изучение контактных задач с односторонними ограничениями.

Зависимость напряжение-деформации для эластомера существенно отличается от линейного закона Гука. Использование обычного Гуковского потенциала для слабосжимаемых материалов приводит к плохой обусловленности системы разрешающих уравнений и появлению значительных ошибок в расчете.

Сравнение результатов с различными коэффициентами Пуассона (таблица 1) доказывает справедливость формулы (2) при расчете слабосжимаемых эластомеров.

В таблице 2 приведены результаты решений МКЭ, полученных при различных сетках разбиения осевого сечения амортизатора для $\nu=0,49$ с использованием закона Пенга-Ланделя. При определении нагрузки по формуле (1) $P=6510$ кН (точное решение).

В данной таблице $M1$, $M2$, $M3$ – количество разбиений соответственно вдоль осей X^1 , X^2 , X^3 .

Таблица 2. Сравнение результатов решений МКЭ для $\nu=0,49$ с использованием закона Пенга-Ланделя и различных сетках разбиения осевого сечения амортизатора

Размеры сетки $M1 \times M2 \times M3$	Количество уравнений	Нагрузка P , кН	Погрешность, %
3×3×2	54	6109	6,1
4×4×2	96	6184,5	5,0
5×5×2	150	6315	3,0
5×7×2	210	6412	1,5
7×7×2	294	6477	0,5

Данные таблицы 2 показывают, что с увеличением сетки разбиения точность решения возрастает, следовательно, полученные результаты говорят о хорошей сходимости предлагаемого метода решения задачи.

В работе [18] рассмотрено решение некоторых задач упругости и вязкоупругости для тел несложной конфигурации и имеющих аналитическое и численное решение – исследование вязкоупругого деформирования полого бесконечного цилиндра, защемленного по внешнему контуру при длительном нагружении внутренним давлением, а также напряженно-деформированного состояния полого цилиндра, защемленного по внешнему контуру, под действием внутреннего давления. Эти примеры также иллюстрируют приемлемость разработанного варианта метода конечных элементов применительно к решению задач нелинейной вязкоупругости.

Выводы. На примере расчета цилиндрического амортизатора сжатия в данной работе показано, что предложенный итерационный метод решения задач вязкоупругости обладает довольно хорошей сходимостью и точностью численного решения задачи. Использование закона Гука при расчете высокоэластичных

конструкций, которые обычно изготавливаются из сильно наполненных эластомеров, может привести к грубым ошибкам. Для слабосжимаемых материалов предпочтительнее использовать закон состояния Пенга-Ланделя, учитывающий свойства материала при расчете наполненных и ненаполненных эластомеров.

Список использованных источников:

1. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. – М.: Наука, Из-во Ленанд, 2020. – 384 с.
2. Огородников Е.Н., Радченко В.П., Унгарова Л.Г. Математические модели нелинейной вязкоупругости с операторами дробного интегро-дифференцирования // Вестник Пермского национ. исследов. политехн. ун-та: Механика. — 2018. — Т. 2. — С. 147–161.
3. Огородников Е.Н., Унгарова Л.Г. Идентификация параметров нелинейных математических моделей наследственно-упругого тела на основе численного решения интегральных уравнений в задаче о ползучести // Материалы IV Международной научной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики и физики». — Нальчик : ИПМА КБНЦ РАН, 2018. — с. 198.
4. Мартынова Е.Д. Процессы кручения цилиндрических образцов из несжимаемых вязкоупругих материалов Максвелловского типа // Прикладная математика и механика. 2019. Т. 83, №1. — С. 95-106.
5. Стеценко Н.С. Нелинейные эффекты, моделируемые вязкоупругой моделью максвелловского типа при конечных деформациях // Изв. РАН. Механика твердого тела, 2020, №5 — С. 76-86.
6. Мирсаидов М.М., Абдикаримов Р.А., Ходжаев Д.А. Динамика вязкоупругой пластины, несущей сосредоточенные массы, с учетом физической

References:

1. Rabotnov Yu.N. Elements of hereditary mechanics of solids. – Moscow: Science, Lenand Publishing House, 2020. – 384 p.
2. Ogorodnikov E.N., Radchenko V.P., Ungarova L.G. Mathematical models of nonlinear viscoelasticity with fractional integro-differentiation operators // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University: Mechanics. — 2018. — Volume 2. — P. 147–161.
3. Ogorodnikov E.N., Ungarova L.G. Identification of parameters of nonlinear mathematical models of a hereditary-elastic body based on the numerical solution of integral equations in the creep problem // Proceedings of the IV International Scientific Conference “Current Problems of Applied Mathematics and Physics”. - Nalchik: Institute of Applied Mathematics and Automation of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2018. – p. 198.
4. Martynova E.D. Torsion processes of cylindrical samples made of incompressible viscoelastic materials of the Maxwell type // Applied Mathematics and Mechanics. 2019. Volume 83, № 1. — P. 95-106.
5. Stetsenko N.S. Nonlinear effects modeled by a Maxwellian-type viscoelastic model under finite deformations // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Mechanics of Solids, 2020, № 5 - P. 76-86.
6. Mirsaidov M.M., Abdikarimov R.A., Khodzhaev D.A. Dynamics of a

нелинейности материала. Часть 1. Математическая модель, метод решения и вычислительный алгоритм. ВЕСТНИК ПНИПУ / Вестник ПНИПУ. Механика, № 2, 2019. — С.143-153.

7. Станкевич И.В., Волков С.С. Алгоритмы решения краевых задач МДТТ с учетом деформации ползучести // Математика и математическое моделирование. 2018. № 01. НП «НЭИКОН». — С. 1–14.

8. Шешенин С.В., Икунь Ду, Чистяков П.В. Моделирование резино-кордных слоев при квазистатическом нагружении / Материалы XXX Всероссийской школы-конференции. Математическое моделирование в естественных науках. ООО «Цифровые решения». Пермь, 2021. — С. 33-35.

9. Кислицын В.Д., Свистков А.Л., Мохирева К.А., Шадрин В.В. Описание поведения вязкоупругих материалов в рамках новой термодинамической модели. / Материалы XXX Всероссийской школы-конференции. Математическое моделирование в естественных науках. ООО «Цифровые решения». Пермь, 2021. — С. 268-270.

10. Ильюшин А.А. Пластичность // Основы общей математической теории. — М.: Изд-во Ленанд, серия: физико-математическое наследие, 2020. — 272 с.

11. Давыденко Д.Ф. Об одном новом методе численного решения систем нелинейных уравнений // Докл. АН СССР. — 1953. Т. 83, № 4. — С.601-602.

12. Канторович Л.В., Крылов В.И. Приближенные методы высшего анализа. — 5-е изд. М.-Л.: Физматлит, 1962. — 708 с.

13. Метод конечных элементов в механике твердых тел / А.С. Сахаров,

viscoelastic plate carrying concentrated masses, taking into account the physical nonlinearity of the material. Part 1. Mathematical model, solution method and computational algorithm. BULLETIN of the Perm National Research Polytechnic University/Bulletin of PNRPU. Mechanics, № 2, 2019. - P. 143-153.

7. Stankevich I.V., Volkov S.S. Algorithms for solving boundary value problems of MDTT taking into account creep deformation // Mathematics and mathematical modeling. 2018. № 01. Non-profit partnership "National Electronic Information Consortium". — P. 1–14.

8. Sheshenin S.V., Yikun Du, Chistyakov P.V. Modeling of rubber-cord layers under quasi-static loading / Materials of the XXX All-Russian School-Conference. Mathematical modeling in natural sciences. Limited Liability Company "Digital Solutions". Perm, 2021. - P. 33-35.

9. Kislitsyn V.D., Svistkov A.L., Mokhireva K.A., Shadrin V.V. Description of the behavior of viscoelastic materials within the framework of a new thermodynamic model. / Materials of the XXX All-Russian School-Conference. Mathematical modeling in natural sciences. Limited Liability Company "Digital Solutions". Perm, 2021. - P. 268-270.

10. Ilyushin A.A. Plasticity // Fundamentals of general mathematical theory. — Moscow: Lenand Publishing House, series: physical and mathematical heritage, 2020. — 272 p.

11. Davydenko D.F. On one new method for numerical solution of systems of nonlinear equations // Reports of the Academy of Sciences of the Union of Soviet Socialist Republics. — 1953. Volume

- В.Н. Кислокий, В.В. Киричевский и др. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1982. – 480 с.
14. Киричевский В.В., Сахаров А.С. Нелинейные задачи термомеханики конструкций из слабосжимаемых эластомеров. – К.: Будівельник, 1992. – 216 с.
15. Дохняк Б.М., Киричевский В.В. Реализация алгоритмов решения трехмерных задач вязкоупругости эластомеров методом конечных элементов // Сопротивление материалов и теория сооружений. – 1987. – Вып. 50. – С. 42-47.
16. Киричевский В.В., Шилан Н.Н., Дохняк Б.М. Алгоритмы исследования нелинейных деформаций конструкций из вязкоупругих эластомеров при различных законах состояния МКЭ / V Всесоюзная конференция «Методы расчета изделий из высокоэластичных материалов» (Рига, февраль 1989 г.): Тез. Докл. – Рига: РПИ, 1989. С. 84-85.
17. Киричевский В.В., Дохняк Б.М., Высоцкая Н.Д. Исследование алгоритмов решения нелинейных задач вязкоупругости. – В кн.: Материалы отчетной научно-технической конференции сотрудников ЛСХИ по итогам 1992 г. Луганск, 1993. – с. 94.
18. Киричевский В.В., Дохняк Б.М., Высоцкая Н.Д. Решение задач вязкоупругости с учётом нелинейных свойств эластомерных материалов. – Сборник научных трудов молодых ученых ЛСХИ / Луганский с/х ин-т. – Луганск, 1994. – С. 61-68.
19. Высоцкая Н.Д., Красовский В.В. Линеаризация нелинейных уравнений вязкоупругости для эластомеров, № 4. – P.601-602.
12. Kantorovich L.V., Krylov V.I. Approximate methods of higher analysis. – 5th edition Moscow-Leningrad: Fizmatlit, 1962. – 708 p.
13. Finite element method in solid body mechanics / A.S. Sakharov, V.N. Kislookiy, V.V. Kirichevsky and others - Kyiv: High School Main Publishing House, 1982. - 480 p.
14. Kirichevsky V.V., Sakharov A.S. Nonlinear problems of thermomechanics of structures made of weakly compressible elastomers. – Kyiv: Builder, 1992. – 216 p.
15. Dokhnyak B.M., Kirichevsky V.V. Implementation of algorithms for solving three-dimensional problems of viscoelasticity of elastomers using the finite element method // Strength of materials and theory of structures. – 1987. – Issue 50. – P. 42-47.
16. Kirichevsky V.V., Shilan N.N., Dokhnyak B.M. Algorithms for studying nonlinear deformations of structures made of viscoelastic elastomers under various laws of state Finite Element Method / V All-Union Conference “Methods for calculating products from highly elastic materials” (Riga, February 1989): Abstracts of Reports - Riga: Riga Polytechnic Institute, 1989. P. 84 -85.
17. Kirichevsky V.V., Dokhnyak B.M., Vysotskaya N.D. Study of algorithms for solving nonlinear viscoelasticity problems. – In the book: Materials of the reporting scientific and technical conference of employees of the Lugansk Agricultural Institute based on the results of 1992. Lugansk, 1993. – p. 94.
18. Kirichevsky V.V., Dokhnyak B.M., Vysotskaya N.D. Solving viscoelasticity problems taking into account the nonlinear

ров // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды – Симферополь : ФГА-ОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 2022. № 32 (195) – С. 88-95.

20. Киричевский В.В., Дохняк Б.М., Высоцкая Н.Д. МКЭ для расчета нелинейных вязкоупругих тел в трехмерной постановке / Луганский с.х. ин-т. – Луганск, 1996. – 39 с. – Деп. в Укр НИИТИ 24.10.95 № 2120 – Ук96.

21. Гонца В.Ф. Влияние слабой сжимаемости на решение задач теории упругости для несжимаемых материалов // Вопросы динамики и прочности. – 1970. – Вып. 20. – С. 181-193.

22. Богачкова Л.Ю. Некоторые задачи о больших деформациях высокоэластичного изотропного несжимаемого материала / Ростовский гос. ун-т. – Ростов-на-Дону, 1983. – Деп. в ВИНТИ 24.03.83, № 2013-83.

properties of elastomeric materials. – Collection of scientific works of young scientists of the Lugansk Agricultural Institute / Lugansk Agricultural Institute. – Lugansk, 1994. – P. 61-68.

19. Vysotskaya N.D., Krasovsky V.V. Linearization of nonlinear viscoelasticity equations for elastomers // News of Agricultural Science of Tavrida - Simferopol: federal state autonomous educational institution of higher education "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", 2022. № 32 (195) – P. 88-95.

20. Kirichevsky V.V., Dokhnyak B.M., Vysotskaya N.D. FEM for calculating nonlinear viscoelastic bodies in three-dimensional formulation / Lugansk Agricultural Institute. – Lugansk, 1996. – 39 p. – Deposited at the Ukrainian Research Institute of Scientific and Technical Information and Technical and Economic Research 24.10.96 № 2120 – UK96.

21. Gontsa V.F. The influence of weak compressibility on the solution of problems in the theory of elasticity for incompressible materials // Questions of dynamics and strength. – 1970. – Issue 20. – P. 181-193.

22. Bogachkova L.Yu. Some problems on large deformations of highly elastic isotropic incompressible material / Rostov State University. – Rostov-on-Don, 1983. – Deposited at the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information 03.24.83, No. 2013-83.

Сведения об авторах:

Высоцкая Наталия Дмитриевна – кандидат технических наук, доцент кафедры общетехнических

Information about the authors:

Vysotskaya Natalia Dmitrievna – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department

дисциплин института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: natali.v-v@mail.ru, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Шабанов Николай Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: schabanovn@mail.ru, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

of General Technical Disciplines of the Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: natali.v-v@mail.ru, Institute "Agrotechnological Academy" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

Shabanov Nikolay Petrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness of the Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: schabanovn@mail.ru, Institute "Agrotechnological Academy" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

УДК 637.133.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ
КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ
СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ
МОЛОКА НА ВЯЗКОСТЬ КАК
ПАРАМЕТРА ОПТИМИЗАЦИИ
МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ**

Носова Е.В., аспирант;

Гербер Ю.Б., доктор технических наук, профессор;

Гаврилов А.В., кандидат технических наук, доцент;

Поротова Е.Ю., кандидат технических наук, Институт «Агротехнологическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского».

Каледина М.В., кандидат технических наук, доцент кафедры, ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина».

**INVESTIGATION OF THE
COMPLEX EFFECT OF
MILK COMPOSITION AND
TEMPERATURE ON VISCOSITY
AS A PARAMETER FOR
OPTIMIZING MECHANICAL
PROCESSING**

Nosova E.V., postgraduate student;

Gerber Y.B., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Gavrilov A.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Porotova E.Yu., Candidate of Technical Sciences, Institute "Agrotechnological Academy", FSEI HE "V. I. Vernadsky Crimean Federal University".

Kaledina M.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department, FSBEI HE "Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin".

Вязкость молока важна при его механической обработке, такой как перемешивание, сепарирование и гомогенизация. Цель работы: изучение комплексного влияния массовой доли жира, белка и температуры на вязкость модельных молочных смесей как основного параметра оптимизации при механической обработке молока. Изучали модельные молочные системы с массовой долей жира от 0,5 до 5,5% с шагом 1,0, массовой долей белка от 2,8 до 4% с шагом 0,2. Показано, что вязкость молока и молочных продуктов зависит от температуры, а также от содержания и дисперсности коллоидных компонентов. Понижение тем-

The viscosity of milk is important in its mechanical processing, such as mixing, separation, homogenization and pasteurization. The greatest influence on the viscosity of milk is exerted by: temperature, fat and protein content. The purpose of the work is to study the complex effect of the mass fraction of fat, protein and temperature on the viscosity of model milk mixtures as the main optimization parameter in the mechanical processing of milk. We studied model dairy systems with a fat mass fraction from 0.5 to 5.5% in increments of 1.0, and a protein mass fraction from 2.8 to 4% in increments of 0.2. The viscosity of milk and dairy products depends on

температуры повышает вязкость за счет увеличения объема казеиновой мицеллы, в то время как при температуре выше 65°C вязкость увеличивается из-за денатурации сывороточных белков. Охлажденное сырое молоко и сливки проявляют неньютоновское поведение, где вязкость зависит от скорости сдвига. Дальнейшие исследования показали, что содержание жира имеет большее влияние при оценке совместного влияния жира и белка на вязкость молочных систем. Изменение значения показателя вязкости при максимальном содержании белка в модельных молочных системах с м.д.ж. 0,5% составило на 17,9% больше, чем при массовой доле белка 2,8%. Тогда как при минимальном содержании белка разница в значениях вязкости от самой низкожирной смеси до молочных смесей 5,5% жирности составило 13%. А в высокобелковой модельной молочной системе 11%. Функционально зависимость вязкости от жира можно представить в виде квадратичной зависимости, тогда как повышение содержания белка до 4% приводит к линейному увеличению вязкости. При оценке комплексного влияния температуры и макрокомпонентов молока установлено, что влияние процентного содержания жира на вязкость гораздо сильнее при низкой температуре. При массовой доли жира в смеси 0,5% и температуре 5 °C вязкость составила $2,829 \times 10^3$ Па·с, тогда как при содержании жира 5,5% при той же температуре составила $3,338 \times 10^3$ Па·с, т.е. на 18% выше. При температуре 40 °C вязкость низкожирной смеси составила $1,024 \times 10^3$ Па·с, при содержании жира 5,5% -

temperature, as well as on the content and dispersion of colloidal components. Lowering the temperature increases the viscosity by increasing the volume of the casein micelle, while at temperatures above 80 °C the viscosity increases due to the denaturation of whey proteins. Chilled raw milk and cream exhibit non-Newtonian behavior, where viscosity depends on the shear rate. During stirring, partial adhesion of fat globules may occur, which increases the viscosity. The difference in viscosity between a 5% lactose solution and skimmed milk indicates the role of milk proteins. The tendency for milk viscosity to increase when heated to the point of protein denaturation means that conditions and processing affecting casein stability play an important role. Studies have shown that fat content has a greater impact in assessing the complex effect of fat and protein on the viscosity of dairy systems. Functionally, the dependence of viscosity on fat can be represented as a quadratic dependence, whereas an increase in protein content to 4% leads to a linear increase in viscosity. With an increase in temperature, the viscosity of milk decreases, but after 40 °C, the intensity of the decrease in viscosity decreases, while the degree of influence of protein and fat becomes almost equivalent. Thus, the selection of optimal processing parameters can help predict the effect of milk viscosity on its processing to obtain a high-quality final product.

$1,113 \times 10^3$ Па·с, что выше только на 10%. А при 80 °С разница составила 4,5%. При повышении температуры вязкость молока снижается, однако после 40 °С интенсивность снижения вязкости уменьшается, при этом степень влияния белка и жира становится практически равнозначимой. Таким образом, подбор оптимальных параметров обработки может помочь прогнозировать влияние вязкости молока на его технологическую обработку для получения качественного конечного продукта.

Ключевые слова: модельные молочные системы, вязкость, жир молока, белок молока, температура

Keywords: model milk systems, viscosity, milk fat, milk protein, temperature

Введение. Вязкость молока - это важный физический параметр, который определяет способность молока к течению и его сопротивление деформации. Вязкость молока зависит от вязкости воды и добавленной вязкости диспергированной фазы и структурных связей [1]. Эмульгированные и коллоидно-растворимые частицы (такие как жир и казеин), состояние сывороточных белков, технологические режимы обработки молока и другие факторы влияют на вязкость молока [2].

Высокая вязкость молока может свидетельствовать о высоком содержании сухих веществ. Одним из ключевых факторов, влияющих на вязкость молока, является содержание жира. Жирные капли в молоке могут создавать препятствие для течения, вызывая увеличение вязкости [3-5]. Это может быть важно для процессов переработки молока, таких как гомогенизация, при которой жир должен быть равномерно распределен в продукте. Высокая вязкость может приводить к более энергозатратному процессу и повышенному износу оборудования. Процесс гомогенизации можно контролировать, автоматизировать и оптимизировать по величине вязкости. Для этого необходимо знать максимальное значение вязкости в точке оптимальной дисперсности жировых шариков.

Температура так же оказывает влияние на вязкость молока. Повышение температуры обычно приводит к снижению вязкости, поскольку молекулы веществ начинают двигаться быстрее и легче скользят друг по другу. Это следует учитывать в процессах нагревания и охлаждения молока при его переработке [6-8].

Белок играет важную роль в определении вязкости молока и его поведении во время технологических процессов. Содержание белка в молоке оказывает прямое влияние на вязкость и консистенцию продукта. Белок в молоке представлен преимущественно казеином и сывороточными белками, которые влия-

ют на физические свойства молочных продуктов [9].

Казеин, основной белок молока, имеет тенденцию к агрегации и образованию сгустков, что может увеличить вязкость молока. Этот процесс становится ярко выраженным при изменении pH. Коагуляция казеина приводит к образованию пространственной коагуляционно-конденсационной структуры, обладающей нелинейно-пластичными свойствами [10].

Сывороточные белки, в свою очередь, могут оказывать различное влияние на вязкость молока в зависимости от их состава и концентрации. Например, белок β -лактоглобулин может повысить вязкость молока, особенно при нагревании, что может оказать влияние на процессы пастеризации и устойчивость молока к изменению температуры [11-13].

Высокое содержание белка увеличивает вязкость молока, что может оказать влияние на его поведение в процессах технологической обработки, особенно гомогенизации.

Контроль вязкости молока является важным аспектом в производстве молочных продуктов. Он позволяет сохранить оптимальные условия для процессов сепарирования, гомогенизации, пастеризации и других технологических операций [14,15]. Регулирование вязкости также важно для обеспечения качества конечной продукции и эффективности производственных процессов.

Цель работы: изучение комплексного влияния массовой доли жира, белка и температуры на вязкость модельных молочных смесей как основного параметра оптимизации при механической обработке молока.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в 2022-2023 году. Модельные молочные системы составляли статичным методом используя цельное, обезжиренное молоко и сливки. Компоненты нормализации получали из одного и того же цельного молока путем сепарирования на лабораторном сепараторе Сибирь-3. Для нормализации по белку в смеси вводили расчётное количество сухого концентрата натурального казеина. Активная кислотность образцов находилась в пределах нормы и составляла 6,6-6,7 ед. Масовая доля жира составляла от 0,5 до 5,5% с шагом 1,0, массовая доля белка составляла от 2,8 до 4% с шагом 0,2. Молочные смеси подвергались термической обработке при 76 °C с выдержкой 20 секунд и охлаждали. Вязкость измеряли вискозиметрическим методом по ГОСТ Р 55298-2012, вискозиметр Оствальда с диаметром капилляра 0,95мм. Расчет вязкости осуществляли с использованием формулы Ж. Пуазейля [15]. Химический состав модельных молочных смесей (жир, белок, СОМО) определяли по общепринятым ГОСТовским методам [12]:

- ГОСТ 5867-90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира;

- ГОСТ 25179-2014. Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка

- ГОСТ Р 54761-2011. Молоко и молочная продукция. Методы определения массовой доли сухого обезжиренного молочного остатка.

Результаты и их обсуждение. Влияние температуры на вязкость цельного

и обезжиренного молока в сравнении с различными другими жидкостями приведено в таблице 1.

Таблица 1. Вязкость молочного сырья при различных температурах

Температура, °С	Вязкость, $\times 10^3$ Па·с			
	Молоко с м.д.ж. 3,8%, Б=3,3%	Молоко обезжиренное с м.д.ж 0,05%, Б=3,3%	5% раствор лактозы	Вода питьевая
5	3,254 $\pm$ 0,01	2,96 $\pm$ 0,01	1,76 $\pm$ 0,01	1,519 $\pm$ 0,01
10	2,809 $\pm$ 0,01	2,47 $\pm$ 0,01	1,5 $\pm$ 0,01	1,308 $\pm$ 0,01
15	2,463 $\pm$ 0,01	2,10 $\pm$ 0,01	1,28 $\pm$ 0,01	1,140 $\pm$ 0,01
20	2,127 $\pm$ 0,01	1,79 $\pm$ 0,01	1,15 $\pm$ 0,01	1,005 $\pm$ 0,01
25	1,857 $\pm$ 0,01	1,54 $\pm$ 0,01	1,03 $\pm$ 0,01	0,894 $\pm$ 0,01
30	1,640 $\pm$ 0,01	1,33 $\pm$ 0,01	0,91 $\pm$ 0,01	0,794 $\pm$ 0,01
35	1,630 $\pm$ 0,01	1,17 $\pm$ 0,01	0,84 $\pm$ 0,01	0,723 $\pm$ 0,01
40	1,615 $\pm$ 0,01	1,04 $\pm$ 0,01	0,74 $\pm$ 0,01	0,656 $\pm$ 0,01

Вязкость молока и молочных продуктов зависит от температуры, а также от количества и степени дисперсности коллоидных компонентов. Снижение температуры увеличивает вязкость из-за увеличения объема казеиновой мицеллы, а при температуре выше 65°C увеличивается вязкость из-за денатурации сывороточных белков. Охлажденное сырое молоко и сливки демонстрируют неньютоновское поведение, при котором вязкость зависит от скорости сдвига. Перемешивание может вызвать частичное слипание жировых шариков (частичное взбивание), что повышает значение вязкости. Жировые шарики, подвергшиеся холодной агглютинации, могут диспергироваться при перемешивании, что приводит к снижению вязкости.

Вязкость 5%-ного раствора лактозы при равной температуре ненамного превышает вязкость воды, тогда как обезжиренное молоко обладает заметной большей величиной вязкости, приближающейся к вязкости цельного молока. Разница в вязкости между 5%-ным содержанием лактозы и обезжиренным молоком указывает на роль молочных белков. В отличие от казеина лактоза, сывороточные белки и молочные соли вносят относительно небольшой вклад в вязкость молока. Хорошо заметна тенденция снижения интенсивности изменения вязкости молока при нагревании по мере приближения к точке денатурации белков. Поэтому условия и обработка, которые влияют на стабильность казеина, очень важны. Кислотность, солевой баланс, термическая обработка и действие различных ферментов и бактерий – это только некоторые из факторов, влияющих на стабильность казеина.

Далее в работе изучено комплексное влияние массовой доли белка и массовой доли жира на вязкость молока при 20 °С. В модельных молочных системах массовая доля жира составляла от 0,5 до 6%, массовая доля белка регулировалась по средствам внесения сухого концентрата натурального казеина и составляла от 2,8 до 4,0%.

Результаты экспериментальных данных представлены в таблице 2. Графическая зависимость в виде поверхности отклика зависимости вязкости модельных молочных смесей от содержания белка и жира представлена на рисунке 1.

Таблица 2. Влияние содержания белка и жира на динамическую вязкость молока (μ) при 20 °C (n=3, P>95%)

Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	СОМО, %	Динамическая вязкость, μ $\text{ср} \times 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$
1	2	3	4
0,5 $\pm$ 0,05	2,8 $\pm$ 0,01	8,35 $\pm$ 0,01	1,753 $\pm$ 0,01
0,5 $\pm$ 0,05	3,0 $\pm$ 0,01	8,55 $\pm$ 0,01	1,805 $\pm$ 0,01
0,5 $\pm$ 0,05	3,2 $\pm$ 0,01	8,85 $\pm$ 0,01	1,859 $\pm$ 0,01
0,5 $\pm$ 0,05	3,4 $\pm$ 0,01	9,15 $\pm$ 0,01	1,911 $\pm$ 0,01
0,5 $\pm$ 0,05	3,6 $\pm$ 0,01	9,6 $\pm$ 0,01	1,963 $\pm$ 0,01
0,5 $\pm$ 0,05	3,8 $\pm$ 0,01	9,85 $\pm$ 0,01	2,024 $\pm$ 0,01
0,5 $\pm$ 0,05	4,0 $\pm$ 0,01	10,5 $\pm$ 0,01	2,067 $\pm$ 0,01
1,5 $\pm$ 0,05	2,8 $\pm$ 0,01	8,25 $\pm$ 0,01	1,776 $\pm$ 0,01
1,5 $\pm$ 0,05	3,0 $\pm$ 0,01	8,45 $\pm$ 0,01	1,829 $\pm$ 0,01
1,5 $\pm$ 0,05	3,2 $\pm$ 0,01	8,75 $\pm$ 0,01	1,882 $\pm$ 0,01
1,5 $\pm$ 0,05	3,4 $\pm$ 0,01	9,25 $\pm$ 0,01	1,934 $\pm$ 0,01
1,5 $\pm$ 0,05	3,6 $\pm$ 0,01	9,75 $\pm$ 0,01	1,986 $\pm$ 0,01
1,5 $\pm$ 0,05	3,8 $\pm$ 0,01	9,95 $\pm$ 0,01	2,047 $\pm$ 0,01
1,5 $\pm$ 0,05	4,0 $\pm$ 0,01	10,55 $\pm$ 0,01	2,090 $\pm$ 0,01
2,5 $\pm$ 0,05	2,8 $\pm$ 0,01	8,25 $\pm$ 0,01	1,799 $\pm$ 0,01
2,5 $\pm$ 0,05	3,0 $\pm$ 0,01	8,35 $\pm$ 0,01	1,850 $\pm$ 0,01
2,5 $\pm$ 0,05	3,2 $\pm$ 0,01	8,75 $\pm$ 0,01	1,902 $\pm$ 0,01
2,5 $\pm$ 0,05	3,4 $\pm$ 0,01	9,1 $\pm$ 0,01	1,954 $\pm$ 0,01
2,5 $\pm$ 0,05	3,6 $\pm$ 0,01	9,6 $\pm$ 0,01	2,004 $\pm$ 0,01
2,5 $\pm$ 0,05	3,8 $\pm$ 0,01	10,1 $\pm$ 0,01	2,055 $\pm$ 0,01
2,5 $\pm$ 0,05	4,0 $\pm$ 0,01	10,45 $\pm$ 0,01	2,115 $\pm$ 0,01
3,5 $\pm$ 0,05	2,8 $\pm$ 0,01	8,25 $\pm$ 0,01	1,827 $\pm$ 0,01
3,5 $\pm$ 0,05	3,0 $\pm$ 0,01	8,5 $\pm$ 0,01	1,878 $\pm$ 0,01
3,5 $\pm$ 0,05	3,2 $\pm$ 0,01	8,75 $\pm$ 0,01	1,946 $\pm$ 0,01
3,5 $\pm$ 0,05	3,4 $\pm$ 0,01	9,1 $\pm$ 0,01	1,998 $\pm$ 0,01
3,5 $\pm$ 0,05	3,6 $\pm$ 0,01	9,55 $\pm$ 0,01	2,032 $\pm$ 0,01
3,5 $\pm$ 0,05	3,8 $\pm$ 0,01	9,87 $\pm$ 0,01	2,084 $\pm$ 0,01
3,5 $\pm$ 0,05	4,0 $\pm$ 0,01	10,4 $\pm$ 0,01	2,140 $\pm$ 0,01

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4
4,5±0,05	2,8±0,01	8,15±0,01	1,910±0,01
4,5±0,05	3,0±0,01	8,45±0,01	1,962±0,01
4,5±0,05	3,2±0,01	8,75±0,01	2,030±0,01
4,5±0,05	3,4±0,01	9,15±0,01	2,081±0,01
4,5±0,05	3,6±0,01	9,65±0,01	2,116±0,01
4,5±0,05	3,8±0,01	9,95±0,01	2,167±0,01
4,5±0,05	4,0±0,01	10,55±0,01	2,224±0,01
5,5±0,05	2,8±0,01	8,15±0,01	1,994±0,01
5,5±0,05	3,0±0,01	8,35±0,01	2,045±0,01
5,5±0,05	3,2±0,01	8,65±0,01	2,118±0,01
5,5±0,05	3,4±0,01	8,85±0,01	2,169±0,01
5,5±0,05	3,6±0,01	9,5±0,01	2,206±0,01
5,5±0,05	3,8±0,01	9,8±0,01	2,258±0,01
5,5±0,05	4,0±0,01	10,35±0,01	2,309±0,01

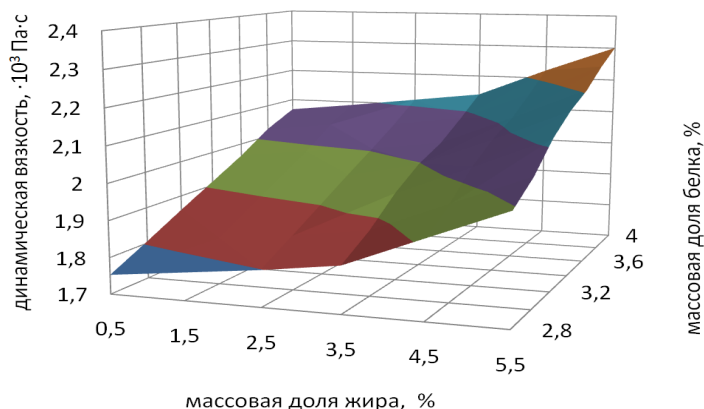


Рисунок 1. Изменение динамической вязкости молока в зависимости от содержания белка и жира при 20 °С

Повышение содержание жира и белка в молочных системах напрямую влияют и на повышение вязкости. Изменение значения показателя вязкости при максимальном содержании белка в модельных молочных системах с м.д.ж. 0,5% составило на 17,9% больше, чем при массовой доле белка 2,8%. Тогда как при минимальном содержании белка разница в значениях вязкости от самой низкожирной смеси до молочных смесей 5,5% жирности составило 13%. А в высокобелковой модельной молочной системе 11%. Анализируя данные можно сделать вывод, что изменение показателя вязкости от массовой доли жира молока подчиняется квадратичной зависимости, тогда как изменение вязко-

сти от белка носит прямолинейную зависимость. В.Д. Косой и Н.И. Дунченко предлагают следующую функциональную зависимость вязкости от комплексного содержания белка и жира в молоке при температуре 20 °С [8,10]:

$$\mu = a \cdot Ж^2 + b \cdot Б + c \quad (1)$$

где $Ж$ – массовая доля жира молока, %

$Б$ – массовая доля белка молока, %

a, b, c – эмпирические коэффициенты

Однако в комплексе необходимо было оценить изменение вязкости сложных систем в зависимости от температуры и массовой доли белка, температуры и массовой доли жира (рисунок 2). В первом варианте массовая доля жира в модельной молочной системе была равной 0,5%, во втором случае при изменении содержания жира белок оставался на уровне 2,8%.

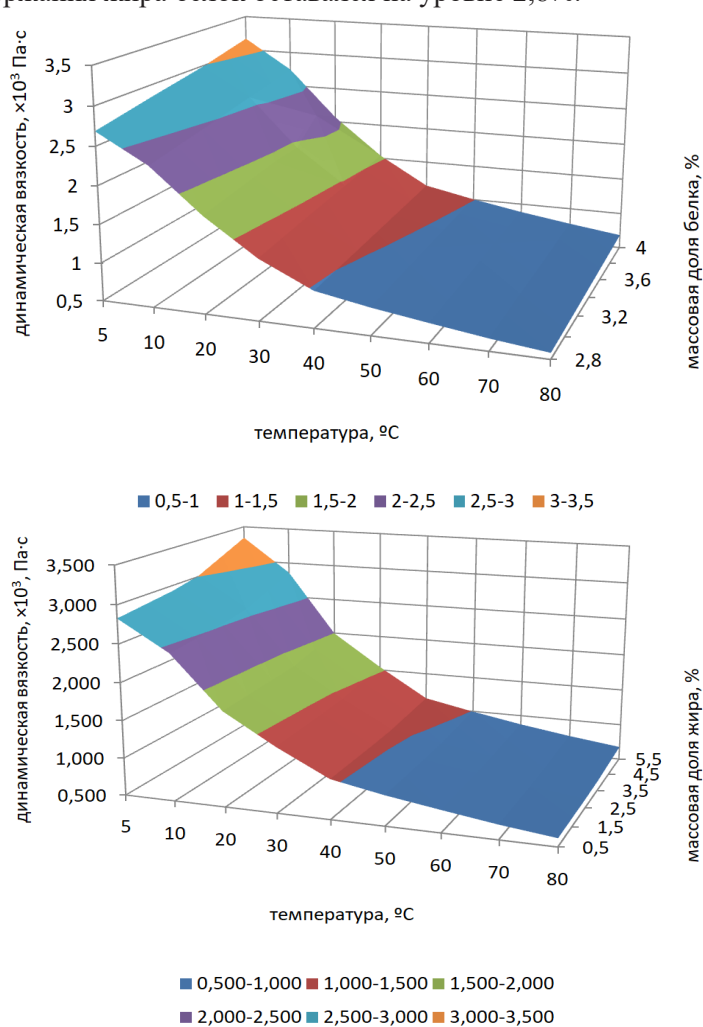


Рисунок 2. Влияние температуры и массовой доли белка (А) и температуры и массовой доли жира (Б) на вязкость молока

Согласно полученным результатам можно отметить следующее. С повышением температуры вязкость закономерно снижается как для низкожирных модельных систем с различным уровнем белка, так и для молока с низким уровнем белка и различным содержанием жира. Это объясняется тем, что вязкость жидкости зависит от межмолекулярных сил, которые ограничивают движение молекул. Эти силы зависят от межмолекулярных расстояний, которые определяют свободный объем, и на них влияют изменения температуры. С повышением температуры увеличиваются межмолекулярные расстояния и, следовательно, вязкость уменьшается. Стоит отметить, что влияние процентного содержания жира на вязкость гораздо сильнее при низкой температуре. При массовой доли жира в смеси 0,5% и температуре 5 °С вязкость составила $2,829 \times 10^3$ Па·с, тогда как при содержании жира 5,5% при той же температуре составила $3,338 \times 10^3$ Па·с, т.е. на 18% выше. При температуре 40 °С вязкость низкожирной смеси составила $1,024 \times 10^3$ Па·с, при содержании жира 5,5% - $1,113 \times 10^3$ Па·с, что выше только на 10%. А при 80 °С разница составила 4,5%.

На рисунке 3 представлена графическая зависимость изменения вязкости от температуры в крайних состояниях модельных систем.

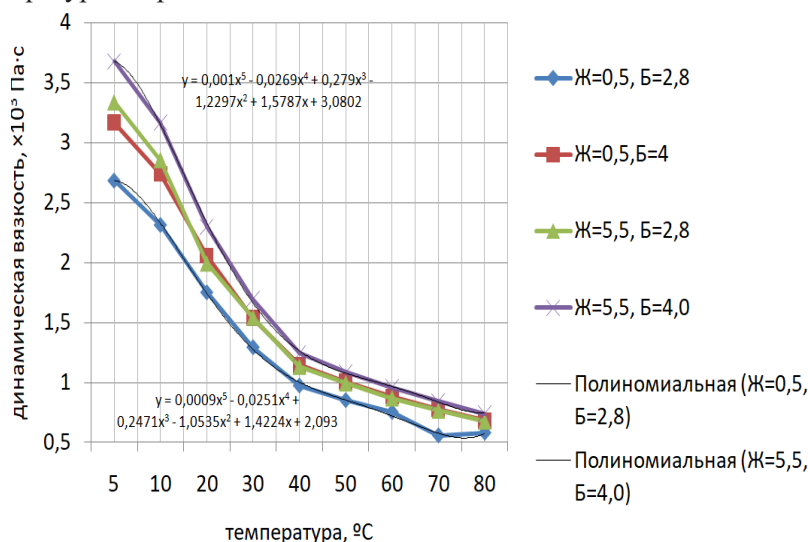


Рисунок 3. Изменение динамической вязкости в молочных модельных системах

Из представленных на рисунке 3 графиках видно, что наиболее интенсивно снижается вязкость в зоне температур от 5 до 40 °С как и для систем с низким содержанием жира и белка, так и для молока с высоким содержанием жира и белка. Сами зависимости можно представить в виде полиномиальных функций со степенью 5. Можно отметить, что ключевой точкой, после которой интенсивность изменения вязкости для всех модельных систем практически сводилась к минимальным значениям - температура 40 °С.

Математическая зависимость температуры и массовой доли макрокомпо-

нентов молока, таким образом, может быть выражена следующим уравнением:

$$\ln \mu = \frac{10}{T} + 0,1 \cdot Ж + 0,04 \cdot Б - 8,9 \quad (2)$$

где $Ж$ – массовая доля жира молока, %

$Б$ – массовая доля белка молока, %

T – температура, °C

На рисунке 4 представлены зависимости изменение вязкости от массовой доли жира и белка при температуре 40 °C в процентах относительно модельной молочной системы с самым низким содержания белка и жира ($Ж=0,5\%$, $Б=2,8\%$).

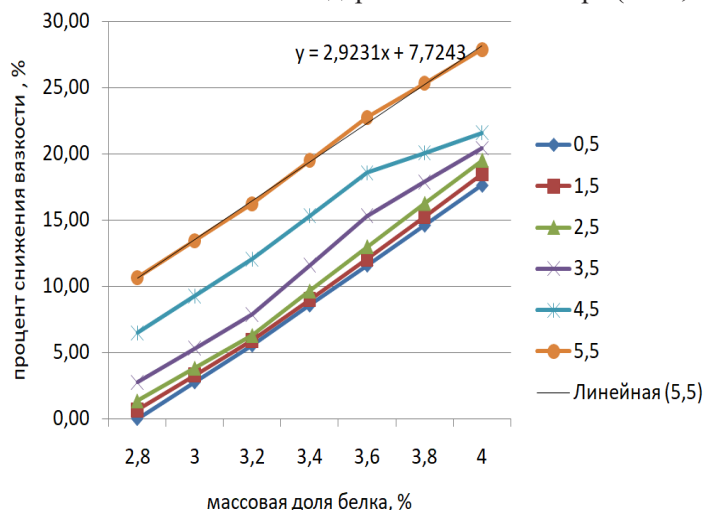


Рисунок 4. Изменение вязкости модельных молочных систем относительно молока с массовой долей белка 2,8% и массовой долей жира 0,5% при температуре 40 °C.

Можно отметить, что при температуре 40 °C изменение вязкости молока с содержанием жира от 0,5 до 2,5% относительно первичного значения практически в рамках погрешности и содержание белка не влияет на этот показатель. При содержании жира более 3,5% его доля является более значимым фактором для снижения вязкости при данной температуре, но имеет такую же характерную линейную зависимость.

Выводы. Вязкость молока играет важную роль при его механической обработке. В процессе перемешивания, сепарирования, гомогенизации или пастеризации молока вязкость определяет его способность к образованию эмульсии, эффективность разделения и распределения составных частей, равномерность распределения тепла. Высокая вязкость молока может затруднить его перемешивание и обработку, что может привести к неоднородности продукта или ухудшению его качества. С другой стороны, низкая вязкость может привести к потере структуры и текстуры продукта. Поэтому контроль за вязкостью молока важен для обеспечения эффективной механической обработки и получения качественного конечного продукта. В зависимости от конкретного процесса и целей производства, может потребоваться регулировка температуры и других

параметров обработки для достижения оптимальной вязкости молока.

Наиболее значимые факторы, оказывающие влияние на вязкость молока – температура, содержания жира и белка. Согласно полученным результатам массовая доля жира имеет большее значение при комплексной оценке влияния массовой доли жира и белка на вязкость молока и носит квадратичную зависимость. С повышением содержания белка до 4% вязкость возрастает линейно и при повышении температуры практически не оказывает влияние на интенсивность снижения вязкости. Интенсивность снижения вязкости после 40 °С значительно снижается, а степень влияния казеина и жира на вязкость модельных молочных систем становится практически одинаковой. Значение вязкости молока с содержанием жира от 0,5 до 2,5% в данной температуре практически сопоставимы и изменение содержания белка существо не влияло на этот показатель, однако процент снижения вязкости относительно молочной системы с минимальным содержанием жира и белка в данном случае напрямую зависел от массовой доли белка в системе.

Список использованных источников

1. Пискун В.И., Ходарев В.Я. Физико-химические свойства молока и его вязкость//Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. 2015. № 114. С. 119-124.
2. Бабарико А.А., Логунова Э.В., Ан М.Е. Исследование зависимости плотности и вязкости молока от температуры//В сборнике: Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, "цифра", окружающая среда (AgroProd 2021). Материалы международной научно-практической конференции. Омск, 2021. С. 423-428.
3. Васюкова А. Т., Кривошонов К. В., Алексеев А. Е., Мошкин А. В., Талби М. Влияние вида жидкости на вязкость суспензии // Вестник Мариупольского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2022. Т. 8. № 1. С. 9–18. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-1-9-18>
4. Гербер Ю. Б., Гаврилов А.В.

Reference

1. Piskun V.I., Khodarev V.Ya. Physico-chemical properties of milk and its viscosity//Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Husbandry of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. 2015. No. 114. pp. 119-124.
2. Babariko A.A., Logunova E.V., An M.E. Investigation of the dependence of milk density and viscosity on temperature//In the collection: Promising technologies in agricultural production: man, "digit", environment (AgroProd 2021). Materials of the international scientific and practical conference. Omsk, 2021. pp. 423-428.
3. Vasyukova A. T., Krivoshonok K. V., Alekseev A. E., Moshkin A.V., Talbi M. Influence of the type of liquid on the viscosity of the suspension // Bulletin of the Mari State University. The series "Agricultural sciences. Economic Sciences". 2022. Vol. 8. No. 1. pp. 9-18. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-1-9-18>

Обоснование параметров механической обработки молока при производстве кисломолочных продуктов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 3. – С. 375–382. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-375-382>.

5. Горбатова К.К., Гунькова П.И. Химия и физика молока и молочных продуктов. Санкт-Петербург, 2012. – с.336

6. Евдокимов А.А., Логунова Э.В. Исследование плотности и вязкости молока//В сборнике: Каталог научных и инновационных разработок ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. сборник материалов по итогам научно-исследовательской деятельности. Сер. "Техническая и естественнонаучная составляющие развития АПК" Омск, 2021. С. 170-171. CAPRITA, RODICA & Caprita, Adrian & Bencsik, I & Iuliana, Cretescu. (2003). The Influence of Milk Protein Content on the Surface Tension and Viscosity. Acta Veterinaria Scandinavica. 44. 10.1186/1751-0147-44-S1-P86.

7. Vliet, T.V., & Walstra, P. (1980). Relationship between viscosity and fat content of milk and cream. Journal of Texture Studies, 11, 65-68.

8. Косой В.Д., Меркулов М.Ю., Юдина С.Б. Вязкость молока в зависимости от температуры и состава// Молочная промышленность. 2003. № 5. С. 64-65.

9. Manderson, G.A., Hardman, M.J. and Creamer, L.K. (1998) Effect of heat treatment on the conformation and aggregation of β -lactoglobulin A, B, and C. J. Agric. Food Chem., 46, 5052–61.

10. Косой В.Д., Меркулов М.Ю.

4. Gerber Yu. B., Gavrilov A.V. Substantiation of parameters of mechanical processing of milk in the production of fermented milk products // Technique and technology of food production. – 2019. – Vol. 49, No. 3. – pp. 375-382. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-375-382>.

5. Gorbatoва K.K., Gunkova P.I. Chemistry and physics of milk and dairy products. St. Petersburg, 2012. – p.336

6. Evdokimov A.A., Logunova E.V. Investigation of milk density and viscosity//In the collection: Catalog of scientific and innovative developments of the Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. collection of materials based on the results of research activities. Ser. "Technical and natural science components of the development of agriculture" Omsk, 2021. pp. 170-171. CAPRITA, RODICA & Caprita, Adrian & Bencsik, I & Iuliana, Cretescu. (2003). The Influence of Milk Protein Content on the Surface Tension and Viscosity. Acta Veterinaria Scandinavica. 44. 10.1186/1751-0147-44-S1-P86.

7. Vliet, T.V., & Walstra, P. (1980). Relationship between viscosity and fat content of milk and cream. Journal of Texture Studies, 11, 65-68.

8. Kosoy V.D., Merkulov M.Yu., Yudina S.B. Milk viscosity depending on temperature and composition//Dairy industry. 2003. No. 5. pp. 64-65.

9. Manderson, G.A., Hardman, M.J. and Creamer, L.K. (1998) Effect of heat treatment on the conformation and aggregation of β -lactoglobulin A, B, and C. J. Agric. Food Chem., 46, 5052–61.

10. Kosoy V.D., Merkulov M.Yu.

Расчет вязкости молока с различным содержанием жира и белка/Молочная промышленность. 2003. № 4. С. 60-61

11. Мачихин Ю. А. Реометрия пищевого сырья и продуктов – М. :Агропромиздат, 1989. – 223 с

12. Охрименко О.В., Горбатова К.К., Охрименко А.В. Лабораторный практикум по химии и физике молока. Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 260300 - "Технология сырья и продуктов животного происхождения", специальность 260303 -"Технология молока и молочных продуктов" / Санкт-Петербург, 2005. – с.256

13. Сугаров Х.Р., Чеботарев Е.А., Малсугенов А.В. Молоко и его производные как объект центробежного разделения//Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2017. № 4 (61). С. 39-43.

14. Храмов А.Г. Научные основы химии и физики молока//Техника и технология пищевых производств. 2014. № 3 (34). С. 183.

15. Costell, E. and Durán, L. (2000) Sensory and instrumental measures of viscosity, in Trends in Food Engineering, (J.E. Lozano, C. Anon, E. Parada-Arias and G.V. Barbosa-Canovas eds.) M.M. Gongora-Nieto, associate ed., Technomic Publishing Company Inc., Lancaster, Pennsylvania, pp. 53–64.

Calculation of viscosity of milk with different fat and protein content /Dairy industry. 2003. No. 4. pp. 60-61

11. Machikhin Yu. A. Rheometry of food raw materials and products – M. :Agropromizdat, 1989. – 223 p.

12. Okhrymenko O.V., Gorbatoва K.K., Okhrymenko A.V. Laboratory workshop on chemistry and physics of milk. Textbook for students studying in the direction 260300 - "Technology of raw materials and animal products", specialty 260303 - "Technology of milk and dairy products" / St. Petersburg, 2005. – p.256

13. Sugarov H.R., Chebotarev E.A., Malsugenov A.V. Milk and its derivatives as an object of centrifugal separation// Bulletin of the North Caucasus Federal University. 2017. No. 4 (61). pp. 39-43.

14. Khramtsov A.G. Scientific foundations of chemistry and physics of milk//Technique and technology of food production. 2014. No. 3 (34). p. 183.

15. Costell, E. and Durán, L. (2000) Sensory and instrumental measures of viscosity, in Trends in Food Engineering, (J.E. Lozano, C. Anon, E. Parada-Arias and G.V. Barbosa-Canovas eds.) M.M. Gongora-Nieto, associate ed., Technomic Publishing Company Inc., Lancaster, Pennsylvania, pp. 53–64.

Сведения об авторах:

Носова Екатерина Васильевна, аспирант, Институт «Агротехнологическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», e-mail: tehfac@mail.

Information about the authors:

Nosova Ekaterina Vasilievna, graduate student, Institute of Agrotechnological Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe, e-mail:

ru, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное.

Гербер Юрий Борисович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Институт «Агротехнологическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», e-mail: gerber_1961@mail.ru 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное.

Гаврилов Александр Викторович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Институт «Агротехнологическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», e-mail: tehfac@mail.ru, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное.

Поротова Елена Юрьевна, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Институт «Агротехнологическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», e-mail: alenaporotova@gmail.com, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное.

Каледина Марина Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии сырья и продуктов животного происхождения, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, e-mail: Kaledina_MV@bsaa.edu.ru, ул. Вавилова 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503.

tehfac@mail.ru

Yuriy B. Gerber, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Technology and Equipment of Production and Processing of Products of Stock Raising, Institute of Agrotechnological Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia

Alexander V. Gavrilo, Cand.Sci.(Eng.), Associate professor, Associate professor of the Department of Technology and Equipment of Production and Processing of Products of Stock Raising, Institute of Agrotechnological Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia. e-mail: tehfac@mail.ru

Elena Yu. Porotova, Cand.Sci.(Eng.), Associate professor, Associate professor of the Department of Technology and Equipment of Production and Processing of Products of Stock Raising, Institute of Agrotechnological Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia. e-mail: alenaporotova@gmail.com

Marina V. Kaledina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of technology of production and processing of agricultural products of the Belgorod GAU, Vavilova str. 1, p. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, ul. Vavilova 1, Maisky settlement, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: Kaledina_MV@bsaa.edu.ru

УДК 631.349: 681.78

**МЕТОД ЦИФРОВОЙ
ДИАГНОСТИКИ КАЧЕСТВА
ОПРЫСКИВАНИЯ
ВИНОГРАДНИКОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТЕПЛОВИЗОРА**

**THE METHOD OF DIGITAL
DIAGNOSTICS
OF THE QUALITY OF
SPRAYING VINEYARDS
USING A THERMAL
IMAGER**

Завалий А.А., доктор технических наук, доцент;

Воложанинов С.С., кандидат технических наук, доцент, институт «Агро-технологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского».

Zavaliy A.A., Doctor of technical Sciences, Associate Professor;

Volozhaninov S.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University».

Для оценки качества опрыскивания виноградников и других многолетних растений разработан метод цифровой диагностики с использованием тепловизора. Метод определения качества нанесения опрыскивающей жидкости на поверхности растений основан на разности температур сухой поверхности листа и поверхности листа, покрытой водным раствором. Анализ отличия температуры поверхности нанесенных на листья растения капель опрыскивающего раствора и температуры поверхности листьев, а также времени испарения капли с поверхности листа с использованием полуэмпирической вычислительной модели испарения капли показал, что для регистрации покрытия листьев опрыскивающим раствором разрешающая способность измерительного прибора должна быть не более 0,1°C, а сама регистрация должна быть выполнена не позднее 1 минуты с момента нанесения капли на лист. Выполненное с использовани-

To assess the quality of spraying of vineyards and other perennial plants, a digital diagnostic method using a thermal imager has been developed. The method for determining the quality of spraying liquid application on the surface of plants is based on the temperature difference between the dry surface of the leaf and the surface of the leaf coated with an aqueous solution. Analysis of the difference between the surface temperature of spray solution drops applied to the leaves of the plant and the surface temperature of the leaves, as well as the evaporation time of the drop from the leaf surface using a semi-empirical computational model of drop evaporation showed that to register the coating of leaves with a spraying solution, the resolution of the measuring device should be no more than 0.1 °C, and the registration itself should be performed no later than 1 minutes from the moment of applying the drop to the sheet. The determination of the proportion of the coating of the sheet with a spraying

ем тепловизора Testo 882 определение доли покрытия листа опрыскивающим раствором и дисперсности капель на поверхности листа показало возможность определения капель на поверхности листа, диаметр пятна которых составляет менее 1 мм.

Ключевые слова: опрыскивание, диагностика качества, тепловизор, виноградник

solution and the dispersion of droplets on the surface of the sheet performed using the Testo 882 thermal imager showed the possibility of determining droplets on the surface of the sheet with a spot diameter of less than 1 mm.

Keywords: spraying, quality diagnostics, thermal imager, vineyard

Введение. Одним из основных источников потерь сельскохозяйственной продукции являются вредители – патогенные микроорганизмы, фитонематоды, некоторые виды моллюсков, клещи, насекомые. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных наций (ФАО) потери ежегодно составляют примерно 20—25% потенциального мирового урожая продовольственных культур [1]. Виноградная лоза также поражается многочисленными вредителями. Ежегодные потери урожая в результате воздействия вредных организмов составляют до 30%, а при отсутствии мер борьбы 50% и более [2].

Основным способом борьбы с вредителями является обработка растений химическими веществами, нанесение которых на поверхности растений осуществляется преимущественно водными растворами или суспензиями этих веществ с помощью систем опрыскивания. Устройства опрыскивания должны обеспечивать равномерное нанесение капельной жидкости на поверхность растений так, чтобы капли раствора достигли поверхности растений, не скатывались с неё, высохли как можно быстрее, оставив на поверхности химически активное вещество. Наносимый на растения раствор не должен попадать в почву и рассеиваться в окружающую среду витанием микрокапель раствора. Устройства нанесения растворов на поверхности растений должны осуществлять свою функцию в течение всего периода обработки растений, чему мешают различные эксплуатационные факторы, например, засорение форсунок опрыскивающих устройств, изменение ориентации форсунок в пространстве, изменение климатических условий (скорость и направление ветра, температура и влажность атмосферы, инсоляция). Поэтому контроль качества нанесения раствора на растения является актуальной задачей обеспечения эффективности химической обработки растений.

Современные методы контроля качества нанесения растворов на поверхности растений обеспечивают апостериорное определение качества нанесения растворов на растения с использованием контрольных поверхностей [3]. Методов, обеспечивающих контроль нанесения растворов на растения в режиме реального времени, нет.

Целью работы является разработка метода цифровой диагностики качества опрыскивания виноградников в режиме реального времени на основе тепловизоров.

Материалы и методы исследования. В основу метода цифровой диагностики качества опрыскивания виноградников с использованием тепловизора положено физическое явление отличия температуры наносимой на поверхность растений капельной жидкости от температуры поверхности растений. К отличию температур приводят тепломассообменные процессы в капле на поверхности растения в процессе её испарения [4].

Для оценки возможности использовать тепловизор как чувствительный элемент системы определения качества нанесения опрыскивающего раствора на растение использована полумпирическая вычислительная модель испарения капли, позволяющая определить возможные отличия температуры, нанесённой на поверхность растения капли водного раствора от температуры поверхности растения и время испарения капли. Величина отличия температур капли и поверхности листа необходима для определения разрешающей способности термочувствительного элемента тепловизора, анализ изменения размера капли в ходе испарения необходим для определения характерного времени получения тепловизором термограммы поверхности растения с нанесёнными на неё каплями жидкости.

В основу вычислительной модели испарения капли положена эмпирическая зависимость интенсивности испарения влаги от температуры свободной поверхности влаги и температуры и влажности окружающего атмосферного воздуха.

Описание модели. Принимаем, что поверхность капли в начальный момент времени имеет форму полусферы с круговым пятном контакта с поверхностью листа, имеющим радиус R_l . Температура капли t_n в начальный момент времени равна температуре окружающего каплю воздуха.

Процесс испарения включает в себя взаимосвязанные процессы теплообмена и массообмена, теплообменные процессы представлены конвективным теплообменом между влагой капли и окружающим её атмосферным воздухом, и лучистым потоком теплоты солнечного излучения, а процессы массообмена – испарением влаги в окружающий каплю воздух.

В рассматриваемой модели принимаем, что температура воды в капле одинакова по её объёму и равна температуре поверхности испарения, площадь поверхности испарения капли уменьшается при неизменном диаметре пятна контакта капли с листом растения. Окружающий каплю атмосферный воздух имеет постоянную влажность и температуру.

Тепловой баланс рассматриваемого процесса испарения определяется выражением, которое включает в себя конвективный приток/отток тепловой энергии в системе влага – воздух $q_{\text{конв}}$, лучистый тепловой поток солнечного излучения к поверхности капли $q_{\text{луч}}$, кондуктивный тепловой приток/отток энергии от поверхности листа через пятно контакта листа и капли $q_{\text{конд}}$, расход тепловой энергии на испарение влаги из капли $q_{\text{исп}}$ и нагрев капли, содержащей остаток влаги, $q_{\text{нагр}}$:

$$q_{\text{конв}} + q_{\text{луч}} + q_{\text{конд}} = q_{\text{нагр}} + q_{\text{исп}}, \quad (1)$$

где $q_{\text{конв}}$ – конвективный приток/отток тепловой энергии в комбинации капля – воздух среда, Вт/м²; $q_{\text{луч}}$ – лучистый тепловой поток солнечного излучения

ния к поверхности капли, Вт/м²; $q_{\text{конд}}$ – кондуктивный приток/отток тепловой энергии от листа через поверхность контакта листа и капли, Вт/м²; $q_{\text{нагр}}$ – тепловой поток на нагрев капли, содержащей остаток влаги, Вт/м²; $q_{\text{исп}}$ – расход тепловой энергии на испарение влаги из капли, Вт/м².

Интенсивность испарения определяется разностью давления насыщенных паров влаги в капле при температуре её свободной поверхности и парциально-го давления водяного пара в воздухе над поверхностью капли. Разность парциальных давлений является потенциалом испарения влаги с поверхности капли. Зависимость интенсивности испарения может быть представлена в виде [5]:

$$U = A \cdot S \cdot (p_1 - p_n)^k, \quad (2)$$

где A – эмпирически определяемый коэффициент массообмена при нормальном давлении; S – площадь поверхности испарения, м²; p_1 – давление насыщенных паров при температуре поверхности воды, Па; p_n – парциальное давление водяного пара в воздухе над поверхностью испарения, Па.

Зависимость (2) для свободной поверхности воды при атмосферном давлении и скорости движения воздуха над поверхностью воды $V < 0,5$ м/с имеет вид [4]:

$$U = 1.262 \cdot 10^{-8} \cdot S \cdot (p_1 - p_n)^{1.165}. \quad (3)$$

Решение уравнения (1) теплового баланса капли воды в процессе испарения при подводе конвективного, кондуктивного и лучистого потоков теплоты позволяет определить для фиксированного момента времени количество испарённой из капли влаги и температуру капли. Задачу определения температуры капли и убыли её массы в ходе испарения решим, используя дискретизацию Эйлера по времени для малой массы и объема капли. В этом случае по исходным данным составляется баланс уравнения (1) для постоянных значений определяющих величин и вычисляются результирующие величины, являющиеся исходными данными для следующего шага расчета. Известно, что применение дискретизации Эйлера приводит к накоплению существенных ошибок определения искомых величин при больших шагах дискретизации. Для определения допустимой величины шага дискретизации для моделируемых процессов следует выполнить сравнительные расчеты при различных величинах шага.

Исходными данными для расчета процесса испарения влаги капли: масса или геометрические параметры капли (форма, объём), параметры атмосферного воздуха (давление P_a , температура t_a , влажность ϕ_a), температура поверхности листа растения (принимая равной температуре воздуха), тепловой поток инсоляции $q_{\text{луч}}$, начальная температура t_n поверхности капли.

В результате расчета вычисляются: изменение размера капли в процессе испарения; изменение температуры капли в процессе испарения.

Начальная форма поверхности капли – полусфера радиусом RI (см. рис. 1). Контактная площадка с поверхностью листа – круг радиусом r . Величина $RI = r$. При испарении влаги из капли объём капли уменьшается. При постоянстве величины r радиус сферической поверхности капли увеличивается, а высота сегмента шара капли убывает: $RI < R2 < R3$; $h1 > h2 > h3$.

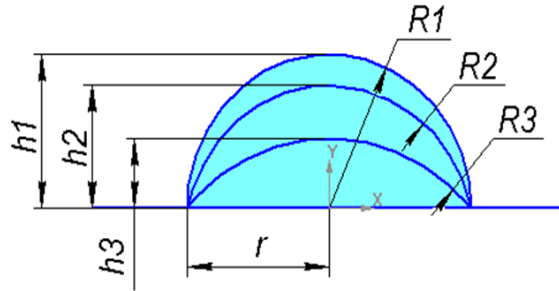


Рисунок 1. Схема изменения объёма капли при её испарении

Для определения объёма капли и площади её поверхности используются выражения, связывающие диаметр пятна контакта и высоты сегмента шара.

Формула вычисления объёма шара V для заданного радиуса R :

$$V = (4/3) \cdot \pi \cdot R^3. \quad (4)$$

Формулы для нахождения объёма V шарового сегмента.

Через радиус шара R и высоту сегмента h :

$$V = \frac{\pi h^2}{3} \cdot (3R - h) \quad (5)$$

Через радиус r основания сегмента и его высоту h :

$$V = \frac{\pi h}{6} \cdot (3r^2 + h^2) \quad (6)$$

Взаимосвязь радиуса R шара, радиуса r основания сегмента и его высоты h :

$$R = \frac{r^2 + h^2}{2h} \quad (7)$$

Формулы для нахождения площади сегмента шара.

Площадь основания $S_{\text{осн}}$:

$$S_{\text{осн}} = \pi \cdot r^2. \quad (8)$$

Площадь сферической поверхности $S_{\text{сф}}$:

$$S_{\text{сф}} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h. \quad (9)$$

Ниже представлен алгоритм пошагового расчёта теплового и массового баланса капли.

1. Для заданной массы капли m вычисляется её объём V_m .

2. По формуле (4) вычисляется радиус полусферы R для объёма $V = 2 \cdot V_m$.

Радиус полусферы R равен радиусу основания сегмента r .

3. По формуле (6) вычисляется высота сегмента h .

4. По формуле (8) вычисляется площадь сферической поверхности $S_{\text{сф}}$.

5. Рассчитывается давление насыщения паров воды в капле p_n (Па) (исходное данное – начальная температура капли t_n).

6. Для заданных значений температуры и влажности воздуха (t_a , φ_a) рассчитывается парциальное давление водяного пара в воздухе pp (Па).

7. По формуле (3) рассчитывается интенсивность испарения влаги $U(t_n, t_a)$ для $S = S_{\text{сф}}$.

8. По значению $U(t_n, t_a)$ для выбранного интервала времени Δt вычисляется

масса испарённой из капли влаги $\Delta m = \Delta \tau \cdot U(t_n, t_a)$.

9. Вычисляется тепловой поток затрат энергии на испарение $q_{\text{исп}}$.

10. Для заданного $q_{\text{луч}}$ и вычисленного $q_{\text{исп}}$ по формуле (1) вычисляется $q_{\text{конв}}$.

11. Рассчитывается температура поверхности капли t_n для следующего шага расчёта процесса испарения. Определение коэффициента конвективной теплоотдачи выполняется по формуле [6]:

$$\alpha(W) = 0.032 \cdot \left(\frac{\rho_w \cdot W \cdot dn}{\mu_w} \right)^{0.8} \cdot \frac{\lambda_w}{dn}, \quad (10)$$

где ρ_w – плотность воздуха, кг/м³; W – скорость обтекания воздухом капли, м/с; μ_w – динамическая вязкость воздуха, Па·с; λ_w – теплопроводность воздуха, Вт/(м·К).

12. Вычисляется масса капли для следующего шага расчёта $m = m - \Delta m$.

13. Для полученной массы капли m вычисляется её объём V_m .

14. Повторяются расчёты по формулам п.п. 3 – 13. Вычисления продолжаются до заданного конечного значения массы капли m .

Описание измерительного прибора. Для регистрации распределения температуры (термограммы) по поверхности листа, на который нанесена капельная жидкость опрыскивающего раствора, использован тепловизор Testo 882 с термочувствительной матрицей размером 320×240 пикселей. Тепловизор позволяет одновременно фиксировать распределение температуры по поверхности наблюдаемого объекта и оптическое изображение объекта, что даёт возможность корректно сопоставить значение температуры с местом положения части наблюдаемого объекта.

Тепловизор Testo 882 позволяет получать измерительную информацию с частотой 8–15 Гц с разрешающей способностью 0,1 К в диапазоне температур от -20°C до 500°C, его спектральный диапазон чувствительности ограничен длинами волн от 8 до 14 мкм.

Метод определения доли площади, занимаемой каплями при опрыскивании, включает распыл жидкости на растения, термографирование тепловизором поверхности листа растения, обработку цифровых термограмм. Долю площади, занимаемой каплями, определяют как долю пикселей термограммы, температура которых не выше, чем сумма $T_{\text{ни}} + dT$, где $dT = (T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}})/2$, $T_{\text{макс}}$ – максимальное значение температуры на термограмме, $T_{\text{мин}}$ – минимальное значение температуры на термограмме. [7].

Основой для анализа термограмм, полученных с помощью тепловизора, являются матрицы численных значений температур термограмм. Обработка термограмм осуществлена в программе математических и инженерных расчётов Mathcad [8].

Результаты исследования. Моделирование процесса испарения влаги из капли на поверхности листа растения выполнено для капель диаметром от 50 мкм до 1000 мкм, температуры воздуха от 20 °C до 30 °C, влажности воздуха от 20% до 65% при инсоляции от 0 до 300 Вт/м² при нормальном атмосферном давлении 101325 Па, плотности воздуха 1,2 кг/м³, скорости движения воздуха над поверхностью капли 0,5 м/с. Температура поверхности, на которую попа-

дает капля, принята равной температуре воздуха.

На рис. 2 представлены результаты расчёта изменения массы капли и её температуры в процессе её испарения после попадания на поверхность листа растения. Диаметр капли в свободном полёте составляет 50 мкм при температуре воздуха от 20 °С до 30 °С, влажности воздуха 20% при отсутствии инсоляции.

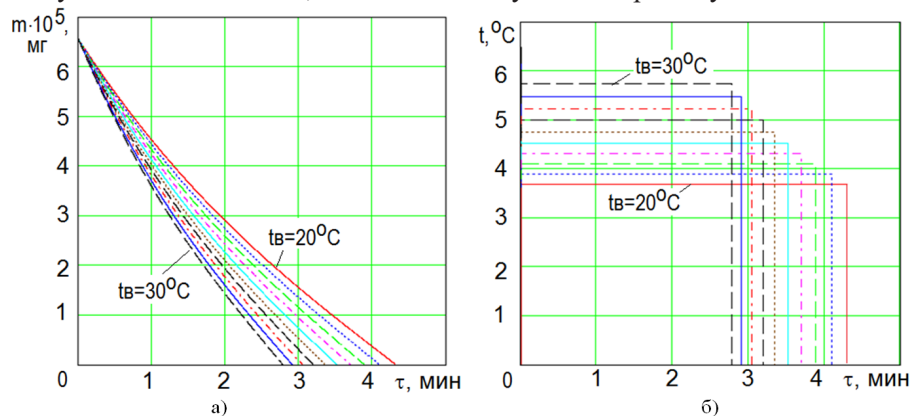


Рисунок 2. Изменение массы капли (а) и температуры капли (б) в течение её испарения

Такие условия характерны для наиболее быстрого испарения капли и наибольшей разности температур поверхности листа и поверхности капли. Из графиков на рис. 2 следует, что время полного испарения капли составляет от 3 до 4,5 минут. В течение 1-й минуты капля теряет до 17% собственной массы и, соответственно, объёма. Разность температур поверхности листа и поверхности капли составляет от 4 °С до 6 °С.

Увеличение влажности от 20% до 65% приводит к увеличению времени испарения капли размером 50 мкм от 3 – 4,5 минут до 7 – 11 минут и уменьшению разности температур поверхности листа и поверхности капли до 1,5 – 2,5 °С. Наличие инсоляции приводит к сокращению времени испарения капли и уменьшению разности температур поверхности листа и поверхности капли. Так, для капли диаметром 50 мкм инсоляция удельной мощностью 100 Вт/м² приводит к сокращению времени испарения до 2 – 2,5 минут, а инсоляция 300 Вт/м² приводит к сокращению времени испарения до 1,5 – 2 минут. Разница температур поверхности листа и поверхности капли при этом уменьшается. Время испарения капли диаметром 200 мкм при влажности воздуха 65% и отсутствии инсоляции составляет от 30 до 50 минут при разности температур поверхности листа и поверхности капли до 1,5 – 2,5 °С. Увеличение размера капли до 500 мкм приводит к увеличению времени испарения до 80 – 120 минут при разности температур поверхности листа и поверхности капли до 2 – 3 °С.

Таким образом, минимальное время, необходимое для регистрации теплового состояния капли после нанесения её на поверхности растения, не превышает 1 минуты. Величины разности температур поверхности растения и капли требует использования измерительного преобразователя с чувствительностью не хуже, чем 0,1 °С.

Для определения показателей качества нанесения капельных растворов на поверхность листьев растений с использованием тепловизора выполнено две серии экспериментов.

В 1-й серии на листья наносился практически сплошной слой влаги путём мелкодисперсного орошения листьев пульверизатором для воды. Во 2-й серии пульверизатором на листья наносилась вода так, чтобы на поверхность листьев влага ложилась отдельными каплями.

На рисунке 3 а приведено фотографическое изображение листьев, а на рис. 3 б термограмма листьев до нанесения на них влаги. Термографирование выполнено с расстояния $0,50 \pm 0,10$ м от ближайшей поверхности листа до поверхности объектива тепловизора.

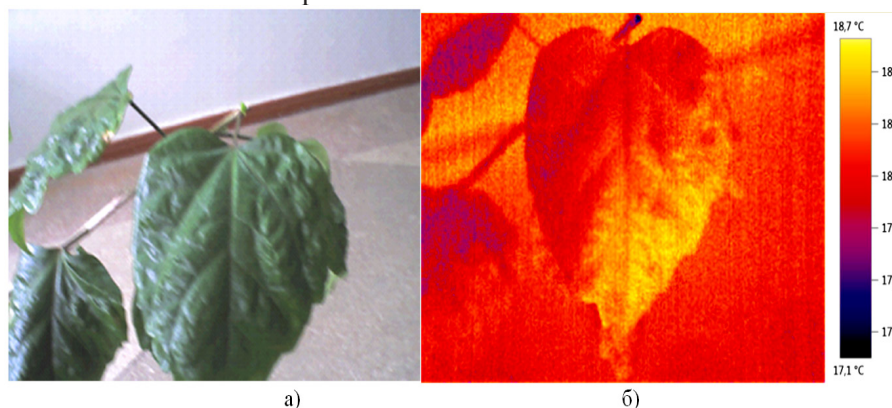


Рисунок 3. Термографирование листьев до нанесения влаги

На рисунке 4 приведена термограмма, выполненная непосредственно после нанесения воды через форсунку распылителя на поверхность листьев. На рис. 5 приведены термограммы, выполненные в течение 20 минут до момента почти полного испарения влаги с поверхности листьев с интервалом 5 минут.



Рисунок 4. Термограмма непосредственно после нанесения влаги

Для обработки данных термограмм матрицы температур каждой термограммы сохранены в файлах, которые затем обработаны в программе Mathcad. Размер матрицы данных совпадает с размером термочувствительной матрицы тепловизора и равен 320x240.

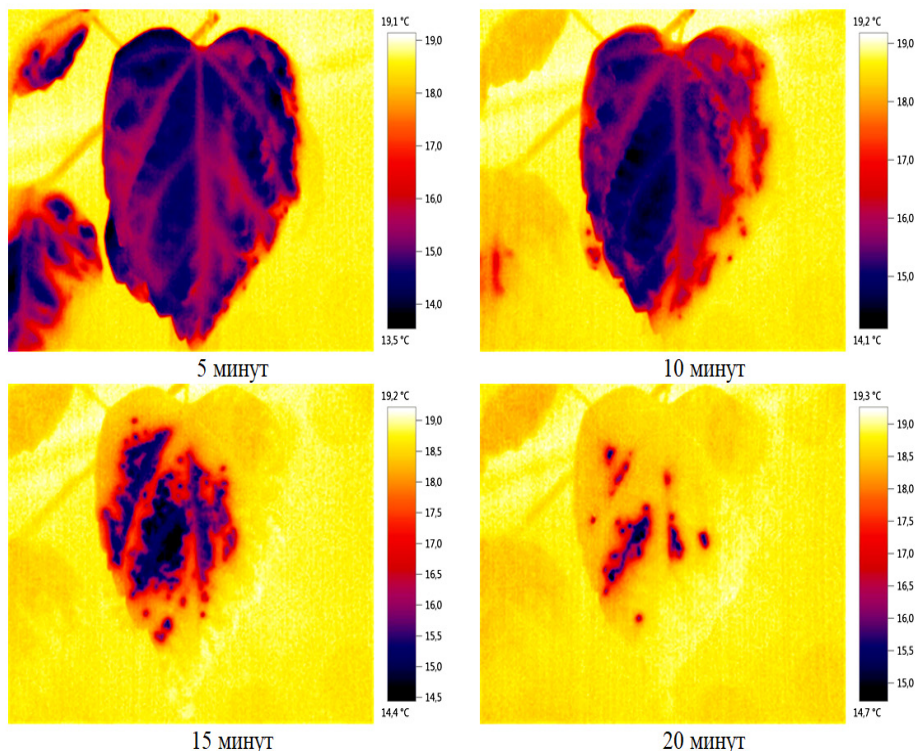


Рисунок 5. Термограммы процесса испарения влаги

На рис. 6 приведена диаграмма значений температуры для снимка на рис. 4 (5 минут). На рис. 6 а представлено трёхмерное изображение поля температуры, а на рис. 6 б – двумерное изображение изотерм в поле снимка тепловизора.

Минимальное значение температуры на термограмме составило $T_{\min} = 13,2^{\circ}\text{C}$, а максимальное значение температуры составило $T_{\max} = 18,9^{\circ}\text{C}$. Долю покрытия листьев влагой определили как долю пикселей термограммы, температура которых ниже максимального значения $T_{\max}$ на заданную величину $dT = (T_{\max} - T_{\min})/2$. Для полученных $T_{\max}$ и $T_{\min}$ $dT = 2,85^{\circ}\text{C}$, а доля покрытия влагой поля термограммы равна 49,5%.

На рис. 7 приведено фотографическое изображение (а) и термограмма (б) для случая нанесения на листья отдельных капель воды. На рис. 8 приведена диаграмма значений температуры для снимка на рис. 7. На рис. 8 а представлено трёхмерное изображение поля температуры, а на рис. 8 б – двумерное изображение изотерм в поле снимка тепловизора.

Минимальное значение температуры на термограмме составило $T_{\min} = 12,7^{\circ}\text{C}$, а максимальное значение температуры составило $T_{\max} = 17,3^{\circ}\text{C}$.

Доля площади, занимаемой каплями, определена как доля пикселей термограммы, температура которых не выше, чем сумма $T_{\min} + dT$. При $dT = 1,5^{\circ}\text{C}$ доля покрытия поля термограммы каплями влаги составляет 2,02%.

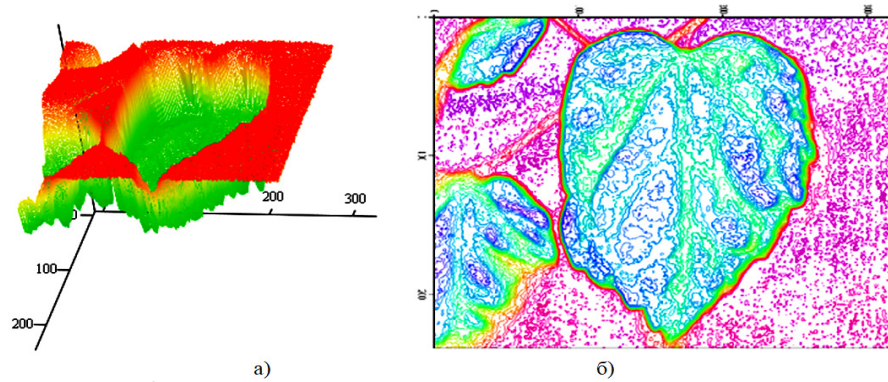


Рисунок 6. Диаграммы значений температур в поле термограммы

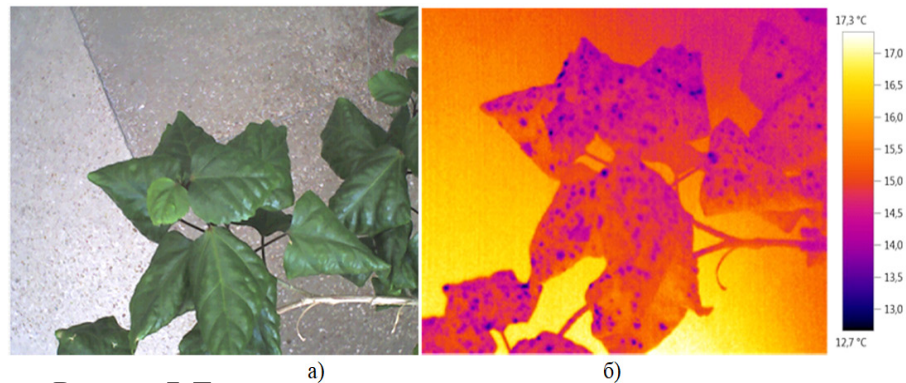


Рисунок 7. Термограмма листьев с нанесенными каплями воды

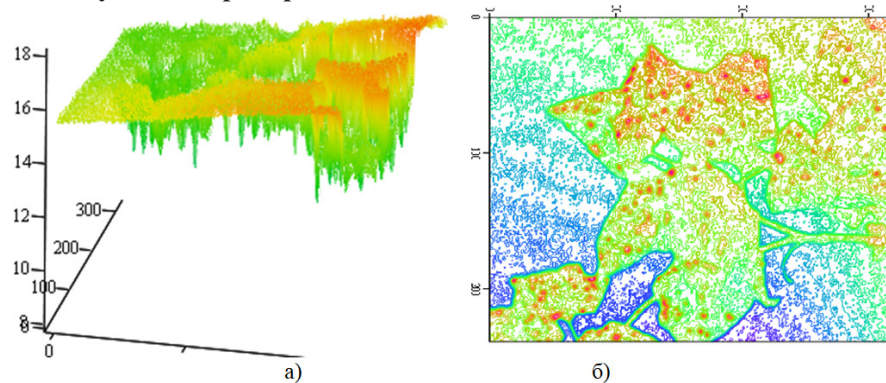


Рисунок 8. Диаграммы значений температур в поле термограммы

Для определения капель различного диаметра разработана программа, дифференцирующая области термограммы по градиентам температуры. Величина отлчия температуры выбрана, равной $0,5^{\circ}\text{C}$. На рис. 9 б отчётливо наблюдаются области, отражающие капли различного размера, расположенные на поверхности листа растения. Минимальный диаметр пятна капель, различимых на термограмме составляет от 0,8 до 1 мм.

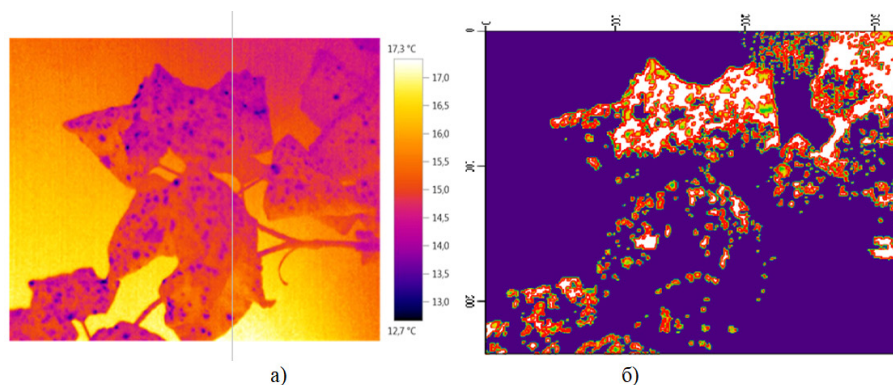


Рисунок 9. Термограммы до (а) и после (б) обработки программой

Выводы. Разработанный метод цифровой диагностики качества опрыскивания виноградников в режиме реального времени на основе тепловизоров позволяет определять покрытие опрыскивающим раствором листьев растений и дисперсность покрывающих листья капель раствора в ходе выполнения опрыскивания растений. Метод является перспективным для применения в садоводстве и виноградарстве, так как позволяет определять качество нанесения опрыскивающих растворов непосредственно в процессе обработки растений и информировать операторов нанесения растворов на растения об отклонениях от технологических требований выполняемой обработки.

Список использованных источников:

1. Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства. Курс на сокращение потерь и порчи продовольствия. Рим. ФАО. 2019. Режим доступа: <https://www.fao.org/3/ca6030ru/ca6030ru.pdf>.

2. Мартынов В.В., Никулина Т.В., Губин А.И., Бондаренко-Борисова И.В. Вредители и болезни винограда в Донбассе. Справочное пособие / Под ред. Приходько С.А.; Гудимовой О.А. – Донецк, 2019. – 87 с.

3. ГОСТ Р 53053-2008. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2009. – 45 с.

4. Глауберман Х.Б. Отопление, вентиляция и сушка / Х.Б. Глауберман. – М. - Л. : ГНТИ легкой промышленности, 1949. - 460 с.

References:

1. The state of affairs in the field of food and agriculture. The course to reduce food losses and spoilage. Rome. FAO. 2019. Access mode: <https://www.fao.org/3/ca6030ru/ca6030ru.pdf>.

2. Martynov V.V., Nikulina T.V., Gubin A.I., Bondarenko-Borisova I.V. Pests and diseases of grapes in the Donbass. Handbook / Eds. by Prikhodko S.A.; Gudimova O.A. – Donetsk, 2019. – 87 p.

3. GOST R 53053-2008. Machines for plant protection. Sprayers. Test methods. – M.: Standartinform, 2009. – 45 p.

4. Glauberman H.B. Heating, ventilation and drying / H.B. Glauberman. – M. - L. : GNTI of light industry, 1949. - 460 p.

5. Lykov A.V. Theory of drying / Lykov A.V. – M: Energiya, 1968. - 472s.

5. Лыков А.В. Теория сушки / Лыков А.В. – М: Энергия, 1968. – 472с.
6. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: учебник для вузов – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
7. Способ определения контроля качества покрытия листьев растений при опрыскивании. Завалий А.А., Воложанинов С.С., Алдошин Н.В., Красовский В.В. Патент на изобретение RU 2804023 C1, 26.09.2023. Заявка № 2022115432 от 06.06.2022.
8. Очков В.Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
6. Isachenko V.P., Osipova V.A., Sukomel A.S. Heat transfer: textbook for universities – 4th ed., reprint. and additional – M.: Energoizdat, 1981. – 416 p.
7. A method for determining the quality control of the coating of plant leaves during spraying. Zavaliiy A.A., Volozhaninov S.S., Aldoshin N.V., Krasovsky V.V. Patent for invention RU 2804023 C1, 09/26/2023. Application No. 2022115432 dated 06.06.2022.
8. Points V.F. Mathcad 14 for students and engineers: Russian version. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2009. – 512 p.

Сведения об авторах:

Завалий Алексей Алексеевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой общетехнических дисциплин института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского», e-mail: zavalym@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Воложанинов Сергей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общетехнических дисциплин института «Агротехнологической академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: s.volozhaninov@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Information about the authors:

Zavaliiy Alexey Alekseevich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of General Technical Disciplines of the Institute "Agrotechnological Academy" of the FSEI "V.I. Vernadsky KFU", e-mail: zavalym@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarian village, Institute "Agrotechnological Academy" of the FSEI HE "V.I. Vernadsky KFU".

Volozhaninov Sergey Sergeyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines of the Institute "Agrotechnological Academy" of the Federal State Educational Institution "V.I. Vernadsky KFU", e-mail: s.volozhaninov@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarian village, Institute "Agrotechnological Academy" of the FSEI HE "V.I. Vernadsky KFU".

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 619:616.995:636.4

**ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
КЛЕТОЧНОГО ИММУНИТЕТА
ОРГАНИЗМА ЯГНЯТ ПРИ
ЛЕЧЕНИИ АССОЦИАТИВНОЙ
БРОНХОПНЕВМОНИИ****Лукьянов Р.Ю.**, кандидат ветеринарных наук;**Лукьянова Г.А.**, доктор ветеринарных наук, профессор;**Кувда Е.Н.**, кандидат ветеринарных наук, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»**CHANGES IN INDICATORS
OF CELLULAR IMMUNITY
IN LAMBS DURING
TREATMENT OF ASSOCIATE
BRONCHOPNEUMONIA****Lukianov R.Y.**, candidate of veterinary sciences;**Lukianova G.A.**, doctor of veterinary sciences;**Kuevda E.N.**, candidate of veterinary sciences, Institute "Agrotechnology academi" FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»

Изучено изменение клеточных показателей иммунитета организма ягнят на фоне проведённого лечения ассоциированной диктиокаулёзно-микробной бронхопневмонии препаратами энроксил и ивермек в комплексе и отдельно. Наиболее эффективное действие на возбудителей при ассоциативной бронхопневмонии ягнят оказало комплексное применение антибиотика с антгельминтиком. Однако, основные клеточные показатели иммунологической реактивности организма ягнят (количество лейкоцитов и эритроцитов, процентное содержание В-лимфоцитов) как при комплексной, так и при моно-обработке оставались на том же уровне, что и до лечения, или незначительно снижались по сравнению с контролем. Применение антгельминтика ивермек негативно отразилось на процентном содержании Т-лимфоци-

We studied changes in cellular parameters of the body's immunity in lambs against the background of treatment of associated dictyocaulous-microbial bronchopneumonia with the drugs enroxil and ivermec in combination and separately. The most effective effect on pathogens in associative bronchopneumonia of lambs was the combined use of an antibiotic with an anthelmintic. However, the main cellular indicators of the immunological reactivity of the body of lambs (the number of leukocytes and erythrocytes, the percentage of B-lymphocytes) both with complex and mono-treatment remained at the same level as before treatment, or decreased slightly compared to the control. The use of the anthelmintic ivermec had a negative impact on the percentage of T-lymphocytes, which indicates the immunosuppressive effect of this drug.

тов, что указывает на иммуносупрессивное действие данного препарата.

Ключевые слова: ягнята, бронхопневмония, иммунологические показатели, диктиокаулы, антгельминтик энроксил, антибиотик ивермек.

Keywords: lambs, bronchopneumonia, immunological parameters, dictyocauls, anthelmintic enroxil, antibiotic ivermec

Введение. Овцеводство - это старая и традиционная отрасль животноводства в Крыму, развитие которой даёт возможность эффективно использовать дешёвые кормовые ресурсы степных районов полуострова. Много лет подряд Республика Крым занимает одно из ведущих мест по численности поголовья овец.

Существенной преградой на пути разведения овец и повышения их продуктивности является ряд заболеваний, в том числе поражения дыхательных путей. В ряде овцехозяйств массовые пневмонии овец причиняют наибольший экономический ущерб, поскольку регистрируются стационарно и поражают до 30-60 % и более всего поголовья животных [1].

Анализ ветеринарной отчётности и практические наблюдения указывают на то, что на респираторные болезни ягнят приходится в среднем одна треть от общего количества больных животных. Как заболеваемость, так и отход овец от бронхопневмонии происходит, в основном, за счёт молодняка, поскольку более 60 % больных составляют ягнята текущего года рождения [2, 3].

Среди овец, особенно молодняка, широко распространены респираторные заболевания, вызванные ассоциацией гельминтов с микроорганизмами. Лечение таких ассоциативных бронхо-легочных патологий требует комплексного подхода, в том числе использование терапевтических препаратов различной направленности на этиологический фактор. Нами ранее проведены опыты по изучению эффективности лечения ягнят с ассоциативными бронхопневмониями с использованием препаратов только антимикробной, только антигельминтной или комплексной противомикробной и противогельминтной направленности. Применение указанных схем лечения имело различный эффект [4]. В связи с этим мы провели исследование влияния предложенных лечебных схем на иммунологические клеточные показатели организма ягнят.

Цель работы: изучить изменение клеточных показателей иммунитета организма ягнят на фоне проведённого лечения бронхопневмонии препаратами различной направленности.

Материал и методы исследований. Исследования проводили в овцеводческих хозяйствах, животные которых поражены диктиокаулами и в хозяйстве регулярно отмечаются случаи заболеваний бронхопневмонией среди ягнят до годовичного возраста. У животных для подтверждения диагноза на диктиокаулёз отбирали фекалии из прямой кишки и исследовали их методом по Шильникову и экспресс методом по Г.А. Котельникову и В.М. Хренову.

В опыте было задействовано 40 ягнят 4-6-месячного возраста с клиническими

признаками бронхопневмонии и наличием личинок диктиокаулюсов в фекалиях, которых поделили на 4 группы – 3 опытные и одну контрольную по 10 ягнят в каждой.

Первая группа овец подвергалась лечению введением антибиотика энроксил, который инъектировали в дозе 2,5 мг / кг массы тела двукратно с интервалом 48 ч с повторным введением через 14 суток.

Вторую группу ягнят обрабатывали инъекциями антгельминтика ивермек в дозе 0,2 мг / кг массы тела по ДВ однократно.

Животных третьей опытной группы лечили комплексно с применением одновременно антибиотика энроксил и антгельминтика ивермек в выше указанных дозах и курсах.

Контрольную группу ягнят препаратами не обрабатывали.

В течение двух месяцев после проведённого лечения за ягнятами всех групп вели клиническое наблюдение и проводили исследование фекалий на наличие личинок диктиокаулюсов, а также на 15-е, 30-е и 60-е сутки отбирали кровь и исследовали её гематологические показатели общепринятыми методами, Т- и В-лимфоцитов – по методикам, разработанным В.С. Шеховцовым с соавт [5].

Результаты исследований и обсуждение. В результате проведённых исследований мы установили (таблица 1), что количество эритроцитов в крови контрольных животных с ассоциативной бронхопневмонией, существенно не изменялось. Аналогичную картину динамики численности эритроцитов отмечали и у животных опытных групп. Но, количество данных клеток у всех животных опыта (и у контрольных и у опытных групп), было значительно ниже, чем физиологические нормативы животных указанного возраста.

У ягнят всех возрастных групп до проведённого лечения выявляли повышенное количество лейкоцитов в крови, что свидетельствует о воспалительных процессах в организме больных животных. У овец контрольной группы, которых не лечили и у которых происходило дальнейшее развитие пневмонии, констатировали повышение численности лейкоцитов на протяжении двух месяцев исследований ($15,2 \pm 1,6$ Г/л), что, достоверно превышало соответствующий показатель у опытных ягнят ($9,7 \pm 1,1$ – $12,2 \pm 1,9$ Г/л).

Лечение антибиотиком сопровождалось статистически достоверным снижением количества белых кровяных клеток ($p \leq 0,01$) по сравнению с контролем, но число лейкоцитов было всё-таки выше ($12,2 \pm 1,9$ Г/л), чем физиологические показатели.

При использовании для лечения только антгельминтика регистрировали незначительное снижение количества лейкоцитов на 15-е сутки после введения препарата ($9,3 \pm 1,8$ Г/л).

Динамика численности лейкоцитов при комплексном лечении характеризовалась тенденцией к снижению, достоверно отличаясь от контрольной группы ($p \leq 0,01$), хотя количество этих клеток было значительно выше ($10,3 \pm 1,8$ Г/л), чем физиологическая норма.

Таблица 1. Динамика показателей клеточного иммунитета организма ягнят, больных ассоциативной бронхопневмонией, после применения препаратов

Группа животных	Сутки исследований	Показатели				
		эритроциты, Т/л	лейкоциты, Г/л	эозинофилы, %	Т-лимфоциты, %	В-лимфоциты, %
1	До лечения	7,6±1,8*	12,6±2,7*	13,8±1,1*	38,3±2,3*	19,2±1,2*
	15	7,4±2,1**	9,3±1,8*	12,4±1,7*	37,6±1,8*	19,0±1,7**
	30	7,6±1,8	9,2±1,2*	13,7±0,2*	37,8±2,8**	19,4±2,6*
	60	7,6±0,6*	9,7±1,1*	12,9±2,3*	37,3±1,9*	18,9±1,8*
2	До лечения	7,2±1,68*	14,8±2,1*	12,3±0,8*	37,8±1,1*	19,8±1,7*
	15	7,3±2,3*	13,9±1,8**	10,5±1,7*	31,4±2,7*	16,4±1,3**
	30	7,3±2,1**	13,4±1,7**	6,0±0,2**	31,2±1,4*	17,2±0,8**
	60	7,4±0,3*	12,2±1,9**	5,1±1,1**	32,1±2,6*	17,6±1,2*
3	До лечения	7,9±1,6*	15,4±2,7**	11,6±2,9*	40,5±1,7*	19,9±1,3*
	15	7,3±2,8**	10,3±1,8*	9,3±0,7*	33,5±1,7**	15,6±0,3*
	30	7,2±1,8	10,1±1,9*	7,4±2,1**	34,2±1,9**	16,2±2,8*
	60	7,4±0,6*	10,4±2,6*	5,6±0,8*	33,2±0,3*	16,0±2,1*
Контрольная	До лечения	6,9±2,6	15,8±1,5	12,6±0,5	37,2±1,7	19,5±2,2
	15	6,7±4,3	15,4±1,7	13,2±1,8	37,5±1,8	19,3±2,7
	30	6,7±1,2	14,8±2,6	12,8±3,6	36,7±0,4	19,0±2,1
	60	6,8±2,6	15,2±1,6	12,4±4,2	36,2±1,3	18,9±4,8

Примечание: * – $P \leq 0,01$, ** – $P \leq 0,05$ по сравнению с контролем

При анализе динамики уровня Т-лимфоцитов обращает на себя внимание то, что в контрольной группе, при отсутствии лечения, отмечали снижение количества Т-лимфоцитов на протяжении опыта без значительных колебаний.

Достоверно ниже без тенденции к нормализации было процентное количество Т-лимфоцитов при использовании с целью лечения только антгельминтика. На 60-е сутки наблюдений показатель был на уровне $32,1 \pm 2,6$ % ($p \leq 0,01$), по сравнению с контролем – $36,2 \pm 1,3$ % ($p \leq 0,01$) и с показателем до начала лечения – $37,8 \pm 1,1$ % ($p \leq 0,01$).

Использование ивермека с энроксилем также сопровождалось снижением указанного показателя – $33,2 \pm 0,3$ % к концу опыта ($p \leq 0,01$ – по сравнению с контролем – $36,2 \pm 1,3$ %).

Энроксил не оказывал существенного влияния на содержание общих Т-лимфоцитов: оно оставалось на достаточно низком уровне – $37,6 \pm 1,8$ % – $37,3 \pm 1,9$ %, $p \leq 0,001$, в сравнении с контролем.

Кроме того, уровень Т-лимфоцитов в крови всех животных в опыте был достаточно низким, по сравнению с показателем у здоровых ягнят этого возраста.

Анализ динамики В-лимфоцитов свидетельствует о том, что у животных, которые не подвергались лечению и у животных опытных групп, которым вводили препараты, их уровень оставался низким на протяжении всего периода наблюдений ($15,6 \pm 0,3$ – $19,9 \pm 2,2$ %).

Наряду с этим регистрировали снижение эозинофильной реакции организма ягнят, которым инъецировали ивермек, на 30-е сутки опыта (2 группа – $6,0 \pm 0,2$ %, 3 группа – $7,4 \pm 2,1$ %).

Таким образом, результаты наших исследований показали, что наиболее эффективное действие на возбудителей при ассоциативной бронхопневмонии ягнят оказывает комплексное применение антибиотика с антгельминтиком. Об этом свидетельствуют постепенное улучшение общего состояния животных, исчезновение клинических симптомов поражения дыхательной системы и нормализация некоторых показателей крови (эозинофилы) на протяжении опыта, по сравнению с контрольной группой.

То, что остальные показатели иммунологической реактивности организма ягнят при комплексной обработке оставались на том же уровне, что и до лечения, или несколько снижались сравнительно с контролем, свидетельствует о том, что в процессе дегельминтизации повышается аллергизация организма хозяина, развивается перенапряжение и истощение компенсаторных механизмов, которые ведут к снижению его сопротивляемости. К тому же антгельминтик ивермек, как видно из данных таблицы, также негативно влияет на некоторые показатели иммунологической резистентности. Организм животных после уничтожения паразитических гельминтов очень медленно восстанавливает свои силы. Мы отмечали резкую задержку роста и развития молодняка. Кроме того, как известно [6], большинство антгельминтиков, в том числе и ивермек, обладают иммуносупрессивными и гепатотоксическими свойствами, что необходимо учитывать. В силу указанных факторов у животных может на фоне сниженного иммунитета могут развиваться другие заболевания, а также мы отмечали повторное заражение гельминтами в более короткие сроки.

Выводы. Лечение ассоциированной диктиокаулёзно-микробной бронхопневмонии с использованием антгельминтика ивермек и антибиотика энроксил не способствует нормализации клеточных показателей иммунитета у ягнят. Комплексная терапия должна включать в себя препараты иммунокорректоры.

Список использованных источников:

1. Bronchopneumary nematodeinfection of Capra pyrenaica in the Sierra Nevada massif Spain / S. Alasaad, P. Morrondo, V. Dacal-Rivas, R.C. Soriguer, J.E. Granados, E. Serrano

References:

1. Bronchopneumary nematodeinfection of Capra pyrenaica in the Sierra Nevada massif Spain / S. Alasaad, P. Morrondo, V. Dacal-Rivas, R.C. Soriguer, J.E. Granados, E. Serrano

[et al.] // Vet. Parasitol. – 2009. – Vol. 164. – P.340-343.

2. Гасанзаде, Г.М. Зараженность овец диктиокаулами в зависимости от возраста и сезона года на территории Марагинской области Исламской Республики Иран / Г.М. Гасанзаде, Г.Г. Фаталиев // Российский паразитологический журнал, 2014. - № 4. – С. 34-38.

3. Сидоркин, В.А. Изыскание средств терапии диктиокаулеза жвачных / В.А. Сидоркин, Л.Н. Самылкина (Борисова), В.А. Оробец // Ветеринарная медицина. Современные проблемы и перспективы развития: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, 14 марта 2006. - Саратов, 2006. - С. 326 – 329.

4. Лукьянов Р.Ю. Эффективность различных схем лечения при ассоциативной бронхопневмонии ягнят / Р.Ю. Лукьянов, Г.А. Лукьянова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды, 2023. - № 35 (198). – С.198 – 204.

5. Шеховцов В.С., Біла І.Д., Приходько Ю.О. Хлівна Г.О. Спосіб визначення кількості Т- та В-лімфоцитів у крові тварин /Декларационный патент на изобретение №2001042174 от 03.04.2001 г.

6. Козьявин, В.Н. Иммуноterapia и иммунопрофилактика диктиокаулеза крупного рогатого скота : автореф дис. канд. вет. наук:- Н. Новгород, 2003. – 22 с.

[et al.] // Vet. Parasitol. – 2009. – Vol. 164. – P.340-343.

2. Gasanzade, G.M. Zarazhennost' ovec diktiokaulami v zavisimosti ot vozrasta i sezona goda na territorii Maraginskoj oblasti Islamskoj Respubliki Iran / G.M. Gasanzade, G.G. Fataliev // Rossijskij parazitologicheskij zhurnal, 2014. - № 4. – S. 34-38.

3. Sidorkin, V.A. Izyskanie sredstv terapii diktiokauleza zhvachnyh / V.A. Sidorkin, L.N. Samylkina (Borisova), V.A. Orobec // Veterinarnaya medicina. Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya: Materialy VI Vserossijskoj nauchno- prakticheskoy konferencii, 14 marta 2006. - Saratov, 2006. - S. 326 – 329.

4. Luk'yanov R.Yu. Effektivnost' razlichnyh skhem lecheniya pri associativnoj bronhopnevmonii yagnyat / R.Yu. Luk'yanov, G.A. Luk'yanova // Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavridy, 2023. - № 35 (198). – S.198 – 204.

5. Shekhovcov V.S., Bila I.D., Prihod'ko Yu.O. Hlivna G.O. Sposib viznachennya kil'kosti T- ta V-limfocitiv u krovi tvarin /Deklaracionnyj patent na izobretenie №2001042174 ot 03.04.2001 g.

6. Kozyavin, V.N. Immunoterapiya i immunoprofilaktika diktiokauleza krupnogo rogatogo skota : avtoref dis. kand. vet. nauk:- N. Novgorod, 2003. – 22 s.´

Сведения об авторах:

Лукьянов Руслан Юрьевич – кандидат ветеринарных наук, ассистент кафедры внутренней патологии жи-

Information about the authors:

Lukianov Ruslan Yurievich – candidate of veterinary sciences, assistant of chair of the Institute “Agrotechnology

вотных Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: ruslan_11111@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Лукьянова Галина Александровна – доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: njanja74@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Кувда Екатерина Николаевна – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры внутренней патологии животных Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: therapy-catu@yandex.ru, 2954926 г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: ruslan_11111@mail.ru, institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Lukianova Galina Alexandrovna - Doctor of Veterinary Science, Professor, professor by a department microbiology, epizootology and veterino-sanitary expertis, Institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: njanja74@mail.ru, institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Kuevda Ekaterina Nikolaevna - candidate of veterinary sciences, associate professor of chair of the Institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: therapy-catu@yandex.ru, Institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

УДК 619:616-089.5[618.1-636.7]

**ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ
РАЗРЫВА ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТО-
ОБРАЗНОЙ СВЯЗКИ У СОБАК****Бамбуляк Н.Ф.**, кандидат ветеринарных наук;**Шведова А.Д.**, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского».**DIAGNOSIS AND TREATMENT
OF ANTERIOR CRUCIATE
LIGAMENT RUPTURE IN DOGS****Bambulyak N.F.**, Candidate of Veterinary Sciences;**Shvedova A.D.**, Institute "Agrotechnological Academy" FSAOU VO "KFU named after V.I.Vernadsky".

Представлен обзор и клиническое применение современных методов доступной диагностики и лечения разрыва передней крестообразной связки (ПКС) у собак. Проведено сравнение консервативного способа лечения и оперативного. При использовании специальных хирургических методов коррекции нарушения получены хорошие клинические результаты. Осложнений у животных в дальнейшем не наблюдали.

Ключевые слова: передняя крестообразная связка, сустав, оперативное лечение, консервативное лечение, нестероидные противовоспалительные препараты.

The review and clinical application of modern methods of affordable diagnosis and treatment of anterior cruciate ligament rupture (ACL) in dogs is presented. A comparison of the conservative method of treatment and the operative one was carried out. When using special surgical methods of correction of the disorder, good clinical results were obtained. Complications in animals were not observed in the future.

Keywords: anterior cruciate ligament, joint, surgical treatment, conservative treatment, nonsteroidal anti-inflammatory drugs.

Введение. Разрыв передней крестообразной связки у собак является достаточно распространённой проблемой и при несвоевременной диагностике, ошибочном назначении лечения может привести к хромоте на тазовую конечность из-за боли и нестабильности в коленном суставе, возможному развитию изменений менисков, хроническому воспалению и развитию остеоартрита, что в итоге приведёт к потере полноценного использования лапы. Строение коленного сустава собаки представляет собой достаточно сложную конструкцию – дистальный эпифиз бедренной кости, коленная чашечка, проксимальные эпифизы большеберцовой и малоберцовой кости. По функциональности сустав сложный одноосный и движение в нём возможно в боковой сагиттальной плоскости. В каждом суставе имеется две крестообразные связки: задняя (ЗКС) и передняя (ПКС), они расположены наискось, крепятся, соответствен-

но, к большеберцовой и к бедренной кости. Связки представляют собой пучки коллагеновых волокон. При этом, функции связок противоположны – задняя принимает максимальные нагрузки при сгибании колена, а передняя сдерживает движения и стабилизирует сустав при разгибании. Связки работают согласованно, принимая сильные растягивающие нагрузки, но, благодаря высокой прочности, сохраняют целостность. Однако, передняя связка более функционально напряжена и её разрывы у собак встречаются очень часто. Повреждения возможны при влиянии нескольких внешних факторов [1].

Разрывы встречаются у животных всех возрастов, полов, пород, разной физической активности и нагрузки. Группу риска представляют: гигантские и крупные породы; мелкие упитанные собачки из-за избыточного веса; спортивные и охотничьи собаки с активным образом жизни (травмируются при резком движении в беге, прыжках); собаки старше 5 лет (накапливаются дегенеративные изменения), а при наследственной предрасположенности и ранее.

Основанием для предположения разрыва ПКС является хромота (рис.1). Она может проявляться с разной интенсивностью – сразу после повреждения очень сильная, но через время собака переносит вес на здоровую конечность и хромота исчезает. Однако, это приводит к сверхнагрузке на связку здоровой конечности и уже к её разрыву. В таком случае разрыв связок диагностируют на двух конечностях [2].

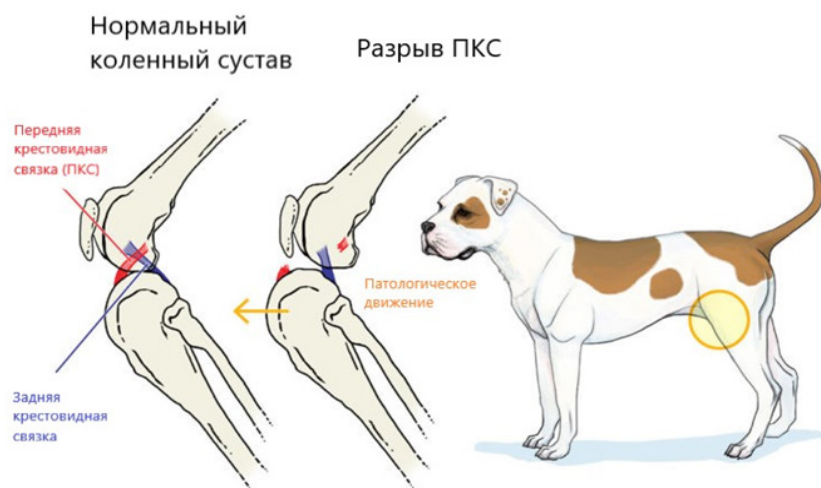


Рисунок 1. Повреждения связки.

Кроме хромоты хозяева могут обратить внимание на щелчки при сгибании и разгибании лапы; при сидении больная лапа отставлена в сторону для снятия нагрузки; при стоянии осуществляется опора на край лапы; семенящая ходьба; отёк тканей области сустава; отказ от привычной активности.

Диагноз ставят комплексно, на основании данных анамнеза, клинического обследования и специальных методов исследования (рентгенография, УЗИ-диагностика, МРТ, артроскопия). Выполняют специфические тесты, которые

считаются положительными при наблюдении подвывиха голени относительно бедра. Тесты могут давать отрицательный результат при давней травме, когда развивается периапартулярный фиброз, частичном разрыве ПКС или при очень хорошо развитой мышечной массе собаки.

Первый тест – компрессии голени (компрессионный тест Хендерсона) – собака находится в боковом положении, больная конечность вытянута, коленный сустав зафиксирован, указательный палец на бугристости большеберцовой кости, второй рукой выполняется сгибание в скакательном суставе. При положительной реакции голень смещается вперед, ощущается патологическое движение бугристости.

Второй тест – краниального «выдвижного ящика» (краниальное натяжение) собака находится в боковом положении, больная конечность сверху, одной рукой зафиксирована бедренная кость, вторая фиксирует голень и пытается сместить её краниально. Положительным считается смещение голени относительно мыщелков бедра.

Тесты лучше выполнять под седативным воздействием, когда возможно максимальное истинное расслабление сустава [3].

При рентгенологическом исследовании отмечают изменения в области надколенника, с медиальной стороны коленного сустава и сезамовидных костей – будут присутствовать остеофиты, склероз поверхности сустава, в полости свободные фрагменты хрящевых и костных структур, периапартулярный отёк. Рентген диагностика позволяет определить последствия разрыва ПКС, чаще деформирующий остеоартроз и не будет очень специфическим исследованием.

МРТ коленного сустава позволит оценить костные структуры, их изменения, определить наличие остеофитов. Состояние менисков и связок оценить данным методом сложно.

Непосредственно разрыв ПКС, повреждение мениска, частичные разрывы можно диагностировать с помощью УЗИ-диагностики – у собак с частичным разрывом ПКС наблюдается отёк тканей области колена и боль при полностью разогнутом коленном суставе.

Возможно применение артроскопического исследования коленного сустава, особенно при частичном разрыве ПКС и при отрицательных тестах. Данный метод малоинвазивен, позволяет оценить состояние менисков, частично или полностью их удалить, удалить остатки ПКС с дальнейшей стабилизацией коленного сустава.

Лечение может выполняться несколькими методами в зависимости от нескольких факторов: масса тела собаки, угол плато большеберцовой кости, срок болезни и прочее. Но любой подход направлен на устранение боли и улучшение качества жизни собаки, предотвращения развития тяжёлого прогрессирующего артроза. На сегодняшний день существует два метода лечения – консервативный (терапевтический) и оперативный (хирургический).

Терапевтический метод эффективен при частичном разрыве ПКС и при лечении собак массой мене 13,5 кг – строгое ограничение подвижности на 6-8 недель,

применение нестероидных противовоспалительных средств (НПВС), физиотерапии и фиксирующего ортеза, а также мероприятия по снижению веса животного. При использовании НПВС устраняют боль, снижают воспаление тканей коленного сустава. Спектр применяемых НПВС сейчас достаточно широк, можно использовать препараты на основе мелоксикама, кетопрофена, фирококсиба. При назначении обязательно стоит учитывать вероятность раздражения слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта с последующим изъязвлением и эрозированием, осторожно применять у собак с нарушением почек и печени вследствие гепатотоксичности и нефротоксичности препаратов. Однако, данные средства маскируют боль и животное начинает вести активный образ жизни, разрушая сустав.

Фиксирующий ортез применяют только, как часть комплексного лечения, при условии строгого ограничения подвижности и активности животного [4].

Часто данная терапия не приводит к улучшению состояния, её возможно применять при непереносимости наркоза и как решение хозяина. Поэтому применяют хирургическое лечение, целью которого является ревизия сустава с удалением или без повреждённых частей медиального мениска, стабилизация коленного сустава, возвращение нормальной опоры конечности с уменьшением силы, вызывающей сильные нагрузки в коленном суставе. Существует несколько методов – внутрикапсулярные, внекапсулярные и вокругсуставные. В основном они делятся на две группы – реконструкция ПКС разными методами и модификация биомеханики коленного сустава [5].

Внутрикапсулярные методы – восстанавливают стабильность сустава заменой связки трансплантантом (прямая пателлярная связка, клин коленной чашечки, пателлярное сухожилие, широкая фасция), который располагают в анатомическом месте ПКС. Он приживается, восстанавливается его кровообращение и напоминает здоровую ПКС. Для биомеханики коленного сустава такая полная замена ПКС очень положительна. В тоже время, на эту связку сразу идёт нагрузка, которая мешает приживлению, а если у собаки имеется деформация коленного сустава, новая связка разрывается без возможности повторной замены.

Внекапсулярные методы – стабилизируют коленный сустав швом или мягкими тканями. Применяют латеральный или фаберелло-тибиальный шов (ФТШ), транспозицию мышц [5,6].

ФТШ – быстрая и экономичная операция, подходит для собак массой 12-15 кг, возвращает функцию конечности, опора восстанавливается на 7-14 день, к 12 неделе исчезает хромота. Сустав стабилизируется фиброзной тканью вокруг импланта. Однако, возможно избыточное разрастание ткани, утолщение, отёк мягких тканей вокруг сустава, что является признаком артрита или большой рубцовой тканью. Поэтому около 8% собак требуют иного подхода.

Транспозиция мышц – сустав стабилизируется за счёт переноса дистального конца бицепса бедра и дистального конца портняжной мышцы на гребень большеберцовой кости. Метод экономичен, подходит собакам разного веса,

опора восстанавливается через 4–6 недель, полностью хромота исчезает на 5 месяц. В этом методе также имеются недостатки – длительное восстановление, вторичное повреждение медиального мениска, развитие остеоартроза. До восстановления опоры необходимо ограничивать подвижность, что не всегда выполнимо, поэтому наблюдается отрыв перемещённых во время операции мышц.

Вокругсуставные методы – остеотомии TPLO, ТТА, ТТО – основаны на изменении анатомических структур сустава для его восстановления.

TPLO (tibial plateau leveling osteotomy – выравнивание остеотомии плато большеберцовой кости) – один из самых надёжных методов, уменьшает угол большеберцовой кости и силы движения при разгибании обеспечивают динамическую стабильность сустава. Выполняется распиливание кости, поворот плато большеберцовой кости, фиксация пластинами («лист клевера») и винтами, для уменьшения разрывающей связки силы. Подходит собакам любого веса с углом плато более 15 градусов. Опора восстанавливается достаточно быстро, на 7 день собаки активно пользуются лапой, меньше случаев развития артроза. Метод хорошо подходит крупным и спортивным породам собак. Послеоперационный период не требует сильного ограничения активности, применяют антибиотики, НПВС, обрабатывают швы. Из осложнений возможно инфицирование пластин (до 2%), отрыв бугристости большой берцовой кости (до 4%), вторичное повреждение мениска (до 3%).

ТТА (tibial tuberosity advancement – выдвижение бугристости большеберцовой кости) – во время разгибания создаётся дополнительная динамическая тяга, направляющая плато большеберцовой кости в её естественное положение. Метод подходит собакам различной массы тела, с углом плато менее 15 градусов. Послеоперационный период стандартный. Опора возвращается быстро, но возможны послеоперационные серомы (до 30% случаев) и отрыв бугристости большой берцовой кости (до 16%). Данный метод менее удачен, чем TPLO, поэтому реже применяется.

ТТО (triple tibial osteotomy – тройная остеотомия большеберцовой кости) – меняется анатомия плато большеберцовой кости. Метод подходит собакам с углом плато менее 15 градусов. Однако, операция травматична, есть послеоперационные осложнения (отрыв бугристости большой берцовой кости до 40%). Данный метод применяют нечасто [4–6].

Материал и методы исследований. При выполнении работы использовали клинические, специальные и статистические методы исследований. Экспериментальные исследования были организованы и проведены в условиях частной ветеринарной клиники г.Симферополя в период июнь–сентябрь 2023. При анализе данных журнала амбулаторного приёма животных установили, что на данную патологию приходится 60% от общего числа нарушений коленного сустава.

На приёме с жалобой на повреждение ПКС обращались в основном владельцы собак небольших пород (йоркширский терьер, чихуахуа, метис) из которых собрали группу для исследования в количестве 14 голов. Животные в

основном 5-7 летнего возраста, содержание домашнее, с регулярным выгулом, кормление – сухими (коммерческими) кормами. Владельцы животных обращались в клинику с основной жалобой «хромота», «боль при движении», «перестаёт наступать на лапу». Диагностику выполняли комплексно: собирали анамнез, проводили клинический ортопедический осмотр и рентгенологическое исследование, применяли тест краниального «выдвижного ящика» (краниальное натяжение). При осмотре у всех животных отмечали характерные щелчки при движении, изменение позы при сидении (больная конечность отведена), отёк тканей в области коленного сустава. При выполнении рентгенологического обследования преобладало смещение угла наклона в суставе. Семь животных получили хирургическую помощь методом коррекции разрыва ПКС, а именно – ФТШ. Это обусловлено небольшими анатомическими размерами коленного сустава собаки. Семь животных получили терапевтическое лечение, так как хозяева отказались от операции по разным причинам. Хозяева были проинформированы, что излечения разрыва не будет, произойдёт маскировка боли и в перспективе у животного возможно развитие неоперабельного остеоартрита.

Перед оперативным вмешательством все животные проходили предоперационное обследование (общий и биохимический анализ крови, эхокардиографию).

Результаты и обсуждение. Выполнение полной схемы клинического исследования, ортопедического осмотра и проведение рентгенографического исследования позволили точно установить диагноз полный разрыв передней крестовидной связки. Далее применяли два подхода.

Для животных с терапевтическим подходом применяли следующую схему: нестероидные противовоспалительные средства (НПВС) – «Петкам» (блокируют боль непосредственно в суставе), анальгетики – блокируют боль в головном мозге, бандаж на конечность для уменьшения нагрузки, ограничения игр и прогулок, диета для снижения массы тела.

Пёс Фунтик, 4 года, метис. Обращение с жалобой на хромоту, периодически подвешенную конечность. Точные сроки и обстоятельства начала болезни неизвестны. Тест компрессии голени (тест Хендерсона) положительный, рентгенографическое исследование – нестабильность коленного сустава, смещение угла бедренной кости (рис.2)

Изначально отмечали улучшение общего состояния – исчезла хромота, животное опиралось на конечность, вело подвижный образ жизни. Хозяева были довольны исходом заболевания. Однако, через 1,5 месяца вернулась хромота, скованность при ходьбе, отсутствовало желание играть, рычание при касании к суставу. Повторное исследование и рентген установили признаки остеоартрита (рис.3).

Таким образом, применяемое консервативное лечение позволило на время стереть основные симптомы – хромоту и боль, однако полного излечения не наступило, возникли осложнения. В дальнейшем Фунтику были назначены НПВС «Римадил», лечебная диета, контроль веса, ограничения нагрузки, избегать скользкого пола, применять пандус.



Рисунок 2. Смещение поверхности бедренной кости в отношении поверхности большой берцовой. Пёс Фунтик, 4 года, метис.



Рисунок 3. Нарушения коленного сустава при остеоартрите (изменено расстояние между большеберцовой и бедренной костью). Пёс Фунтик, 4 года, метис.

В отношении остальных шести собак после назначения консервативного лечения отмечалась схожая картина. Всем хозяевам было рекомендовано схожее назначение. Возможности провести артропластику изменённого сустава, как метод лечения, к сожалению, не было.

Для животных с хирургическим подходом в связи с небольшими размерами собак применялся достаточно эффективный метод искусственной связки. Все животные показали хорошую переносимость операции и прохождение послеоперационного периода.

Пёс Чича, 3 года, метис. Обращение «резкая боль в коленном суставе, внезапно, во время игры с другими собаками на прогулке». На приёме – сильная болезненность при сгибании-разгибании сустава, отёк, нет опоры на больную конечность, держит полусогнутой. Компрессионный тест Хендерсона положительный, рентгенографическое исследование – нестабильность коленного сустава, смещение угла бедренной кости (рис.4). Выполнена предоперационная подготовка. Противопоказаний не установлено. Проведено хирургическое лечение методом искусственной связки. Послеоперационный уход включал обработку швов, назначение антибиотика «Цефтриаксон», НПВС «Петкам». На

третий день исчез отёк, опора на лапу на шестой день.



Рисунок 4. Смещение бедренной кости относительно большой берцовой.

Пёс Чича, 3 года, метис.

Пёс Боня, 5 лет, йоркширский терьер. В анамнезе – левая задняя лапа не имеет опоры, постоянно в подвешенном согнутом состоянии. Со слов владельца – произошло внезапно на прогулке. Под седацией выполнен тест краниального «выдвижного ящика» – патологическая подвижность коленного сустава. На рентгенологическом исследовании характерный угол смещения бедренной кости и разрыв связки (при согнутом колене более очевидно-видно). Предоперационные исследования противопоказаний не установили. Выполнен латеральный доступ. На послеоперационном рентгене отсутствует смещение бедренной кости относительно большой берцовой (рис.5). Отёк исчез на второй день, опора на лапу на пятый день.



А



Б

Рисунок 5. Первоначальный (А) и послеоперационный (Б) рентген.

Пёс Боня, йоркширский терьер, 5 лет.

Пёс хорошо перенёс наркоз, операцию, послеоперационный период. Период восстановления занял пять дней.

Собака Лилу, порода чихуахуа, 3 года. После прыжка с дивана начала хро-

мать и держать правую заднюю лапу полусогнутой без опоры. При клиническом исследовании установили отёк конечности, боль в области коленного сустава, тест краниального «выдвижного ящика» под седацией положительный (сильно подвижный сустав). Характерные изменения на рентгене. Проведено предоперационное исследование и выполнен метод фиксации специальной полимерной нитью посредством латерального шва. Операцию животное перенесло хорошо, после выхода из наркоза сразу отправлено домой. На послеоперационном рентгене положительный исход операции (рис.6).



Рисунок 6. Послеоперационный рентген. Собака Лилу, чихуахуа, 3 года.

На момент снятия швов собака Лилу передвигалась уверенно сама, опираясь на все четыре лапы, без сложностей.

Выводы. При лечении терапевтическим методом наблюдали прогнозируемые результаты исхода с осложнением в виде остеоартрита. При лечении хирургическим методом искусственной связки отмечали высокий уровень (порядка 98%) восстановления функции коленного сустава и конечности. Опорная функция конечности восстанавливалась на 14 день в полном объёме. В тоже время, ряд авторов считает, что окончательное и полное восстановление происходит только через год после операции. Разнообразие существующих методик хирургического восстановления функции при разрыве переднекрестообразной связки у собак позволяет применять индивидуальный подход, исходя из размеров животного (крупным породам совершенно не подходит фабело-тибиальный шов), степени изменения сустава, возможностей хозяина. Хирургическое восстановление остаётся самым эффективным методом лечения разрыва связки, хотя и обеспечивает лишь временную стабилизацию, но создаёт условия для развития фиброза околоуставных тканей.

Список использованных источников.

1. Binversie E.E. Canine ACL rupture: a spontaneous large animal model of human ACL rupture / E.E. Binversie et al. // BMC Musculoskelet.

References:

1. Binversie E.E. Canine ACL rupture: a spontaneous large animal model of human ACL rupture / E.E. Binversie et al. // BMC Musculoskelet.

Disord. – 23 (2022). – 23-116.

2. Cook J.L. Cranial cruciate ligament disease in dogs: biology versus biomechanics / Cook J.L. – Vet. Surg. – 39 (2021). – 270–277.

3. Brioschi V. Cranial cruciate ligament rupture in small dogs (<15 kg): a narrative literature review / V. Brioschi, G.I. Arthurs // J Small Anim Pract. – 62 (12), Dec. 2021. – 1037-1050.

4. Masakazu S. Prophylactic Efficacy of Tibial Plateau Levelling Osteotomy for a Canine Model with Experimentally Induced Degeneration of the Cranial Cruciate Ligament / Masakazu S., Nobuo K. et al. // Vet Comp Orthop Traumatol. – 35 (1). Jan. 2022. – 18-25.

5. Шебиц Х. Оперативная хирургия собак и кошек / Х.Шебиц, В.Брасс. Перев. с нем. В. Пулинец, М.Степкин. – М.: ООО «Аквариум-Принт», 2007. – 512 с.

6. Fossum T.W. SMALL ANIMAL SURGERY/ T.W.Fossum. – ELSEVIER, 2019. – 5th Ed. – 1629 p.

Disord. – 23 (2022). – 23-116.

2. Cook J.L. Cranial cruciate ligament disease in dogs: biology versus biomechanics / Cook J.L. – Vet. Surg. – 39 (2021). – 270–277.

3. Brioschi V. Cranial cruciate ligament rupture in small dogs (<15 kg): a narrative literature review / V. Brioschi, G.I. Arthurs // J Small Anim Pract. – 62 (12), Dec. 2021. – 1037-1050.

4. Masakazu S. Prophylactic Efficacy of Tibial Plateau Levelling Osteotomy for a Canine Model with Experimentally Induced Degeneration of the Cranial Cruciate Ligament / Masakazu S., Nobuo K. et al. // Vet Comp Orthop Traumatol. – 35 (1). Jan. 2022. – 18-25.

5. Shebits H. Operative surgery of dogs and cats / H.Shebits, V.Brass. Perv. with him. V. Pulinets, M. Stepkin. – М.: LLC "Aquarium-Print", 2007. – 512 p.

6. Fossum T.W. SMALL ANIMAL SURGERY/ T.W.Fossum. – ELSEVIER, 2019. – 5th Ed. – 1629 p.

Сведения об авторах:

Бамбуляк Николай Фёдорович – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры внутренней патологии животных факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: 58golov@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

Шведова Алла Дмитриевна – обу-

Information about the authors:

Bambulyak Nikolai Fedorovich – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Internal Pathology of the Faculty of Veterinary Medicine of the Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: 58golov@mail.ru, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

чающаяся 5 курса направления специальности 36.05.01, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: therapy-catu@yandex.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

Schvedova Alla Dmitrievna – is a 5th-year student of the student in the specialty 36.05.01, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: therapy-catu@yandex.ru, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

УДК 636.4.082.455:577.118

**ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ
ПРИМЕНЕНИЯ
ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ
ПРЕПАРАТОВ У СУПОРОСНЫХ
СВИНОМАТОК**

Мельник В.В., кандидат ветеринарных наук, доцент;

Цыцылина В.А., обучающаяся.

Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

**FEASIBILITY OF USING
IRON-CONTAINING
PREPARATIONS IN
GESTATING
SOWS**

Melnik V.V., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor

Tsytsylyna V.A., student.

Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University».

В статье представлены результаты применения у супоросных свиноматок таких железосодержащих препаратов как седимин и суиферровит-А, с целью профилактики алиментарной анемии у поросят. Животных разделили на две группы, первой группе инъектировали седимин в дозе 9 мл/гол, второй - суиферровит-А в дозе 20 мл/гол внутримышечно, двукратно за 30 и 15 дней до опороса.

Результаты, полученные в процессе эксперимента, свидетельствовали о том, что под воздействием двух противоанемических препаратов, морфологические показатели крови поросят находились в пределах физиологической нормы. Оба испытуемых препарата могут быть успешно применены для обработки супоросных свиноматок за 30 и 15 дней до планируемых опоросов, но лучшие результаты получены после применения седимина.

Ключевые слова: заболевания крови, железодефицитная анемия,

The article presents the results of application of such iron-containing preparations as Sedimin and Suiferrovit-A in gestating sows in order to prevent nutritional anemia in piglets. The animals were divided into two groups, the first group was injected with sedimine at a dose of 9 ml/year, the second - with suiferrovit-A at a dose of 20 ml/year intramuscularly, twice 30 and 15 days before farrowing.

The results obtained during the experiment indicated that under the influence of two anti-anemic preparations, morphological parameters of piglets' blood were within the physiological norm. Both tested preparations can be successfully applied for treatment of gestating sows 30 and 15 days before planned farrowing, but the best results were obtained after application of sedimine.

Keywords: blood diseases, iron deficiency anemia, piglets, disease

поросята, симптомы заболевания, *symptoms, prophylactic therapy, профилактическая терапия, железодекстрановые препараты, седимин, суиферровит, гемоглобин, гематокрит.*

Введение. Животноводство и растениеводство в России и Крыму являются ключевыми отраслями сельского хозяйства. Развитие свиноводства имеет особое значение в связи с растущим спросом на свинину. Поэтому, развитие этой отрасли является приоритетной и выгодной инвестицией.

Мясо и мясопродукты получаемые от хозяйств по выращиванию и содержанию свиней составляют 40% от общего потребления. Качество продукции прямо пропорционально зависит от кормления, содержания, а так же от технологических процессов выращивания. Для нормального функционирования организма свиней важно обеспечение их всеми необходимыми питательными веществами и особенно железом. Превалирующую роль в обменных процессах организма, особенно у поросят-сосунов, занимает минеральное питание. При недостаточном минеральном питании нарушаются обменные процессы организма, ухудшается рост и развитие, а так же значительно снижаются качественные показатели продукции [1, 5, 6].

Задача, стоящая перед ветеринарной службой, заключается в предотвращении заболеваний у животных, как инфекционных, так и незаразных и поддержании их здоровья [3].

Любое заболевание легче предотвратить, чем лечить [2], поэтому тема, посвященная своевременной профилактике алиментарной анемии у поросят, посредством использования железосодержащих препаратов супоросным свиноматкам, всегда была и остается актуальной.

Цель работы - апробировать два железосодержащих препарата (седимин и суиферровит-А) на супоросных свиноматках с целью профилактики возникновения железодефицитной анемии у поросят.

Материал и методы исследований. Материалом исследований были супоросные свиноматки крупной белой породы, в количестве 10 голов, а также поросята (20 гол.). принадлежащие свинокомплексу «Велес-Крым», с. Винницкое, Симферопольского района, Республики Крым, и кровь, полученная от них. Опыт проводили с января по март 2023 года.

Перед постановкой эксперимента мы провели предварительный отбор свиноматок и провели первичный клинический осмотр с целью выявления возможных патологий. Затем, среди 10 обследованных животных, сформировали две группы, каждая из которых состояла из пяти голов.

Свиноматкам первой экспериментальной группы, внутримышечно вводили препарат седимин в дозе 9,0 мл двукратно за 30 и 15 дней до опороса. Животным второй группы вводили препарат суиферровит-А в дозе 20,0 мл, так же двукратно за месяц и две недели до опороса [4].

Кроме маток, нами были исследованы две группы новорожденных поросят по 10 голов в каждой. Одна группа поросят-сосунов от опороса самок, которые были обработаны препаратом седимин, вторая группа - от опороса самок, инъецированных препаратом суиферровит-А.

Как сказано ранее, всех животных подвергали клиническому исследованию, а кровь морфологическим исследованиям, в частности, проводили определение количества эритроцитов, лейкоцитов, содержания гемоглобина. В последующем, математически рассчитывали содержание гемоглобина в одном эритроците (СГЕ) и цветовой показатель (ЦП).

Результаты и обсуждение. Алиментарная анемия является одним из основных незаразных заболеваний крови, которое характерно для сельскохозяйственных животных и особенно, для свиней. По этой причине нарушается кроветворная функция многих органов, иммунополез и обмен веществ, замедляется рост и развитие молодняка и, как следствие, увеличивается вероятность возникновения инфекционных заболеваний. В силу предотвращения этой проблемы, многими ветеринарными специалистами и нами, предлагаются железосодержащие препараты с целью профилактики и лечения железодефицитной анемии у свиней.

Основными критериями отбора супоросных свиноматок были: порода (крупная белая), возраст (до 2-х лет), масса тела (не менее 120-150 кг), одинаковое кормление, содержание, осеменение в ориентировочно одинаковый период времени. Временной разрыв между опоросами проходил в пределах 1-1,5 месяцев. От каждой матки, для скрининга гематологического профиля крови, отбирали по 2 поросенка, делали ушные метки с целью неоднократных исследований крови.

Придерживаясь принципа комплексности, мы изучали клинические показатели и проводили гематологические исследования.

Клинические показатели имеют важное значение в постановке предварительного диагноза, тем более, что признаки алиментарной анемии характерные. В нашем случае, все поросята-сосуны были достаточно подвижными, активно сосали матку, видимые слизистые оболочки глаз и пяточка были розового цвета. Кожа бледно-розового цвета, эластичная, кожная складка быстро расправляется, щетина плотно прилегает к телу, с характерным блеском. В первые дни жизни, у молодняка обеих групп, температура тела в среднем составила $38,2 \pm 0,10^{\circ}\text{C}$, в двух-недельном возрасте $39,4 \pm 0,09^{\circ}\text{C}$. Частота сердечных сокращений и дыхания сильно варьировали, вследствие их чрезмерной активности.

Основными показателями, характеризующими норму или отклонения со стороны крови, были и остаются гематологические показатели.

Результаты обобщенных морфологических показателей крови поросят в возрасте 1 сутки и 14 дней, полученных от свиноматок, стимулированных железосодержащими препаратами, представлены в ниже следующих таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Обобщенные морфологические показатели крови у суточных поросят экспериментальных групп $M \pm m$ (n=10)

Показатели	Физиологическая норма для суточных поросят	1-я подопытная группа	2-я подопытная группа
Гемоглобин, г/л	91,0 – 103,0	96,89 ± 1,54	92,51 ± 1,23*
Эритроциты, Т/л	4,5 - 5,5	5,1 ± 0,08	5,2 ± 0,13
Лейкоциты, Г/л	5,0 – 13,0	8,69 ± 2,50	9,73 ± 3,41
СГЭ п/г	18,8 – 21,0	19,09 ± 0,35	17,96 ± 0,33**
ЦП	1 - 1,05	0,98 ± 0,02	0,94 ± 0,04

Примечание: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ между группами.

Нормативы крови у поросят изложены согласно данным Васильева Е.А. (1982 г) и Воскобойник В.Ф. (1991 г).

Данные, представленные в выше указанной таблице 1, свидетельствуют о том, что показатели нативной крови находятся в пределах нормы у поросят обеих экспериментальных групп. Так, содержание гемоглобина у поросят первого дня жизни подопытной группы №1, маткам которых двукратно до опороса инъектировали седимин, находится в пределах границы среднего статистического показателя (по норме возраста – 95,9/л.), в то время как у молодняка второй подопытной подгруппы, он находится в нижних границах минимального критерия с достоверной разницей ($p < 0,05$). Количество эритроцитов и лейкоцитов достоверно не отличаются. При расчете содержания гемоглобина в эритроците и цветового показателя просматривается следующая картина. У поросят первой подгруппы СГЭ было достоверно выше, чем у животных второй подгруппы (** $p < 0,01$), ЦП в первом случае ориентировочно достиг нормы 1,0, во втором – все же был не достаточно стабильным и составил 0,94.

С целью мониторинга морфологических данных и возможного установления более наглядных различий в показателях крови молодняка, мы решили провести повторные исследования спустя две недели.

В ниже следующей таблице 2, представляем гематологические показатели крови у поросят двухнедельного возраста.

Таблица 2. Обобщенные морфологические показатели крови у поросят экспериментальных групп (возраст 14 дней) $M \pm m$ (n=10)

Показатели	Физиологическая норма для поросят возраст 14 дней.	1-я подопытная группа	2-я подопытная группа
Гемоглобин, г/л	86,0 – 105,0	103,39 ± 1,14	96,41 ± 1,58**
Эритроциты, Т/л	3,8 - 6,8	5,8 ± 0,07	5,4 ± 0,08**
Лейкоциты, Г/л	5,0 – 17,0	8,93 ± 1,47	10,51 ± 2,40
СГЭ п/г	16,8 – 21,0	17,8 ± 0,25	16,9 ± 0,43
ЦП	1 - 1,15	0,99 ± 0,02	0,93 ± 0,03

Примечание: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ между группами.

Цифровые показатели таблицы 2, свидетельствуют о том, что ближе к двухнедельному возрасту содержание гемоглобина повысилось, по сравнению с первоначальными данными у молодняка обеих групп, но в сравнении друг с другом достоверно этот показатель был выше у поросят первой подопытной группы (** $p < 0,01$). Такая же тенденция наблюдалась и в показателе эритроцитов. При расчете СГЭ и ЦП достоверных отличий не установили, хотя следует отметить низкий цифровой фон ЦП у молодняка второй подопытной группы, маткам которых мы инъектировали суиферровит – А.

Вывод. Резюмируя вышесказанное, отмечаем, что оба испытуемых препарата могут быть успешно применены для обработки супоросных свиноматок за 30 и 15 дней до планируемых опоросов, но лучшие результаты получены после применения седимина в дозе 9 мл/гол.

Список использованных источников:

1. Алимов, А. М. Анемия поросят: профилактика и лечение / А. М. Алимов // Ветеринарный врач. - 2005. - № 2. - С. 68-69.
2. Бирюков, М. Железодефицитная анемия поросят: профилактика / М. Бирюков // Животноводство России. – 2014. – Спец. вып. – С. 27-32.
3. Гасанов, А.С. Анемия и препараты, применяемые при её лечении и профилактике / А.С. Гасанов, Д.Р. Амиров, Д.М. Мухутдинова, А.П. Овсянников, З.Г. Чурина, Н.В. Шамсутдинова / Учебное пособие. – Казань, 2020. – 58с.
4. Пат. № 2623071 Российская Федерация ПМК А61К 31/295, А61К 31/4406, А61К 31/714, А61Р 3/02, А61Р 7/06. Лечебно-профилактический хелатный железосодержащий препарат для сельскохозяйственных животных /Оробец В. А., Серов А. В., Соколова Е. А., Блинов А. В., Севостьянова О. И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет». – № 2016138634; заявл. 29.09.2016; опубл. 21.06.2017, Бюл. №

References:

1. Alimov, A. M. Anemia of piglets: prevention and treatment / A. M. Alimov // Veterinary doctor. - 2005. - № 2. - С. 68-69.
2. Biryukov, M. Iron deficiency anemia of piglets: prevention / M. Biryukov // Livestock of Russia. - 2014. - Special issue - P. 27-32.
3. Hasanov, A.S. Anemia and drugs used in its treatment and prevention / A.S. Hasanov, D.R. Amirov, D.M. Mukhutdinova, A.P. Ovsyannikov, Z.G. Churina, N.V. Shamsutdinova / Tutorial. - Kazan, 2020. - 58 p.
4. Pat. No. 2623071 Russian Federation PMK A61K 31/295, A61K 31/4406, A61K 31/714, A61R 3/02, A61R 7/06. Therapeutic and prophylactic chelated iron-containing preparation for farm animals / Orobets V. A., Serov A.V., Sokolova E. A., Blinov A.V., Sevostyanova O. I.; applicant and patent holder of the Federal State Educational Institution of Higher Education «Stavropol State Agrarian University». – No. 2016138634; application 29.09.2016; publ. 21.06.2017, Bul. No. 19. – 18 p.

19. – 18 с.

5. Brady P.S., Ku P.K., Ullrey D.E., Miller E.R. Evaluation of an amino acid-iron chelate hematinic for the baby pig. J. Anim. Sci. – 1998. – P.1135–1140.

6. Egeli A., Framstad T., Grønningen D. The effect of peroral administration of amino acid-chelated iron to pregnant sows in preventing sow and piglet anaemia. Acta Vet Scand. – 1998. – P 77-78.

5. Brady P.S., Ku P.K., Ullrey D.E., Miller E.R. Evaluation of an amino acid-iron chelate hematinic for the baby pig. J. Anim. Sci. – 1998. – P.1135–1140.

6. Egeli A., Framstad T., Grønningen D. The effect of peroral administration of amino acid-chelated iron to pregnant sows in preventing sow and piglet anaemia. Acta Vet Scand. – 1998. – P 77-78.

Сведения об авторах:

Мельник Валентина Васильевна – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры внутренней патологии животных Института «Агротехнологическая академия ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: valy0673@mail.ru, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Цыцылина Валерия Александровна - студентка 4 курса факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского», e-mail: valeriatsytsylyna@yandex.ru, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Information about the authors:

Melnik Valentina Vasil'evna – candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of internal pathology of animals of the Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: valy0673@mail.ru, Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

Tsytsylyna Valeria Alexandrovna - 4th year student of the Faculty of Veterinary Medicine of the Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: valeriatsytsylyna@yandex.ru, Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

УДК 636.52/.58:636.087

**ОЦЕНКА СОЧЕТАННОГО
ВЛИЯНИЯ ОЗОНА И
ПРОБИОТИЧЕСКОГО
ПРЕПАРАТА
«БАЦЕЛЛ-М» НА
КЛИНИЧЕСКИЙ СТАТУС И
СОХРАННОСТЬ ЦЫПЛЯТ
ЯИЧНЫХ КРОССОВ**

**ASSESSMENT OF THE
COMBINED EFFECT OF
OZONE AND THE PROBIOTIC
DRUG «BACELL-M»
ON THE CLINICAL
STATUS AND SAFETY OF EGG
CROSS
CHICKENS**

Кораблева Т.Р., доктор ветеринарных наук, профессор;

Сенчук И.В., кандидат ветеринарных наук, доцент, Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

Korableva T. R., Doctor of Veterinary Sciences;

Senchuk I.V., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»

*В работе представлены экспериментальные данные по изучению влияния озона для обработки кормов, пораженных грибами, на фоне скормливания кормовой пробиотической добавки «Бацелл-М». В результате микологических и микотоксикологических исследований из комбикорма выделен *Aspergillus flavus*, а в кормах установлено наличие афлотоксина. На основании клинических данных и результатов лабораторного исследования крови подопытных цыплят установлено, что сочетанное применение обработанного озоном корма с одновременным введением в рацион пробиотика «Бацелл-М» обладает выраженным антитоксическим эффектом.*

Ключевые слова: пробиотическая кормовая добавка «Бацелл-М», озонирование, Белый Лекгорн, общий белок сыворотки крови, АсАТ, АЛАТ, глюкоза крови

*The paper presents experimental data on the study of the effect of ozone for the treatment of feed affected by fungi, against the background of feeding the feed probiotic additive "Bacell-M". As a result of mycological and mycotoxicological studies, *Aspergillus niger* was isolated from mixed feed, and the presence of aflatoxin was found in the feed. Based on clinical data and the results of laboratory blood tests of experimental chickens, it was found that the combined use of ozone-treated feed with simultaneous introduction of the probiotic Bacell-M into the diet has a pronounced antitoxic effect.*

Keywords: probiotic feed additive "Bacell-M", ozonation, White Leghorn, total serum protein, AsAT, ALAT, blood glucose

Введение. Птицеводство является наиболее динамично развивающейся отраслью сельского хозяйства. Это объясняется высокой экономической рентабельностью, обусловленной использованием современных высокопродуктивных мясных и яичных кроссов птицы. Особенно быстрыми темпами растет производство мяса птицы, потребление которого в стране по данным за 2016 г. превысило 30 кг на душу населения [1]. В этой связи особое значение приобретает обеспечение растущего поголовья достаточным количеством доброкачественных кормов.

В кормлении животных и птицы иногда вынужденно используются корма, пораженные различными родами (видами) грибов, что оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье животных. Микотоксины – это вторичные метаболиты микроскопических грибов (плесеней), обладающие токсичными свойствами. За их продукцию ответственны микромицеты родов *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Phomopsis*, *Emericella*, *Cephalosporium*, *Myrothecium*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Neopetromyces*, *Byssochlamys*, *Neotyphodium* и *Claviceps* [2, 3].

В Российской Федерации наиболее распространены фузариотоксины – Т-2 токсин, дезоксиниваленол и зеараленон. Микотоксины, поступая в организм с кормом, могут вызвать изменение состава микрофлоры в кишечнике, а, всасываясь в желудочно-кишечном тракте, оказать негативное действие на клетки, органы, ткани, физиологическое состояние животных. Микотоксины термостабильны и не разрушаются даже при высоких температурах. Микотоксикозы наносят значительный экономический ущерб по всему миру, включая даже такие высокоразвитые страны как США и Европейский Союз [4, 5]. Т-2 токсин часто встречается в зерне злаковых, соевых бобах и комбикормах, включая комбикорма для птиц [6].

При экспериментальной контаминации корма Т-2 токсином отмечалось существенное изменение состава микрофлоры кишечника цыплят [2]. Под сочетанным воздействием Т-2 токсина и афлатоксина В1 установлено значительное ухудшение клинического состояния цыплят-бройлеров, существенные гематологические изменения на фоне роста процента падежа [7].

Помимо этого, многие ученые отмечают реальную угрозу и конечному потребителю продукции птицеводства – человеку. Повышенная нагрузка на печень, которая обезвреживает поступающие токсины, может спровоцировать развитие различного рода гепатопатий [8]. Установлено, что наличие микотоксинов в кормах приводит к снижению качества мяса птицы [9].

Одним из наиболее экологически безопасных природных дезинфектантов является озон. Озонирование сочетает в себе высокую степень обеззараживания объектов от патогенной микрофлоры, обезвреживания ядовитых веществ, дезодорацию окружающей среды. Озон оказывает многообразное положительное влияние на пищевые продукты, повышая их биологическую ценность, задерживая развитие процессов деструктуризации, угнетая развитие вредной микрофлоры. Озон отличается высоким окислительным потенциалом, доступностью,

дешевизной и возможностью получения из воздуха на месте потребления. Он обладает многими свойствами: бактерицидным, фунгицидным, вирулицидным, дезодорирующим, инсектицидным, демеркуризационным, стимулирующим и др. Это многообразие свойств, присущих озону, открывает большие возможности его широкого применения в сельском хозяйстве [10, 11, 12, 13].

Ученые установили, что озонирование подавляло в зерне КМАФАНМ на 95 %, количество споровых бактерий – на 30 %, поверхностную микрофлору – на 70 %, а внутреннюю – на 50%. Наибольшей устойчивостью среди микрофлоры отличался *Aspergillus glaucus* [12].

Проведенные исследования свидетельствуют о возможности достижения надёжной детоксикации корма, контаминированного микотоксинами, путём обработки озон/NO-содержащей газовой смесью. Технологически приемлемыми параметрами и режимами обработки контаминированного микотоксинами корма озон/NO-содержащей газовой смесью являются концентрация озона – 3,5–4 мг/л при экспозиции не менее 40 минут [13].

Одной из основных проблем, сдерживающих применение систем и технологий озонирования в сельском хозяйстве, является отсутствие на рынке надёжных, простых, экономичных, безопасных, высокопроизводительных, а главное дешёвых озонаторов [14, 15].

Предложена для апробации в условиях производства птицефабрики «Приволжская» установка для обеззараживания кормов [16].

Рациональным способом борьбы с микотоксикозами (в частности с афлотоксикозом) считается предварительная обработка озоном зерна перед закладкой на хранение [17].

На современном этапе развития птицеводства одним из перспективных путей борьбы с микотоксинами является использование адсорбентов [18]. Большинство адсорбентов представлено в виде природных минеральных комплексов (цеолиты, бентониты, кварциты, глина, сланцы), которые характеризуются высокими адсорбционными и ионообменными свойствами [19]. В частности, установлено, что экобентокорм и витаминно-минеральная адсорбционная кормовая добавка (ВМАКД), способствуют уменьшению концентрации микотоксинов и тяжёлых металлов корма, применяемого для кур-несушек [20].

Имеются сообщения о положительном эффекте от использования препарата гепрасан для профилактики микотоксикозов у цыплят-бройлеров [21].

Другим путем борьбы с микотоксикозами является использование пробиотических препаратов. Так положительный эффект получен при введении в рацион цыплят пробиотика Провитола на фоне повышенного содержания нитритов и микотоксинов [22].

Учитывая многообразие структуры микотоксинов, можно сделать вывод, что не существует единого метода, который можно было бы использовать для их дезактивации. Следовательно, необходимо сочетать разные стратегии, чтобы специфически воздействовать на отдельные микотоксины, не влияя на качество корма.

Целью нашей работы было изучение влияния сочетанного использования корма, подвергнутого озонированию и кормовой пробиотической добавки «Бацелл-М» на организм цыплят.

Материал и методы исследований. Работа выполнялась в условиях личного крестьянского хозяйства, расположенного в Белогорском районе Республики Крым и на базе учебно-научной лаборатории кафедры микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы факультета ветеринарной медицины Института "Агротехнологическая академия" (структурное подразделение) ФГАОУ ВО "КФУ им. В.И. Вернадского. Экспериментальная часть исследований проведена в зимне-весенний период 2020 года.

Объектом исследования являлись цыплята породы Белый Лекгорн, комбикорм, кровь.

Все животные, которые использовались для опытных целей, содержались в надлежащих ветеринарно-зоогигиенических требованиях условиях, получали хозяйственный рацион.

Эксперименты производились в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 755).

Для экспериментальных исследований было сформировано 4 группы цыплят (по 25 голов в каждой группе):

- 1 группа – контрольная;
- 2 группа – первая подопытная;
- 3 группа – вторая подопытная;
- 4 группа – третья подопытная.

Цыплята первой подопытной группы получали озонированный комбикорм, цыплятам второй подопытной группы – вводили в рацион добавку кормовую пробиотическую "Бацелл-М", цыплятам третьей подопытной группы помимо комбикорма, обработанного озоном, дополнительно задавали добавку кормовую пробиотическую "Бацелл-М" в дозировке, рекомендуемой производителем.

Контрольная группа содержалась на комбикорме, не подвергнутом воздействию озона, пробиотическую кормовую добавку не получала.

Отбор средних проб кормов проводили в соответствии с действующими государственными стандартами (ГОСТ 13496.0-2016). Для оценки степени зараженности кормов спорами грибов и их токсинами образцы комбикорма были подвергнуты санитарно-микологическому анализу.

Первичное выделение грибов из кормов проводили путем посева их на питательную среду Сабуро.

Культивировали посевы при 22...25 °С. Сроки культивирования определяли по мере формирования колоний и образования характерного спороношения. После окончания культивирования проводили макро- и микроскопическое исследование культур. Выявление микроскопических грибов (микромикетов) в комбикорме проводили путем посева гранул, после предварительной поверхностной

обработки их в течение 30 минут 1% раствором формалина (с целью инактивации поверхностной расположенных спор микромицетов. Образцы после обработки формальном промывали стерильной дистиллированной водой и размещали стерильным пинцетом на поверхности плотной питательной среды. После формирования колоний проводили определение морфологических особенностей грибов.

Для определения микотоксинов в исследуемом корме применяли экспресс ROSA-тест по следующей методике: первоначально готовили экстракт. Потом его добавляли на специальную тест-полоску, после чего данный образец помещали в термостат. Через некоторое время получали результат, позволяющий определить наличие микотоксинов.

Живую массу цыплят определяли посредством взвешивания на электронных весах SF-400 в возрасте 30, 50 и 70 суток.

В цельной крови птиц устанавливали концентрацию глюкозы, гемоглобина, проводили подсчет количества эритроцитов и лейкоцитов.

В сыворотке крови определяли уровень общего белка, общего кальция, неорганического фосфора, активность аспаратаминотрансферазы (АсАТ) и аланинаминотрансферазы (АлАТ), концентрацию мочевой кислоты, креатинина и общего холестерина.

Отбор образцов крови проводили на 70 сутки от начала эксперимента.

Для исследований применяли унифицированные методики.

Полученные цифровые данные подвергали обработке на персональном компьютере методами вариационной статистики с вычислением средней арифметической (M), ошибки средней арифметической ($\pm m$), критерия достоверности Стьюдента (t).

Для озонирования корма применяли озонатор медицинского назначения «Алтай», по следующей схеме. Комбикорм помещали в эксикатор объемом 3 литра, закрывали крышкой со отверстием. В это отверстие вставляли трубку от озонатора «Алтай». Расход озono-воздушной смеси составил 1,0 м³/ч, при концентрации озона 10 г/м³. При подборе режима озонирования мы руководствовались литературными источниками, которые определили наиболее эффективную экспозицию действия озона на зерновые корма с целью их деконтаминации и сохранения питательных свойств.

Добавка кормовая пробиотическая Бацелл-М (производство ООО Биотехагро, Краснодарский край.) состоит из микробной массы живых бактерий *Bacillus subtilis* 945 (B-5225) в количестве не менее – 1×10^8 КОЕ/г (колониеобразующих единиц), *Lactobacillus paracasei* (B-2347) в количестве не менее – 1×10^6 КОЕ/г, *Enterococcus faecium* M-3185 (B-3491) в количестве не менее – 1×10^7 КОЕ/г, а также вспомогательных веществ (шрота подсолнечного, либо продуктов переработки зерновых или бобовых культур (83,95%), мела кормового (10%).

Результаты исследований и их обсуждение. Изменения отмечали после введения в кормление цыплят корма, потенциально пораженного грибами. При санитарно-микологической оценке комбикорма было выявлено поражение гра-

нул грибами рода *Aspergillus flavus*. При культивировании образцов на агаре Сабуро через 24–48 ч роста при 37°C образовывался беловатый пушистый налет. Через 72–96 ч вырастала массивная колония круглой формы с зеленовато-голубоватым оттенком в центре и беловатой каймой по периферии.

По результатам проведенного микотоксикологического исследования при помощи экспресс ROSA-теста в комбикорме выявлен афлотоксин.

При определении клинического статуса установлено, что у цыплят контрольной и второй подопытной групп отмечалось угнетение, снижение аппетита, характерная «нахохленная» поза, взъерошенность перьев, слизистые оболочки были бледно-розового цвета, вплоть до полной анемичности, наблюдали выделение помета водянистой консистенции зеленоватого цвета. У птиц первой подопытной группы подобная симптоматика была выражена значительной слабее, а у цыплят третьей подопытной группы практически не проявлялась на протяжении всего эксперимента.

Результаты гематологических и биохимических показателей крови цыплят представлены в таблице 1.

Таблица 1. Гематологические и биохимические показатели крови цыплят в 70-суточном возрасте ($M \pm m$), ($n=25$)

Показатель	Контрольная группа	Первая подопытная группа	Вторая подопытная группа	Третья подопытная группа
Эритроциты, $10^{12}/л$	$3,12 \pm 0,208$	$2,61 \pm 0,184$	$3,08 \pm 0,210$	$2,21 \pm 0,151^{***}$
Лейкоциты, $10^9/л$	$23,2 \pm 0,38$	$24,1 \pm 0,44$	$22,6 \pm 0,51$	$23,8 \pm 0,49$
Гемоглобин, г/л	$136,4 \pm 10,91$	$108,6 \pm 6,32^*$	$141,3 \pm 8,73$	$106,9 \pm 6,24^*$
Глюкоза, ммоль/л	$11,4 \pm 0,63$	$14,0 \pm 0,92^*$	$11,6 \pm 0,55$	$14,7 \pm 1,18^*$
Общий белок, г/л	$54,3 \pm 1,67$	$44,8 \pm 1,26^{***}$	$55,1 \pm 2,02$	$40,6 \pm 1,63^{***}$
АсАТ, Ед/л	$456,6 \pm 38,4$	$376,1 \pm 26,5$	$438,5 \pm 37,3$	$284,3 \pm 31,24^{**}$
АлАТ, Ед/л	$35,6 \pm 2,24$	$30,4 \pm 1,92$	$37,3 \pm 2,18$	$18,7 \pm 1,683^{***}$
Общий холестерол, ммоль/л	$4,4 \pm 0,181$	$3,58 \pm 0,172^{**}$	$4,28 \pm 0,177$	$2,9 \pm 0,18^{***}$
Креатинин, мкмоль/л	$38,4 \pm 2,88$	$37,6 \pm 2,65$	$42,4 \pm 2,61$	$41,6 \pm 2,94$
Мочевая кислота, мкмоль/л	$260,4 \pm 18,64$	$275,5 \pm 20,11$	$266,3 \pm 19,42$	$254,6 \pm 18,08$
Общий кальций, ммоль/л	$2,58 \pm 0,061$	$2,47 \pm 0,043$	$2,55 \pm 0,069$	$2,61 \pm 0,052$
Неорганический фосфор, ммоль/л	$2,10 \pm 0,091$	$2,12 \pm 0,010$	$2,13 \pm 0,098$	$2,11 \pm 0,106$

Примечание: * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$ по отношению к контрольной группе

Из данных, приведенных в табл.1, следует, что у цыплят контрольной группы отмечалось повышение количества эритроцитов и увеличение концентрации гемоглобина. Это по-нашему мнению носит относительный характер и свя-

зано с явлениями дегидратации организма вследствие поражения кишечника. Так в первой подопытной группе количество эритроцитов было на 16,3% ниже, а в третьей подопытной – на 29,1% ниже, чем в группе контроля, причем в последнем случае имелась статистически достоверная разница ($P<0,001$). Уровень гемоглобина у птиц в первой и третьей подопытных группах был достоверно ниже, чем в группе контроля ($P<0,05$) на 20,3 % и 21,6 % соответственно.

У цыплят второй подопытной группы гематологические показатели были сходны с контрольной группой.

Явления лейкоцитоза и лейкопении не отмечали не у одной из групп.

Также установлено, что уровень глюкозы у цыплят контрольной и второй подопытной групп был достоверно ниже ($P<0,05$), чем у первой и третьей подопытных групп. Данное явление мы связываем с определённым дефицитом энергии, возникшем из-за снижения функциональной активности энтероцитов вследствие их поражения микотоксинами. Наряду со сниженной концентрацией глюкозы у цыплят этих групп выявлено статистически достоверное повышение содержания общего белка сыворотки крови ($P<0,001$) на фоне повышения активности трансаминаз. Гиперпротеинемия и повышение активности АсАТ и АлАТ, согласно данным литературных источников, указывает на дистрофические изменения в печени. Умеренное повышение уровня общего холестерина, выявленное у цыплят, лишь подтверждает наше предположение.

Показатели, характеризующие состояние минерального обмена, а также уровень креатинина и мочевой кислоты у цыплят всех групп находились в сходных диапазонах без наличия достоверной статистической разницы между ними.

Данные по изучению живой массы цыплят в возрастной динамике сведены в таблице 2.

Таблица 2. Динамика живой массы и среднесуточного привеса цыплят ($M\pm m$), ($n=25$)

Показатель	Группа			
	Контрольная	Первая подопытная	Вторая подопытная	Третья подопытная
Живая масса птицы (г) в возрасте (суток)				
30 суток	188,6 $\pm$ 9,32	212,3 $\pm$ 10,15	191,3 $\pm$ 9,98	226,4 $\pm$ 11,2*
50 суток	434,3 $\pm$ 24,48	576,6 $\pm$ 35,45**	454,9 $\pm$ 34,87	611,3 $\pm$ 37,4***
70 суток	557,8 $\pm$ 57,53	806,1 $\pm$ 73,8**	561,3 $\pm$ 45,47	886,4 $\pm$ 85,6**
Среднесуточный прирост (г) в возрасте (суток)				
70 суток	7,96 $\pm$ 0,676	11,5 $\pm$ 1,035**	8,01 $\pm$ 1,72	12,6 $\pm$ 2,24*

Примечание: * $P<0,05$, ** $P<0,01$, *** $P<0,001$ по отношению к контрольной группе

Из табл. 2 следует, что на протяжении всего эксперимента цыплята, входившие в первую и третью подопытные группы, демонстрировали лучшие показатели по динамике живой массы. Так по окончании опыта, средняя масса птиц в первой подопытной группе превосходила контрольную на 30,8 %, а в третьей – на 37,1%. Помимо этого, в данных группах была установленная до-

стоверная статистическая разница по показателю среднесуточного привеса по сравнению с группой контроля.

В группах цыплят получавшей корма, предварительно обработанные озоном на фоне дачи пробиотической добавки «Бацелл-М» и не получавших такую, падеж отсутствовал, в то время как в контрольной группе падеж составил 4 головы, а во второй подопытной – 3, что составляет 16 и 12 % соответственно.

В наших исследованиях наилучший производственный результат получен при использовании озона как деконтаминирующего агента для комбикорма, пораженного микотоксином и сочетанного применения пробиотической кормовой добавки «Бацелл-М». Эти результаты согласуются с данными других исследователей, определявших механизмы фунгицидной активности пробиотических бактерий. В частности, указывается, что *B. subtilis* продуцируют разрушающие клеточную стенку ферменты и различные метаболиты, которые могут ограничивать рост или активность других микроорганизмов. Примечательно, что штаммы *B. subtilis* синтезируют антибиотические и фунгицидные метаболиты, включая фенгицин, сурфактин и итурин. Итурин А проявляет противогрибковую активность в отношении целого ряда грибов-мишеней.

Однако использование пробиотической добавки без проведения озонирования корма не оказало должного воздействия на организм цыплят.

Выводы: 1. В результате микологических исследований комбикорма, установлено, что оно поражено грибами рода *Aspergillus flavus*. Микотоксикологическими исследованиями определено наличие афлатоксина в повышенной концентрации. 2. Скармливание цыплятам комбикорма, пораженного афлатоксином сопровождалось падежом, снижением привеса живой массы, угнетением, симптомами поражения кишечника. 3. При лабораторном исследовании крови цыплят выявлены признаки, указывающие на поражение печени (гиперпротеинемия, повышение активности трансаминаз, снижение уровня глюкозы крови). 4. Озонирование корма, пораженного плесневыми грибами, снижает их содержание и инактивирует микотоксины. Наилучший эффект достигается при комплексном применении озона и кормовой пробиотической добавки «Бацелл-М», что подтверждается высоким показателем сохранности и показателями среднесуточных привесов, статистически достоверно превышающих параметры группы контроля.

Список использованных источников:

1. Получение продукции птицеводства без антибиотиков с использованием перспективных программ кормления на основе пробиотических препаратов / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Г.Ю. Лаптев [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86. – № 6. – С. 114–124.

2. Состав и метаболический потенциал микробиома кишечника бро-

References:

1. Obtaining poultry products without antibiotics using promising feeding programs based on probiotic drugs / V.I. Fisinin, I.A. Egorov, G.Y. Laptev [et al.] // Nutrition issues. – 2017. – vol. 86. – № 6. – P. 114–124.

2. Composition and metabolic potential of the intestinal microbiome of *Gallus Gallus* L. broilers under

йлеров *Gallus Gallus L.* под влиянием кормовых добавок при экспериментальном Т-2 токсикозе / Е.А. Ыылдырым, А.А. Грозина, В.Г. Вертипрахов [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т.57. – № 4. – С. 743–761.

3. Cinar A., Onbaşı E. Mycotoxins: the hidden danger in foods. In: *Mycotoxins and food safety* /S. Sabuncuoğlu (ed.). United Kingdom, IntechOpen, 2019: Ch 4 (doi: 10.5772/intechopen.89001).

4. Ахмадышин Р.А. Микотоксины – контаминанты кормов / Р.А. Ахмадышин, А.В. Канарский, З.А. Канарская // Вестник Казанского технологического университета. – 2007. – № 2. – С. 88–103.

5. Кузнецов А.Ф. Ветеринарная микология. СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 416 с.

6. Кононенко Г.П. Микотоксикологический мониторинг. Сообщение 3. Кормовая продукция от переработки зернового сырья. / Г.П. Кононенко, А.А. Буркин, Е.В. Зотова // Ветеринария сегодня. – 2020. – № 3(34). – С.213–219 (doi: 10.29326/2304-196X-2020-3-34-213-219).

7. Долгов Е.П. Гематологические показатели цыплят-бройлеров при лечении сочетанного микотоксикоза / Е.П. Долгов, О.И. Василиади, А.А. Власенко // Сборник научных трудов КНЦЗВ. – 2021. – Т. 10. – № 2. – С.83–88.

8. Микотоксины: стратегия устранения их влияния на организм сельскохозяйственных животных и птицы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tsenovik.ru/articles/korma-i-kormovye-dobavki/mikotoksiny-strategiya-ustraneniya-ikh-vliyaniya-na-organizm-selskokhozyaystvennykh-zhivotnykh-i>

the influence of feed additives in experimental T-2 toxicosis / E.A. Yildirim, A.A. Grozin, V.G. Vertiprakhov [et al.] // *Agricultural Biology*. – 2022. – vol.57. – № 4. – P. 743–761.

3. Cinar A., Onbaşı E. Mycotoxins: the hidden danger in foods. In: *Mycotoxins and food safety* /S. Sabuncuoğlu (ed.). United Kingdom, IntechOpen, 2019: Ch 4 (doi: 10.5772/intechopen.89001).

4. Akhmadyshev R.A. Mycotoxins – feed contaminants / R.A. Akhmadyshev, A.V. Kanarsky, Z.A. Kanarskaya // *Graduate of Kazan Technological University*. – 2007. – № 2. – P. 88–103.

5. Kuznetsov A.F. *Veterinary mycology*. St. Petersburg: Publishing house "Lan", 2001. – 416 p.

6. Kononenko G.P. Mycotoxicological monitoring. Message 3. Feed products from the processing of grain raw materials. / G.P. Kononenko, A.A. Burkin, E.V. Zotova // *Veterinary medicine today*. – 2020. – № 3(34). – P.213–219 (doi: 10.29326/2304-196X-2020-3-34-213-219).

7. Dolgov E.P. Hematological parameters of broiler chickens in the treatment of combined mycotoxicosis / E.P. Dolgov, O.I. Vasiladi, A.A. Vlasenko // *Collection of Scientific Papers of KRCAHVM*. – 2021. – Vol. 10. – № 2. – P. 83–88.

8. Mycotoxins: a strategy to eliminate their effects on the body of farm animals and poultry. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.tsenovik.ru/articles/korma-i-kormovye-dobavki/mikotoksiny-strategiya-ustraneniya-ikh-vliyaniya-na-organizm-selskokhozyaystvennykh-zhivotnykh-i>

na-organizm-selskokhozyaystvennykh-zhivotnykh-i-pti/

9. Снижение микотоксинов в кормах способствует повышению качества мяса птицы /С.И. Кононенко, А.Г. Ваниев, Л.А. Витюк [и др.] //Мясная индустрия. – 2013. – № 3. – С. 20–22.

10. Скворцов В.М. Использование озона в животноводстве / В.М. Скворцов, Д.С. Толстой, Е.А. Денисенко // Вестник современных исследований. – 2018. – № 12. (27). – С. 258–259.

11. Нейтрализация афлатоксина В1 озонированием и адсорбцией на наолмазами / А. П. Пузырь [и др.] // Российские нанотехнологии. – 2010. – Т. 5. № 1–2. – С. 122–125.

12. Физиолого-биохимический статус организма цыплят-бройлеров при совершенствовании технологии обработки кормового зерна /С.И. Кононенко, В.В. Тедтова, Л.А. Витюк [и др.] //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №84 (10). – С. 482–491.

13. Обоснование возможности детоксикации кормов, загрязненных микотоксинами, с применением озон/по-технологий/ Л.К. Герунова, В.В. Педдер, И.А. Симонова, [и др.] // ОНВ. – 2013. – № 1. – (118). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-vozmozhnosti-detoksikatsii-kormov-kontaminirovannyh-mikotoksinami-s-primeneniem-ozon-no-tehnologiy> (дата обращения: 24.02.2024).

14. Система обеззараживания сухих комбинированных кормов для птичников/ П. В. Гуляев, И.Н. Озеров, Т.В. Гуляева [и др.]// Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 95. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-obezzarazhivaniya-suhih-kombinirovannyh-kormov-dlya>

pti/

9. Reduction of mycotoxins in feed contributes to improving the quality of poultry meat / S.I. Kononenko, A.G. Vaniev, L.A. Vityuk [et al.] //The meat industry. – 2013. – № 3. – P. 20–22.

10. Skvortsov V.M. The use of ozone in animal husbandry / V.M. Skvortsov, D.S. Tolstoy, E.A. Denisenko // Bulletin of Modern Research. – 2018. – № 12. (27). – P. 258–259.

11. Neutralization of aflatoxin B1 by ozonation and adsorption by nanodiamonds / A. P. Bubble [et al.] // Russian nanotechnology. – 2010. – Vol. 5. – № 1–2. – P. 122–125.

12. The physiological and biochemical status of the organism of broiler chickens in improving the technology of processing feed grain / S.I. Kononenko, V.V. Tedtova, L.A. Vityuk [et al.] //Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2012. – № 84 (10). – P. 482–491.

13. Substantiation of the possibility of detoxification of feeds contaminated with mycotoxins using ozone/otechnologies/ L.K. Gerunova, V.V. Pedder, I.A. Simonova, [et al.]// ONV. – 2013. – № 1. – (118). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-vozmozhnosti-detoksikatsii-kormov-kontaminirovannyh-mikotoksinami-s-primeneniem-ozon-no-tehnologiy>

14. Disinfection system of dry combined feed for poultry houses/ P. V. Gulyaev, I.N. Ozerov, T.V. Gulyaeva [et al.]// Scientific journal KubGAU. 2014. №95. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-obezzarazhivaniya-suhih-kombinirovannyh-kormov-dlya>

ru/article/n/sistema-obezzarazhivaniya-suhih-kombinirovannyh-kormov-dlya-ptichnikov (дата обращения: 24.02.2024).

15. Припоров И.Е. Обработка семян и кормов озоном/ И.Е. Припоров, А.С. Немцов // Известия ОГАУ. — 2020. — № 4 (84). — С. 186–190.

16. Точилкин И.А. Обоснование конструкции установки для обработки кормов перед их скапливанием и хранением на «птицефабрике Волжская» / И.А. Точилин, С.С. Кунисов // Наука, образование и культура. — 2018. — № 6(30) — С. 27–29.

17. Эффективность применения разных способов снижения риска афлатоксикоза при выращивании цыплят-бройлеров /С.И. Кононенко, В.В. Тедтова, Л.А. Витюк [и др.] // Сельскохозяйственный журнал. 2012. №1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-raznyh-sposobov-snizheniya-riska-aflatoksikoza-pri-vyraschivanii-tsyplyat-broylerov> (дата обращения: 24.02.2024).

18. Терещенко В.А. Адсорбенты микотоксинов – важное направление в современном подходе к кормлению сельскохозяйственной птицы/ В.А. Терещенко, О.В. Иванова //Сельскохозяйственный журнал. — 2016. — № 9. —Т.1. — С. 589–592.

19. Ланцева, Н.Н. Эффективность использования кудюрита Камышловского месторождения в птицеводстве / Н.Н. Ланцева, Л.А. Кобцева, А.Н. Швыдков // Фундаментальные исследования. — 2014. — №11. — С. 1975–1980.

20. Зеленкова Г.А. Применение витаминно-минеральной адсорбционной кормовой добавки для профилактики микотоксикозов кур-несушек

ptichnikov

15. Prigorov I. Well. Treatment of seyan and kormov Ozone / s.Well. Prigorov, A.S. Nemtsov // News OGAU. — 2020. — № 4 (84). — P. 186–190.

16. Tochilkin I.A. Substantiation of the design of the feed processing plant before their accumulation and storage at the Volzhskaya poultry farm / I.A. Tochilin, S.S. Kunisov // Science, education and culture. — 2018. — № 6(30) — P. 27–29.

17. The effectiveness of using various methods to reduce the risk of aflatoxicosis in the cultivation of broiler chickens / S.I. Kononenko, V.V. Tedtova, L.A. Vityuk [et al.] // Agricultural Journal. — 2012. — № 1–1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-raznyh-sposobov-snizheniya-riska-aflatoksikoza-pri-vyraschivanii-tsyplyat-broylerov>

18. Tereshchenko V.A. Adsorbents of mycotoxins – an important direction in the modern approach to feeding poultry / V.A. Tereshchenko, O.V. Ivanova // Agricultural Journal. — 2016. — №. 9. — Vol.1. — P. 589–592.

19. Lanceva, N.N. Efficiency of using kudyurite of the Kamyshlovskoye deposit in poultry farming / N.N. Lanceva, L.A. Kobtseva, A.N. Shvydkov // Fundamental research. — 2014. — № 11. — P. 1975–1980.

20. Zelenkova G.A. The use of vitamin and mineral adsorption feed additives for the prevention of mycotoxicosis of laying hens / G.A. Zelenkova, A.P. Pakhomov, A.P. Zelenkov // Veterinary pathology. — 2014. — № 1. — P. 32–38.

21. Evaluation of the effectiveness

/ Г.А. Зеленкова, А.П. Пахомов, А.П. Зеленков // Ветеринарная патология. – 2014. – № 1. – С. 32–38.

21. Оценка эффективности препарата гепрасан при профилактике микотоксикозов у цыплят-бройлеров / М.П. Семененко, М.Н. Соколов, Е.В. Кузьмина, [и др.] // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2018. – № 1 (25). – С. 95–98.

22. Биолого-продуктивный эффект у цыплят-бройлеров при скормливании пробиотиков и ферментных препаратов / Р.Б. Темираев, А.А. Баева, М.К. Кожоков, [и др.] // Известия КБГАУ. – 2016. – № 4(14). – С.48–55.

of the drug heprasan in the prevention of mycotoxicosis in broiler chickens / M.P. Semenenko, M.N. Sokolov, E.V. Kuzminova, [et al.] // Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology. – 2018. – № 1 (25). – P. 95–98.

22. Biological and productive effect in broiler chickens when feeding probiotics and enzyme preparations / R.B. Temiraev, A.A. Baeva, M.K. Kozhokov, [et al.] // Izvestiya KBGAU. – 2016. – № 4(14). – P. 48–55.

Сведения об авторах:

Кorableва Татьяна Рафаиловна – доктор ветеринарных наук, заведующий кафедрой микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского» e-mail: astemenkolp@gmail.com 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Агротехнологическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Сенчук Иван Викторович – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры внутренней патологии животных Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского» e-mail: ivansenchuk_1981@mail.ru, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Information about the authors:

Korableva Tatiana Rafailovna - Doctor of Veterinary Sciences, Head of the Department of Microbiology, Epizootology and Veterinary and Sanitary Examination of Agrotechnological Academy FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» Agrotechnological Academy FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» e-mail astemenkolp@gmail.com, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Sinchuk Ivan Viktorovich - candidate of veterinary sciences, associate professor of the Department of internal pathology of animals of Agrotechnological Academy FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» Agrotechnological Academy FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» e-mail: ivansenchuk_1981@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Рефераты статей, опубликованных в теоретическом и научно-практическом журнале «Известия сельскохозяйственной науки Тавриды». № 34 (197), 2023 г.**АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

УДК 633.11,,324":631.53.048:519.233.5

Назаренко Л.В.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Цель исследования. Установить корреляционные зависимости и сформировать математические модели продуктивности разных по генетическому потенциалу сортов озимой пшеницы отечественной селекции в зависимости от нормы высева при выращивании в условиях Краснодарского края. Методы. Исходными данными для моделирования были результаты наших полевых исследований с сортами озимой пшеницы, которые были проведены на опытном поле учхоза «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина на протяжении 2011 – 2014 гг. Агротехника в опытах была общепринятой для зоны проведения исследований за исключением изучаемых факторов и их вариантов. Математическую обработку экспериментальных данных, установление тесноты корреляционных связей и формирование моделей семенной продуктивности исследуемых сортов озимой пшеницы проводили согласно специальных методик в агрономии. Результаты. Рассчитаны уравнения регрессии, которые отображают потенциал семенной продуктивности исследуемых сортов с нормами высева. Доказана максимальная взаимосвязь (0,92-0,96) между подфлаговой и флаговой площадью листовой поверхности и общим (суммарным) значением данного показателя. Практически отсутствовала корреляция между урожайностью семян с длиной стебля, массой стебля, количеством зерен и другими показателями структуры урожая. Проведённый анализ показал, что между показателями эффективности использования ФАР и величиной урожая семян (энергией, аккумулированной в урожае) существует тесная корреляционная связь ($r=0,93$). Поэтому для получения высокого урожая озимой пшеницы необходимо с помощью применения научно обоснованного комплекса агротехнических мероприятий создавать такие посевы, которые бы в максимальной степени поглощали и использовали солнечную энергию. Расчётами установлено, что эффективность использования солнечной энергии с разной степенью интенсивности изменяется по сортам и нормам высева. КПД_{ФАР} был максимальным (0,90%) при выращивании сорта Калым с нормами высева 5 и 7 млн шт./га, а сорта Васса – только при посевной норме 7 млн шт./га. Минимальным исследуемый показатель был на вариантах с сортом Краснодарская 99 при всех нормах высева, где он снизился до 0,62-0,65%. В среднем по фактору А доказано, что наилучшее поглощение солнечной энергии обеспечивает сорт Калым. Также высокий показатель был зафиксировано на сорте Васса. Средний уровень эффективности использования с КПД_{ФАР} (0,80-0,82%) показали сорта: Протон, Гром, Этнос. Выводы. Корреляционно-регрессионный анализ позволил определить тесноту и направленность математических связей между урожайностью семян с одной стороны, а также природными и агротехническими факторами, с другой стороны. Теоретический уровень семенной продуктивности минимальным был у сорта Краснодарская 99 (40 ц/га) при расчётных посевных нормах 4-7 млн шт./га. Средний потенциал семенной продуктивности имели сорта озимой пшеницы Гром, Протон и Этнос. Наибольшая теоретическая урожайность семян (превышающая 60 ц/га) установлена у сортов Калым и Васса. Причём у первого сорта оптимальной была расчётная посевная норма 5,2-5,7 млн шт./га, а у сорта Васса – проявлялось практически линейное нарастание продуктивности при загущении посевов. Анализом фотосинтетической деятельности посевов установлено, что сорта Калым и Васса имеют

способность к наилучшему поглощению солнечной энергии, у этих сортов $KPD_{\text{ФАР}}$ был равен, в среднем по фактору, 0,90 и 0,88%, соответственно. Наименьшее значение данного показателя (0,64%) было зафиксировано на сорте Краснодарская 99. Норма высева в меньшей мере отразилась на эффективности использования солнечной энергии. Проявилась слабая тенденция повышения $KPD_{\text{ФАР}}$ при повышении нормы высева от 3 до 5-7 млн шт./га. Между величиной $KPD_{\text{ФАР}}$ и урожаем семян пшеницы озимой существует положительная очень тесная корреляционная связь ($r = 0,93$), что свидетельствует о необходимости разработки и использования комплекса агроприёмов для оптимизации и максимизации процессов поглощения солнечной энергии.

Nazarenko L.V.

MATHEMATICAL MODELS AND CORRELATION DEPENDENCIES OF PRODUCTIVITY INDICATORS OF WINTER WHEAT VARIETIES DEPENDING ON SEEDING RATE IN THE CONDITIONS OF THE KRASNODAR REGION

Purpose of the study. To establish correlation dependencies and form mathematical models of the productivity of domestic winter wheat varieties of different genetic potential depending on the seeding rate when grown in the Krasnodar Territory. Methods. The initial data for the modeling were the results of our field research with winter wheat varieties, which carried out on the experimental field of the Kuban educational farm of the Kuban State Agrarian University. I. T. Trubilina during 2011 – 2014. The agricultural technology in the experiments generally accepted for the research area, with the exception of the factors studied and their variants. Mathematical processing of experimental data, establishment of close correlations and formation of models of seed productivity of the studied varieties of winter wheat carried out according to special methods in agronomy. Results. Regression equations have calculated that reflect the seed productivity potential of the studied varieties with seeding rates. The maximum relationship (0.92-0.96) between the sub-flag and flag leaf and surface area and the total (total) value of this indicator has proven. There was virtually no correlation between seed yield with stem length, stem weight, number of grains and other indicators of crop structure. The analysis showed that there is a close correlation between the efficiency indicators of using PAR and the amount of seed yield (energy accumulated in the harvest) ($r=0.93$). Therefore, in order to obtain a high yield of winter wheat, it is necessary, through the use a scientifically based complex of agrotechnical measures, to create crops that would absorb and use solar energy to the maximum extent. Calculations have established that the efficiency of using solar energy with different degrees of intensity varies according to varieties and seeding rates. PAR efficiency was maximum (0.90%) when growing the Kalym variety with seeding rates of 5 and 7 million units/ha, and the Vassa variety - only with a seeding rate of 7 million units/ha. The minimum studied indicator was in variants with the Krasnodarskaya 99 variety at all seeding rates, where it decreased to 0.62-0.65%. On average, according to factor A, it has been proven that the best absorption of solar energy is provided by the Kalym variety. In addition, a high rate recorded on the Vassa variety. The average level of efficiency of use with PAR efficiency (0.80-0.82%) was shown by the following varieties: Proton, Grom, Ethnos. Conclusions. Correlation and regression analysis made it possible to determine the closeness and direction of mathematical connections between seed yield on the one hand, as well as natural and agrotechnical factors, on the other hand. The theoretical level of seed productivity was minimal for the Krasnodarskaya 99 variety (40 c/ha) with estimated sowing rates of 4-7 million units/ha. Winter wheat varieties Grom, Proton and Ethnos had average seed productivity potential. The highest theoretical seed yield (exceeding 60 c/ha) was found in the Kalym and Vassa varieties. Moreover, for the first variety, the optimal calculated sowing rate was 5.2-5.7 million units/ha, and for the Vassa variety, an almost linear increase in productivity observed when the crops thickened. An analysis of the photosynthetic activity of crops established that the varieties Kalym and Vassa have the ability to absorb solar energy best; in these varieties, the PAR efficiency was equal, on average by factor, to 0.90 and

0.88%, respectively. The lowest value of this indicator (0.64%) recorded for the Krasnodarskaya 99 variety. The seeding rate had a lesser impact on the efficiency of solar energy use. There was a weak tendency for PAR efficiency to increase with an increase in seeding rate from 3 to 5-7 million pcs./ha. There is a positive close correlation between the value of PAR efficiency and the yield of winter wheat seeds ($r = 0.93$), which indicates the need to develop and use a set of agricultural practices to optimize and maximize solar energy absorption processes.

УДК 633.15:631.53.04:632

Чернышова Е.О., Макуха О.В., Коковихин С.В.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ПОСЕВА И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ И ВРЕДИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

Цель исследования. Определить параметры продуктивности и качество зерна гибридов зерновой кукурузы в зависимости от сроков посева и систем защиты растений при выращивании культуры в орошаемых условиях Северного Причерноморья. Методы. Полевые исследования проводили в 2013-2015 гг. в полевых условиях на территории Северного Причерноморья на опытном поле Института орошаемого земледелия в Днепровском районе Херсонской области с использованием методик полевого опыта. Агротехника выращивания гибридов в полевых опытах была общепринятой для орошаемых условий Северного Причерноморья, за исключением изучаемых факторов. Поливы проводили дождевальным агрегатом ДДА-100МА с биологически оптимального режима орошения. Результаты. В полевых опытах определено, что на варианте с гибридом Каховский при его высевании 25 апреля и при химической защите растений выход сырой надземной биомассы повысился до 84,0 т/га. При наихудшем сочетании исследуемых факторов – гибрид Азов, посев 15 мая, биологическая защита растений и варианте без защиты, зафиксировано его уменьшение до 61,4-61,6 т/га, или на 36,8%. Сбор сухого вещества растений кукурузы максимальной величины на уровне 31,3 т/га достиг гибрида Каховский при посеве 25 апреля и формировании химической защиты растений. На делянках с гибридом Азов он снизился в 1,4 раза – до 23,0 т/га соответственно. В опытах доказано, что эффективность действия химических фунгицидов равнялась 85,9%. Влияние биофунгицидов было менее существенным и составляло 79,3%, что на 6,6% меньше первого варианта. Гибрид Каховский характеризовался повышенным уровнем влажности зерна в предуборочный период, в среднем по фактору А – до 17,7%. У гибрида Азов этот показатель снизился на 14 процентных пунктов. По срокам посева эта разница составила 0,8-1,1 процентных пункта, то есть была математически не достоверной. Выводы. Урожайность зерна кукурузы максимальной величины – 142 ц/га достигла у гибрида Каховский при посеве 25 апреля и применении химической защиты растений. На варианте с гибридом Азов при посеве 15 мая и без защиты растений (контроль) произошло её падение в 1,5 раза. Сроки посева в значительной степени повлияли на зерновую продуктивность кукурузы. Так, у гибрида Каховский посев 25 апреля (первый срок) способствовало росту зерновой продуктивности до 133 ц/га. Применение биологических и химических препаратов в системе защиты растений способствовало росту урожайности зерна на 8,1-13,2%. Дисперсионным анализом установлено максимальное влияние на продуктивность кукурузы сроков посева – 52,4%, а также защиты растений – 17,4%. Биометрическим анализом установлено, что наибольшее количество зёрен на одном качании 584 шт. была на гибриде Азов при посеве его в срок 5 мая и применении биологической защиты растений. Однако выращивание гибрида Каховский способствовало формированию максимального значения этого показателя, в среднем по фактору А – на уровне 533 шт. Также на гибриде Каховский количество зёрен на одной кочане росло при посеве 25 апреля. Максимального уровня (412 г) масса 1000 зерен достигла на варианте с гибридом Каховский при

посеве 25 апреля при химической защите растений. Наименьшие значения приобрели на контрольном варианте (без защиты растений) на гибриде Азов при его высевании 25 апреля. Показатели качества зерна несущественно изменялись по факторам и вариантам полевого опыта. Так, у гибрида Каховский содержание белка и крахмала имело слабую тенденцию к росту. Напротив, у гибрида Азов проявился несущественный на 0,9% рост содержания жира в зерне.

Chernyshova E.O., Makukha O.V., Kokovikhin S.V.

PRODUCTIVITY OF CORN HYBRIDS DEPENDING ON THE TIME OF SOWING AND THE SYSTEM FOR PROTECTING PLANTS FROM DISEASES AND PESTS UNDER IRRIGATION CONDITIONS OF THE NORTHERN BLACK SEA REGION

Purpose of the study. To determine the productivity parameters and grain quality of grain corn hybrids depending on the sowing time and plant protection systems when growing the crop in the irrigated conditions of the Northern Black Sea region. Methods. Field research was carried out in 2013-2015. in field conditions on the territory of the Northern Black Sea region on the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture in the Dnieper district of the Kherson region using field experience methods. The agricultural technology for growing hybrids in field experiments was generally accepted for the irrigated conditions of the Northern Black Sea region, with the exception of the factors being studied. Irrigation was carried out using a DDA-100MA sprinkler unit using a biologically optimal irrigation regime. Results. In field experiments, it was determined that in the variant with the Kakhovsky hybrid, when it was sown on April 25 and with chemical plant protection, the yield of raw above-ground biomass increased to 84.0 t/ha. With the worst combination of the studied factors - the Azov hybrid, sowing on May 15, biological plant protection and the option without protection, its decrease was recorded to 61.4-61.6 t/ha, or by 36.8%. The maximum collection of dry matter from corn plants at the level of 31.3 t/ha was achieved by the Kakhovsky hybrid when sowing on April 25 and forming chemical plant protection. On plots with the Azov hybrid it decreased by 1.4 times - to 23.0 t/ha, respectively. Experiments have proven that the effectiveness of chemical fungicides was 85.9%. The influence of biofungicides was less significant and amounted to 79.3%, which is 6.6% less than the first option. The Kakhovsky hybrid was characterized by an increased level of grain moisture in the pre-harvest period, on average by factor A - up to 17.7%. For the Azov hybrid, this figure decreased by 14 percentage points. In terms of sowing dates, this difference was 0.8-1.1 percentage points, that is, it was not mathematically reliable. Conclusions. The maximum corn grain yield of 142 c/ha was achieved by the Kakhovsky hybrid when sowing on April 25 and using chemical plant protection. In the variant with the Azov hybrid, when sowing on May 15 and without plant protection (control), it dropped by 1.5 times. The timing of sowing significantly influenced the grain productivity of corn. Thus, in the Kakhovsky hybrid, sowing on April 25 (the first date) contributed to an increase in grain productivity to 133 c/ha. The use of biological and chemical preparations in the plant protection system contributed to an increase in grain yield by 8.1-13.2%. Analysis of variance established the maximum impact on corn productivity of sowing time - 52.4%, as well as plant protection - 17.4%. Biometric analysis revealed that the largest number of grains on one swing is 584 pcs. was on the Azov hybrid when sowing it on May 5 and applying biological plant protection. However, the cultivation of the Kakhovsky hybrid contributed to the formation of the maximum value of this indicator, on average for factor A - at the level of 533 pcs. Also, on the Kakhovsky hybrid, the number of grains per head increased when sowing on April 25. The weight of 1000 grains reached its maximum level (412 g) in the variant with the Kakhovsky hybrid when sowing on April 25 with chemical plant protection. The lowest values were obtained in the control variant (without plant protection) on the Azov hybrid when it was sown on April 25. Grain quality indicators did not change significantly according to factors and variants of field experience. Thus, in the Kakhovsky hybrid, the protein and starch content had a slight upward trend. On the contrary, the Azov hybrid showed an insignificant 0.9% increase in fat content in grain.

УДК 634.13: 631.541

Бурлак В.А., Себежко Б.А.

**ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ВСТАВКИ СОВМЕСТИМОГО СОРТА НА РОСТ ПРИВИВОК
И САЖЕНЦЕВ ГРУШИ НА АЙВЕ**

Груша на айве рано вступает в плодоношение, но многие сорта с клонами айвы несовместимы, при выращивании саженцев требуется двойная прививка со вставкой совместимого сорта. Цель исследований – установить оптимальную длину вставки совместимого сорта при выращивании саженцев груши на айве несовместимых сортов. Установлено, что при короткой вставке совместимого сорта Кюре длиной 5 см и 10 см у несовместимого сорта Бере Боск на подвое ВА₂₉ начало активного роста побегов задерживается на 20-40 дней по сравнению со вставками длиной 20 см и 30 см. При длительной задержке начала активного роста (40 дней) снижаются биометрические показатели и выход стандартных и разветвленных саженцев. Для получения стабильных результатов по преодолению несовместимости груши сорта Бере Боск с айвой следует применять вставку длиной 20 см.

Burlak V.A., Sebezhko B.A.

**EFFECT OF INSERTION LENGTH OF A COMPATIBLE VARIETY ON THE GROWTH OF GRAFTS
AND SEEDLINGS OF PEAR ON QUINCE**

Pear on quince bears early, but many varieties with quince clones are incompatible, when growing seedlings, a double inoculation with an insert of a compatible variety is required. The aim of the research was to determine the optimal length of the compatible variety insertion when growing pear seedlings on quince of incompatible varieties. It was found that at short insertion of the compatible variety Cure with the length of 5 cm and 10 cm in the incompatible variety Bere Bosc on the rootstock BA₂₉ the beginning of active shoot growth is delayed by 20-40 days in comparison with the inserts with the length of 20 cm and 30 cm. At long delay of the beginning of active growth (40 days), biometric indices and yield of standard and branched seedlings are reduced. To obtain stable results in overcoming incompatibility of Bere Bosc pear with quince, a 20 cm insert should be used.

УДК 631.45:631.67

Макуха О.В., Макаренко А.А., Великанова Л.О., Василько В.П., Бойко Е.С.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ
ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИ-
ЯТИЙ СОХРАНЕНИЯ ИХ ПЛОДОРОДИЯ**

Целью исследований было исследовать взаимозависимости макро- и микроэлементов в системах питательного и водного режима тёмно-каштановых почв, провести моделирование показателей подвижных форм микроэлементов в почвах при длительном орошении с агроэкологическим обоснованием мероприятий сохранения их плодородия в условиях Северного Причерноморья. Методы. Моделирование проведено с использованием методики опытного дела в агрономии. Исходными данными для моделирования были экспериментальные данные плодородия почв стационарных полевых опытах Института орошаемого земледелия с определением в темно-каштановой почве содержания общих и подвижных микроэлементов. Результаты. Доказано, что систематическое применение минеральных удобрений, существенно не влияя на валовое содержание микроэлементов, но влечёт за собой тенденцию к снижению подвижности цинка и меди. С помощью статистического моделирования установлена взаимозависимость между соотношением содержания минерального азота к подвижному фосфору в почве и фактическим содержанием подвижных микроэлементов. Предложенный способ позволяет определить расчётное содержание цинка и меди в почве с достаточно высокой

точностью и может быть использован при планировании использования этих микроудобрений на орошаемых землях. Периодическое внесение на орошаемых землях органических удобрений (навоза и др.) из расчёта 14-16 т/га севооборотной площади способствует формированию положительного баланса в почве подвижных форм микроэлементов. Дополнительное внесение их – нецелесообразно. Для решения проблем рационального использования в земледелии водных и других ресурсов после разрушения Каховской ГЭС и прекращения подачи воды в оросительные системы Северного Причерноморья необходимо сконцентрироваться на выполнении следующих стратегических направлений: разработать и внедрить мероприятия по улучшению влагообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур за счёт применения водосберегающих способов основной обработки почвы; оптимизировать структуру посевных площадей, севооборотов, систем удобрения и защиты растений; разработать адаптивные режимы орошения к конкретным полям и севооборотам на основе учёта расхода воды культурами и испарения. Выводы. Смоделированный баланс основных микроэлементов в орошаемых почвах свидетельствует о том, что главной статьёй их поступлений выступают органические удобрения. Приходные статьи по уровню значимости в общем балансе создают такую взаимосвязанную систему: «органические удобрения – осадки – поливная вода – минеральные удобрения». В целом же длительное применение минеральных и органических удобрений в условиях орошения, существенно не влияет на валовое содержание микроэлементов, но влечёт за собой некоторую тенденцию повышения концентраций их подвижных форм отдельных микроэлементов и существенно не улучшает обеспеченность растений ими. Доступность микроэлементов растениям, риск их фитотоксичности зависит от физических, химических и биологических свойств почв. В результате моделирования установлены взаимосвязи между фоном питания и содержанием микроэлементов в почве, исследовано влияние на их подвижность почвообразующих процессов. Прогноз изменений содержания микроэлементов, проведённый на основе многолетнего мониторинга орошаемых земель Северного Причерноморья, позволил выявить тесную корреляционно-регрессионную связь между интервальным соотношением азота к фосфору и содержанием цинка и меди. Доказано, что азотные и фосфорные удобрения имеют проявляют математические закономерности в отношении меди и цинка. Они способны стабилизировать эти сплавы в виде комплексных соединений. Азотные удобрения способны вызвать снижение усваиваемой меди, а фосфорные – цинка. Для цинка и для меди рассчитаны уравнение криволинейной регрессии второго порядка, которое характеризуется высокой степенью связи коэффициентами детерминации (R^2) 0,9487 и 0,9487, соответственно. Калийные удобрения приводят к снижению содержания бора в почве. Проведённое моделирование свидетельствует об опасности загрязнения орошаемых земель тяжёлыми металлами и подчёркивает необходимость оперативного реагирования на дефицит микроэлементов для растений в целях балансовой оптимизации питательного режима почвы для сохранения её плодородия и обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственной отрасли.

Makukha O.V., Makarenko A.A., Velikanova L.O., Vasilko V.P., Boyko E.S.

MODELING INDICATORS OF MOBILE FORMS OF MICROELEMENTS IN SOILS UNDER LONG-TERM IRRIGATION AND AGROECOLOGICAL JUSTIFICATION OF MEASURES FOR THE PRESERVATION OF THEIR FERTILITY

Purpose of the study. The research was to investigate the interdependence of macro- and microelements in the nutrient and water regime systems of dark chestnut soils, to model the indicators of mobile forms of microelements in soils under long-term irrigation with an agroecological justification for measures to preserve their fertility in the conditions of the Northern Black Sea region. Methods. The modeling carried out using experimental methods in agronomy. The initial data for the modeling were experimental soil fertility data from stationary field experiments at the Institute of Irrigated Agriculture with determination of the content of total

and mobile microelements in dark chestnut soil. Results. It been proven that the systematic use of mineral fertilizers, without significantly affecting the gross content of microelements, but entails a tendency to reduce the mobility of zinc and copper. Using statistical modeling, an interdependence established between the ratio of mineral nitrogen to mobile phosphorus in the soil and the actual content of mobile microelements. The proposed method makes it possible to determine the estimated content of zinc and copper in the soil with high accuracy and can used when planning the use of these microfertilizers on irrigated lands. Periodic application of organic fertilizers (manure, etc.) on irrigated lands at the rate of 14-16 t/ha, of crop rotation area contributes to the formation of a positive balance in the soil of mobile forms of microelements. Adding them additionally is not practical. To solve the problems of rational use of water and other resources in agriculture after the destruction of the Kakhovskaya hydroelectric station and the cessation of water supply to the irrigation systems of the Northern Black Sea region, it is necessary to concentrate on the following strategic directions: develop and implement measures to improve the moisture supply of agricultural crops through the use of water-saving methods of primary soil cultivation ; optimize the structure of sown areas, crop rotations, fertilization and plant protection systems; develop adaptive irrigation regimes for specific fields and crop rotations based on taking into account crop water consumption and evaporation. Conclusions. The simulated balance of basic microelements in irrigated soils indicates that the main source of their input is organic fertilizers. Income items, according to the level of significance in the overall balance sheet, create the following interconnected system: "organic fertilizers - precipitation - irrigation water - mineral fertilizers." In general, long-term use of mineral and organic fertilizers under irrigation conditions does not significantly affect the gross content of microelements, but entails a certain tendency to increase the concentrations of their mobile forms of individual microelements and does not significantly improve the supply of plants with them. The availability of microelements to plants and the risk of their phytotoxicity depend on the physical, chemical and biological properties of soils. Because of modeling, the relationship between the background nutrition and the content of microelements in the soil was established, and the influence of soil-forming processes on their mobility investigated. The forecast of changes in the content of microelements, carried out on basis of long-term monitoring of irrigated lands in the Northern Black Sea region, made it possible to identify a close correlation and regression relationship between the interval ratio of nitrogen to phosphorus and the content of zinc and copper. It been proven that nitrogen and phosphorus fertilizers exhibit mathematical patterns in relation to copper and zinc. They are capable of stabilizing these alloys in the form of complex compounds. Nitrogen fertilizers can cause a decrease in assimilated copper, and phosphorus fertilizers - zinc. For zinc and copper, a second-order curvilinear regression equation was calculated, which is characterized by a high degree of correlation with coefficients of determination (R^2) of 0.9487 and 0.9487, respectively. Potassium fertilizers lead to a decrease in boron content in the soil. The modeling carried out indicates the danger of contamination of irrigated lands with heavy metals and emphasizes the need quickly respond to a deficiency of microelements for plants in order to balance the optimization of the nutritional regime of the soil to preserve its fertility and ensure the environmental safety of the agricultural industry.

УДК 633.174:631.527:631.671.3

Кибальник О.П., Ефремова И.Г.

ОЦЕНКА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ОБРАЗЦОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО МЕТОДОМ ПРОРАЩИВАНИЯ СЕМЯН В РАСТВОРЕ САХАРОЗЫ

В статье представлены результаты исследований по выделению исходного материала образцов зернового сорго для дальнейшей селекции на повышение стрессоустойчивости в условиях смоделированной засухи. Оценка в период 2022-2023 гг. влияния различного осмотического давления раствора сахарозы (от 6 до 18 атм.) на характер развития первичных проростков и корешков

изученных образцов зернового сорго позволила установить их дифференцированную реакцию на физиологическую засуху в лабораторных условиях. Дисперсионным анализом установлено достоверное влияние генотипического фактора, условий проведения опытов и взаимодействия изучаемых факторов. Испытуемые образцы зернового сорго обнаружили достоверные различия по длине проростков, варьирующей в среднем по опыту от 3,5 см (Принц) до 5,3 см (Магистр). Длина проростков существенно снижалась при увеличении давления осмотика по сравнению с контрольным вариантом (7,5 см): до 4,8-3,5 см в растворах сахарозы с давлением 6-12 атм. (соответственно). Длина корешков образцов в среднем по опыту существенно варьировала: от 2,2 см (сорт Кулон) до 5,6 см (сорта Магистр и Пищевое 614). Выявлено уменьшение длины корешков в среднем по образцам при проращивании семян в растворах с возрастающим осмотическим давлением сахарозы, которая составила в контрольном варианте – 6,9 см, при 6 атм. сахарозы – 4,8 см, при 9 атм. – 4,4 см, при 12 атм. – 3,8 см. Повышение концентрации сахарозы до 15-18 атм. не привело к существенному изменению средней длины корешков – 3,7 и 3,6 см, соответственно. Выявлено достоверное влияние условий года на длину корешков: в среднем по опыту 2022 года показатель составил 4,7 см, в 2023 году – 4,3 см. Раствор сахарозы с осмотическим давлением в 12 атмосфер оказал пороговое влияние: развитие корешков приостановилось при росте давления осмотика до 15-18 атмосфер. В среднем за 2022-2023 гг. к числу высокоустойчивых по индексу длины корня (ИДК=0,78) отнесен сорт РСК Коралл; устойчивых – сорта РСК Кахолонг, Пищевое 614, РСК Инфинити, линии Л-50/14 и Л-251/14 (с ИДК = 0,60-0,80).

Kibalnik O.P., Efremova I.G.

EVALUATION OF THE RELATIVE DROUGHT RESISTANCE OF GRAIN SORGHUM SAMPLES BY GERMINATION OF SEEDS IN SUCROSE SOLUTION

The article presents the results of research on the isolation of the source material of grain sorghum samples for further breeding to increase stress resistance in conditions of simulated drought. Assessment in the period 2022-2023 of the influence of different osmotic pressure of sucrose solution (from 6 to 18 atm.) the nature of the development of primary seedlings and roots of the studied samples of grain sorghum allowed us to establish their differentiated reaction to physiological drought in laboratory conditions. The dispersion analysis established a reliable influence of the genotypic factor, the conditions of the experiments and the interaction of the studied factors. The tested samples of grain sorghum found significant differences in the length of the seedlings, varying on average from 3.5 cm (Prince) to 5.3 cm (Master). The length of the seedlings decreased significantly with an increase in osmotic pressure compared with the control variant (7.5 cm): up to 4.8-3.5 cm in sucrose solutions with a pressure of 6-12 atm. (respectively). The length of the roots of the samples varied significantly on average according to experience: from 2.2 cm (variety Kulon) to 5.6 cm (varieties Magister and Pischevov 614). A decrease in the length of the roots was revealed on average in the samples when seeds were germinated in solutions with increasing osmotic pressure of sucrose, which was 6.9 cm in the control version, at 6 atm. sucrose – 4.8 cm, at 9 atm. – 4.4 cm, at 12 atm. – 3.8 cm. An increase in the sucrose concentration to 15-18 atm. did not lead to a significant change in the average length of the roots – 3.7 and 3.6 cm, respectively. A significant influence of the conditions of the year on the length of the roots was revealed: on average, according to the experience of 2022, the indicator was 4.7 cm, in 2023 – 4.3 cm. Sucrose solution with an osmotic pressure of 12 atmospheres had a threshold effect: the development of roots stopped with an increase in osmotic pressure to 15-18 atmospheres. On average, in 2022-2023, the RSK Koral variety was classified as highly resistant according to the Root Length Index (RLI=0.78); the resistant varieties were RSK Kaholong, Pischevov 614, RSK Infinity, lines L-50/14 and L-251/14 (with RLI=0.60-0.80).

УДК 634.13: 634.1.03

Бурлак В.А., Сафу Э.М.

ВЛИЯНИЕ СОРТО-ПОДВОЙНЫХ КОМБИНАЦИЙ И ВНЕСЕНИЯ ХЕЛАТОВ ЖЕЛЕЗА НА ПРОЯВЛЕНИЕ ХЛОРОЗА У САЖЕНЦЕВ ГРУШИ В ПИТОМНИКЕ

Груша на айве рано вступает в плодоношение, но неустойчива к карбонатности почвы, подвержена заболеванию хлорозом. При выращивании саженцев на почвах с повышенным содержанием карбонатов кальция необходимо применение препаратов, предупреждающих или излечивающих хлороз. Цель исследований – установить подвой груши, устойчивые к карбонатности почвы и выявить препараты из группы хелатов железа, предупреждающих и излечивающих хлороз. Установлено, что подвой айва ИС-2-10 более устойчива к карбонатности почв, чем айва ВА₂₉, а сеянцы лохολистной груши в качестве подвоя более устойчивы, чем сеянцы лесной груши. Сорт Любимица Клаппа проявляет низкую устойчивость к заболеванию хлорозом при прививке на сеянцы лесной груши, айву ВА₂₉ и айву ИС-2-10. Препараты Ferrilene 4,8 Valagro (Италия) и Ультрамаг Хелат Fe-13 (производства Щёлково Агрохим) при внесении в почву полностью устраняют заболевание хлорозом у сортов Бере Боск и Талгарская красавица и частично у сорта Любимица Клаппа на подвое айва ВА₂₉.

Burlak V.A., Safu E. M.

EFFECT OF VARIETAL-PODSTOCK COMBINATIONS AND IRON CHELATE APPLICATION ON THE MANIFESTATION OF CHLOROSIS IN PEAR SEEDLINGS IN THE NURSERY

The quince pear begins to bear fruit early, but is unstable to soil carbonate, prone to chlorosis. When growing seedlings in soils with a high content of calcium carbonate, it is necessary to use preparations that prevent or cure chlorosis. The aim of the research is to establish pear feed resistant to soil carbonate and to identify preparations from the group of iron chelates that prevent and cure chlorosis. The IS-2-10 harvest has been found to be more resistant to soil carbonate than the quince BA₂₉, and the locholist pear seedlings are more resistant as a feeder than the pear seedlings. The variety Favorite Clappa exhibits low resistance to chlorosis when inoculated with forest pear seedlings, quince BA₂₉ and quince IS-2-10. Ferrilene 4.8 Valagro (Italy) and Ultra-mage Helat Fe-13 (Shchelkovo Agrokhim), when applied to the soil, completely eliminate chlorosis in the varieties Bere Bosk and Talgar Beauty and partially in the varieties Favorite Klappa at BA₂₉.

УДК 631:631.5

Адамень Ф.Ф., Коковихин С.В., Сташкина А.Ф.

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ И СХЕМ СЕВООБОРОТОВ ДЛЯ НЕПОЛИВНЫХ УСЛОВИЙ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

Цель исследования. Научно обосновать структуру посевных площадей и схем севооборотов для неполивных условий Северного Причерноморья с учётом климатических изменений и ухудшения эколого-мелиоративного состояния земель. Методы. Исследования проведены с использованием методики опытного дела в агрономии. Опыт проводится на двух фонах удобрения (неудобренный контроль и рекомендованная норма N₆₀P₆₀) в 5 основных блоках севооборотов, включающих 15 схем чередования культур с различными параметрами насыщения зерновыми (20-60%), масличными культурами (20-60%), черного и сидерального пара (10-20%) с размещением участков в систематическом порядке. Размер посевных делянок второго порядка составляла 80 м², учётных – 50 м². Повторность трёхкратная. Агротехника на опытных посевах общепризнана для неполивных условий Северного Причерноморья. Результаты. Доказано, что в севообороте наивысшую продуктивность

имели озимые зерновые культуры при применении рекомендованной дозы удобрений ($N_{60}P_{60}$), который был равен 29,7-38,3 ц/га. Определено, что оптимизация предшественников обеспечивает повышение урожая всех культур севооборотов на 1,2-7,1 ц/га в зависимости от фона минерального питания, наиболее отзывчивой является озимая пшеница, которая формирует выше на 1,6-7,1 ц/га урожай зерна по черному и сидеральному парам. Положительное действие черного пара распространяется на третью и четвертую культуру севооборота – урожай озимых культур здесь составляет на 3,2-5,0 ц/га выше по сравнению со звеньями с занятыми парами, для яровых культур эти приросты составляют от 1,0 до 2,2 ц/га. В неорошаемом земледелии, с учётом дефицита осадков, сверхвысокий уровень интенсификации технологии, в частности, большие дозы удобрений использовать экономически нецелесообразно, однако ведение севооборотов без их внесения сопровождается значительными потерями гумуса. Воспроизводство плодородия почвы возможно при оптимальном уровне интенсификации (внесение умеренных доз удобрений – $N_{60}P_{60}$) без возврата побочной продукции на поля, при следующей структуре посевных площадей: черный/сидеральный пар (по 10%), озимая пшеница (40%) масличные культуры (40%). В современных условиях необходима приоритетность развития зерновой отрасли и необходимость перехода на севообороты с засухоустойчивыми культурами, а также дифференцированного подхода к подбору масличных культур в севообороты. Так, в неполивных условиях Северного Причерноморья следует расширить посевы таких с.-х. культур, как рапс, лен масличный, горчица и т.д. При этом оптимальной будет структура посевных площадей с удельным весом паров 20% (в т.ч. черного – 10-20% или сидерального – 10-20%), зерновых культур – 40% (в т.ч. озимой пшеницы от 20%), технических культур – 40% (в т.ч. 20% подсолнечника и 20% льна масличного) позволяет получить наибольший выход продовольственного зерна (6,8-14,0 ц с 1 га севооборотной площади) и семян масличных культур (5,5-5,8 ц с 1 га севооборотной площади), обеспечивая при этом бездефицитный баланс гумуса (365-733 кг/га). Выводы. По совокупности оценочных критериев (выход зерна и семян, валовой продукции, прибыль, накопление гумуса и др.) оптимальными для Северного Причерноморья будут зернопаропропашные севообороты с таким чередованием с.-х. культур по полям: 1 модель: черный/сидеральный пар (по 10%) – озимая пшеница (20%) – лен масличный (20%) – ячмень озимый (20%) – подсолнечник (20%); 2 модель: черный/сидеральный пар (по 10%) – озимая пшеница (20%) – лен масличный (20%) – пшеница озимая (20%) – подсолнечник (20%); 3 модель: сидеральный пар (20%) – озимая пшеница (20%) – лен масличный (20%) – пшеница озимая (20%) – подсолнечник (20%). При применении наиболее распространённых в Северном Причерноморье севооборотов установлено, что введение льна масличного в севообороты даёт возможность увеличить удельный вес технических культур до 40% и создаёт условия для расширения посевов озимой пшеницы. В связи с тем, что в паровом поле происходит интенсивная минерализация гумуса, на таких полях рекомендуется вносить навоз нормой не менее 30-35 т/га. Однако из-за нехватки органических удобрений, с одной стороны, и организационных трудностей – с другой, чистые пары в большинстве случаев их не получают, что ведёт к снижению плодородия почвы. Поэтому перспективным является применение сидеральных паров в севообороте как важного элемента системы удобрений и источника органического вещества в почве. Для каждого хозяйства необходимо планировать и применять уникальную схему севооборотов, которая в наибольшей степени отвечает конкретным природным и хозяйственно-экономическим условиям.

Adamen F.F., Kokovikhin S.V., Stashkina A.F.

SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF THE STRUCTURE OF CROPPED AREA AND CROP ROTATION SCHEMES FOR NON-IRRIGATED CONDITIONS OF THE NORTHERN BLACK SEA REGION

Purpose of the study. To scientifically substantiate the structure of sown areas and crop rotation schemes for non-irrigated conditions of the Northern Black Sea region, taking into account climate change and the

deterioration of the ecological and reclamation condition of the lands. Methods. The research was carried out using experimental methods in agronomy. The experiment is carried out on two fertilizer backgrounds (unfertilized control and the recommended norm N60P60) in 5 main blocks of crop rotation, including 15 crop rotation schemes with different saturation parameters with grains (20-60%), oilseeds (20-60%), black and green manure fallow (10-20%) with the placement of plots in a systematic order. The size of the second-order sowing plots was 80 m², and the counting plots were 50 m². Repeat three times. Agricultural technology on experimental crops is generally accepted for non-irrigated conditions of the Northern Black Sea region. Results. It has been proven that in crop rotation, winter grain crops had the highest productivity when using the recommended dose of fertilizers (N60P60), which was equal to 29.7-38.3 c/ha. It has been determined that optimization of predecessors ensures an increase in the yield of all crop rotation crops by 1.2-7.1 c/ha, depending on the background of mineral nutrition; the most responsive is winter wheat, which produces a higher yield of 1.6-7.1 c/ha grains in black and green manure pairs. The positive effect of black fallow extends to the third and fourth crops of crop rotation - the yield of winter crops here is 3.2-5.0 c/ha higher compared to links with occupied fallows, for spring crops these increases range from 1.0 to 2, 2. c/ha. In rain-fed agriculture, taking into account the deficit of precipitation, an ultra-high level of intensification of technology, in particular, large doses of fertilizers, is not economically feasible, however, maintaining crop rotations without their application is accompanied by significant losses of humus. Reproduction of soil fertility is possible with an optimal level of intensification (application of moderate doses of fertilizers - N60P60) without returning by-products to the fields, with the following structure of sown areas: black/green manure fallow (10% each), winter wheat (40%) oilseeds (40%). In modern conditions, it is necessary to prioritize the development of the grain industry and the need to switch to crop rotations with drought-resistant crops, as well as a differentiated approach to the selection of oilseeds in crop rotations. Thus, in the non-irrigated conditions of the Northern Black Sea region, the crops of such agricultural products should be expanded. crops such as rapeseed, oilseed flax, mustard, etc. In this case, the optimal structure of sown areas will be with a specific gravity of fallow of 20% (including black - 10-20% or green manure - 10-20%), grain crops - 40% (including winter wheat from 20%), industrial crops - 40% (including 20% sunflower and 20% oil flax) allows to obtain the highest yield of food grain (6.8-14.0 c per 1 hectare of crop rotation area) and oilseeds (5. 5-5.8 centners per 1 hectare of crop rotation area), while ensuring a deficit-free humus balance (365-733 kg/ha). Conclusions. Based on a set of evaluation criteria (grain and seed yield, gross output, profit, humus accumulation, etc.), grain-fallow crop rotations with such alternation of agricultural crops will be optimal for the Northern Black Sea region. crops by field: 1 model: black/green manure fallow (10% each) – winter wheat (20%) – oilseed flax (20%) – winter barley (20%) – sunflower (20%); Model 2: black/green manure fallow (10% each) – winter wheat (20%) – oilseed flax (20%) – winter wheat (20%) – sunflower (20%); Model 3: green manure fallow (20%) – winter wheat (20%) – oilseed flax (20%) – winter wheat (20%) – sunflower (20%). When using the most common crop rotations in the Northern Black Sea region, it was found that the introduction of oil flax into crop rotations makes it possible to increase the proportion of industrial crops to 40% and creates conditions for expanding winter wheat crops. Due to the fact that intense mineralization of humus occurs in a fallow field, it is recommended to apply manure at a rate of at least 30-35 t/ha to such fields. However, due to the lack of organic fertilizers, on the one hand, and organizational difficulties, on the other, clean fallows in most cases do not receive them, which leads to a decrease in soil fertility. Therefore, the use of green manure fallows in crop rotation as an important element of the fertilizer system and a source of organic matter in the soil is promising. For each farm, it is necessary to plan and apply a unique crop rotation scheme that best suits specific natural and economic conditions.

УДК 674.031.765.27

Сташкина А.Ф.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОГЕОГРАФИЧЕСКОГО АРЕАЛА РАСПРОСТРАНЕНИЯ РОДА
ФИСТАШКИ *PISTACIA* SPP. L В ИРАНЕ**

В статье А.Ф. Сташкиной «Исследования фитогеографического ареала распространения рода фисташки *Pistacia* spp. в Иране» рассматриваются результаты исследований распространения рода фисташки *Pistacia* spp. в Иране (видов *Pistacia vera*, *Pistacia mutica* и *Pistacia khinjuk*). В начале статьи автор так же освещает определение взаимосвязей между гео-экологическими условиями окружающей среды и эволюцией рода *Pistacia* spp. с адаптационными признаками и географическим распределением. При этом автор А.Ф. Сташкина, используя полученные данные прослеживает эволюцию размещения *Pistacia* spp. на территории Ирана. Далее отмечает автор, что культивирование фисташек все чаще приводит к сокращению их генетической изменчивости из-за внедрения улучшенных сортов и доступности частных или государственных питомников привитых саженцев для фисташек, а также изменения условий для роста и развития растений. Изучение масштабов сокращения популяции во всем ареале видов, как заключает автор должно способствовать принятию необходимых мер не только в Иране, но и в других регионах мира независимо от количества особей *Pistacia* spp. и места нахождения. В связи с этим автор формирует основные рекомендации для защиты рода *Pistacia* spp. и его местообитаний: защита мест обитания видов от обезлесения и чрезмерного выпаса скота, ограждение уязвимых участков и создание лесных ограждений, создание охраняемых районов для обеспечения полной регенерации видов, экосистем и восстановления качества дикой среды, сохранение генетического разнообразия *Pistacia* spp. *atlantica* и *Pistacia khinjuk* на всей территории Ирана. Повышение осведомленности общественности и определение приоритетов.

Stashkina A.F.**STUDIES OF THE PHYTOGEOGRAPHIC AREADISTRIBUTION OF THE PISTACHIO GENUS
PISTACIA SPP. L IN IRAN.**

In the article by A.F. Stashkina "Study of the phytogeographical area of distribution of the pistachio genus *Pistacia* spp. in Iran" discusses the results of studies on the distribution of the pistachio genus *Pistacia* spp. in Iran (species *Pistacia vera*, *Pistacia mutica* and *Pistacia khinjuk*). At the beginning of the article, the author also highlights the determination of the relationships between geo-ecological environmental conditions and the evolution of the genus *Pistacia* spp. with adaptation characteristics and geographical distribution. At the same time, the author A.F. Stashkina, using the data obtained, traces the evolution of the distribution of *Pistacia* spp. on the territory of Iran. The author further notes that the cultivation of pistachios is increasingly leading to a reduction in their genetic variability due to the introduction of improved varieties and the availability of private or public nurseries of grafted seedlings for pistachios, as well as changes in the conditions for plant growth and development. Studying the scale of population decline throughout the species' range, as the author concludes, should facilitate the adoption of necessary measures not only in Iran but also in other regions of the world, regardless of the number of *Pistacia* spp. and location. In this regard, the author forms basic recommendations for the protection of the genus *Pistacia* spp. and its habitats: protecting species habitats from deforestation and overgrazing, fencing sensitive areas and creating forest fences, establishing protected areas to ensure complete regeneration of species, ecosystems and restoration of wild environment quality, conserving the genetic diversity of *Pistacia* spp. *atlantica* and *Pistacia khinjuk* throughout Iran. Raising public awareness and setting priorities.

УДК: 582.794.2:631.526.32

Ена А.В., Ена Я.А.

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОРТЫ ДИКОРАСТУЩЕГО ПЛЮЩА ОБЫКНОВЕННОГО
(*HEDERA HELIX* L.)**

Плющ обыкновенный (*Hedera helix* L.) является единственной аборигенной вечнозелёной древесной лианой флоры Крымского полуострова. Спортобразование у дикорастущих растений плюща обыкновенного является редким и слабо изученным явлением. Тем не менее, оказалось, что спорты, интересные с декоративной точки зрения и перспективные для дальнейшей интродукции, можно получить не только из сортовых образцов, выращиваемых в культуре. Поиски вегетативных мутаций в природе и их интродукцию следует признать важной частью селекционной работы с плющами. Авторы провели анализ вегетативных мутаций, выявленных у дикорастущих растений плюща обыкновенного в лесах Горного Крыма. Данная работа в целом основывалась на методике сортоиспытания плющей, разработанной А. В. Еной в 2016 г. Некоторые спорты демонстрировали уникальные морфологические признаки, не имеющие аналогов среди существующего ассортимента. Такие образцы после соответствующего испытания на отличие, однородность и стабильность могут стать новыми сортами. По итогам наблюдений за 18-ю образцами, выращиваемыми в коллекции авторов в открытом грунте в г. Симферополе, рекомендовано 6 наиболее перспективных форм для создания новых сортов. Образцам присвоены рабочие индексы и названия: HE 31 «Шайтан-Мердвень» (с секториальной пёстролистностью), HE 67 «Green Adenophora» (листья уникального оттенка «лесной зелёный»), HE 72 «Ситотур» (с белыми ареолами), HE 91 «Suren Arrow» (повторная мутация, идентичная исчезающему старинному сорту XIX в.), HE 92 «Кизилкоба» (листья гармоничной сердцевидной формы), HE 120 «Кизиловое» (с непропорционально длинной средней долей).

Yena A.V., Yena Ya.A.

PROMISING SPORTS OF WILD COMMON IVY (*HEDERA HELIX* L.)

Common ivy (*Hedera helix* L.) is the only native evergreen woody vine of the flora of the Crimean peninsula. Sport appearance in wild ivy plants is a rare and poorly studied phenomenon. However, it turned out that sports that are interesting from a decorative point of view and promising for further introduction can be obtained not only from cultivars grown in culture. The search for vegetative mutations in nature and their introduction should be recognized as an important part of selection of ivy. The authors analyzed vegetative mutations found in wild ivy plants in the forests of the Crimean Mountains. This work was generally based on the method of testing ivy cultivars developed by A. V. Yena in 2016. Some sports demonstrated unique morphological characteristics that had no analogues among the existing assortment. Such specimens, after appropriate testing for distinctiveness, uniformity and stability, can become new cultivars. Based on the results of observations of 18 specimens grown in the authors' collection in open ground in Simferopol, 6 most promising forms were recommended for the creation of new varieties. The samples were assigned working indexes and names: HE 31 "Shaitan-Merdven" (with sectorial variegation), HE 67 "Green Adenophora" (leaves of a unique "forest green" colour), HE 72 "Sigotur" (with white areoles), HE 91 "Suren Arrow" (repeated mutation, identical to the disappearing ancient cultivar of the 19th century), HE 92 "Kizilkoba" (harmonious heart-shaped leaves), HE 120 "Kizilovoye" (with a disproportionately long middle lobe).

УДК 630*231:582.632.2

Салтыков А.Н., Роговой В.И.

**ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ДУБА СКАЛЬНОГО (*QUERCUS PETRAEA* LIEBL.)
В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ КРЫМСКОЙ (*PINUS NIGRA* J.F. ARNOLD SUBSP. *PALLASIANA*)**

(LAMB.) HOLMBOE И СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PINUS SYLVESTRIS L.) В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОГО ЛЕСОСТЕПНОГО КРЫМА

По итогам беспрецедентной по масштабам кампании лесной мелиорации Крыма во второй половине прошлого столетия было создано порядка 35 тыс. га. лесных культур, что позволило значительно повысить показатель лесистости полуострова. Среди многообразия лесообразующих пород предпочтение при создании насаждений уделялось *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe и *Pinus sylvestris* L. В настоящее время в культурах сосны крымской и сосны обыкновенной в предгорной лесостепной зоне Крыма по достижении 50-летнего возраста и в более старших насаждениях наблюдается повышенный уровень отпада древостоя. Со временем указанный процесс усиливается, в результате происходит резкое снижение сомкнутости, полноты и продуктивности насаждений. Процессы экологического замещения сосны являются закономерным итогом подобных изменений. Выполненные нами наблюдения позволяют утверждать, что в границах разрыва полога лесных насаждений, а также при незначительном уровне сомкнутости кронового пространства культур, можно наблюдать формирование жизнеспособных ценопопуляций подроста дуба скального. По нашим оценкам густота растений достигает 10 тыс. шт./га. Преобладает подрост дуба семенного происхождения, обладающий сравнительно высокой энергией роста. Средняя высота подроста колеблется от $177,8 \pm 6,54$ (см) до $284,5 \pm 17,76$ (см). Виргинильные особи дуба скального имеют хорошо выраженный ствол, размещены в границах пробной площади одиночно стоящими растениями. Дуб порослевого происхождения встречается заметно реже. Очевидно, наличие подрост дуба семенного происхождения обусловлено тем, что в течение, по меньшей мере, последнего десятилетия год обильного урожая оставил весьма заметный след в виде жизнеспособного подрост. То есть, в каждом конкретном случае формирование жизнеспособных ценопопуляций подрост с доминированием дуба скального возможно в том случае, когда наблюдается совпадение ёмкости экологической ниши и биоэкологических свойств подрост на определённой стадии их развития.

Saltykov A.N., Rogovoy V.I.

NATURAL REGENERATION OF SESSILE OAK (*Quercus petraea* Liebl.) IN PLANTATIONS OF CRIMEAN PINE (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) HOLMBOE AND SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.) IN THE CONDITIONS OF THE FOOTHILL FOREST-STEPPE CRIMEA

As a result of an unprecedented scale forest melioration campaign in Crimea in the second half of the last century, about 35 thousand hectares of forest plantations were created, which made it possible to significantly increase the forest cover of the peninsula. Of the set of forest-forming species, preference in creating plantations was given to *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe and *Pinus sylvestris* L. Currently, in the cultures of Crimean pine and Scots pine in the foothill forest-steppe zone of Crimea, upon reaching 50 years of age and in older plantations, an increased level of tree stand mortality is observed. Over time, this process intensifies, resulting in a sharp decrease in the density, completeness and productivity of plantings. The processes of ecological replacement of pine are a natural result of such changes. Our observations allow us to assert that within the boundaries of the gap in the canopy of forest plantations, as well as at an insignificant level of closure of the canopy space of plantations, it is possible to observe the formation of viable cenopopulations of sessile oak undergrowth. According to our estimates, plant density reaches 10 thousand pcs/ha. The oak undergrowth is of seed origin and has relatively high growth energy. The average height of undergrowth ranges from 177.8 ± 6.54 (cm) to 284.5 ± 17.76 (cm). Virginal specimens of sessile oak have a well-defined stem and are located within the boundaries of the trial plot as solitary plants. Oak of coppice origin is noticeably less common. Obviously, the presence of oak undergrowth of seed origin is due to the fact that during at least the last decade, a year of abundant harvest has left a very noticeable trace in the form of viable undergrowth. That is, in each specific case, the

formation of viable cenopopulations of undergrowth with the dominance of sessile oak is possible in the case when there is a coincidence of the capacity of the ecological niche and the bioecological properties of the undergrowth at a certain stage of their development.

УДК 634.13:577.175.122:631.544.4

Зацепина И.В.

**ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ
ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕЛЕННЫХ ЧЕРЕНКОВ СОРТОВ И ФОРМ ГРУШИ С ПОМОЩЬЮ
ИСКУССТВЕННОГО ТУМАНА**

В результате проведенных исследований было установлено, что наибольшим результатом укореняемости при использовании регулятора роста растений янтарной кислоты (200 мг/л, 24 часа) обладали зеленые черенки груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16, данный показатель составлял от 73,8 до 76,5%. Без использования регулятора роста растений наибольшую укореняемость продемонстрировали зеленые черенки груши ПГ 12 (к) – 68,9%, ПГ 2 – 67,5%, ПГ 17-16 – 65,4%. Наибольшей высотой приростов (от 13,0 до 13,8 см) при использовании регулятора роста растений янтарной кислоты (200 мг/л, 24 часа) обладали клоновые подвои груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16. Без обработки регулятором роста растений (от 10,5 до 12,8 см) наибольшей высотой приростов характеризовались клоновые подвои груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16. Наибольший диаметр условной корневой шейки при применении регулятора роста растений янтарной кислоты имели (клоновые подвои груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16 – 1,4 см). Без использования регулятора роста растений наибольший диаметр условной корневой шейки был отмечен у (клоновых подвоев груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16 – 1,3 см). При обработке регулятором роста растений янтарной кислотой наибольшее количество корней продемонстрировали клоновые подвои груши ПГ 12 (к) – 12,7 шт., ПГ 2 – 12,4 шт., ПГ 17-16 – 12,1 шт. Без применения регулятора роста растений наибольшим количеством корней обладали клоновые подвои груши ПГ 12 (к) – 11,4 шт., ПГ 2 – 11,1 шт., ПГ 17-16 – 10,2 шт. Наибольшей длиной корней при использовании регулятора роста растений янтарной кислоты (от 10,0 до 11,6 см) характеризовались клоновые подвои груши ПГ 12 (к), ПГ 2, ПГ 17-16. Без обработки регулятором роста растений лучший результат длины корней был отмечен у клоновых подвоев груши ПГ 12 (к) – 10,5 см, ПГ 2 – 10,1 см, ПГ 17-16 – 10,0 см.

Zatsepina I.V.

**THE EFFECT OF THE PLANT GROWTH REGULATOR SUCCINIC ACID FOR GROWING GREEN
CUTTINGS OF PEAR VARIETIES AND SHAPES USING ARTIFICIAL FOG**

As a result of the conducted studies, it was found that the greatest rooting result when using the plant growth regulator succinic acid (200 mg/l, 24 hours) was possessed by green pear cuttings PG 12 (k), PG 2, PG 17-16, this indicator ranged from 73.8 to 76.5%. Without the use of a plant growth regulator, green pear cuttings PG 12 (k) – 68.9%, PG 2 – 67.5%, PG 17-16 – 65.4% demonstrated the greatest rootability. The highest growth height (from 13.0 to 13.8 cm) when using the plant growth regulator succinic acid (200 mg/l, 24 hours) was possessed by clonal rootstocks of pears PG 12 (k), PG 2, PG 17-16. Without treatment with a plant growth regulator (from 10.5 to 12.8 cm), the highest growth height was characterized by clonal rootstocks of pears PG 12 (k), PG 2, PG 17-16. The largest diameter of the conditional root neck when using the plant growth regulator succinic acid was (clonal rootstocks of pears PG 12 (k), PG 2, PG 17-16 – 1.4 cm). Without the use of a plant growth regulator, the largest diameter of the conditional root neck was noted in (clonal pear rootstocks PG 12 (k), PG 2, PG 17-16 – 1.3 cm). When treated with plant growth regulator succinic acid, the largest number of roots were demonstrated by clonal rootstocks of pears PG 12 (k) – 12.7 pcs., PG 2 – 12.4 pcs., PG 17-16 – 12.1 pcs. Without the use of a plant growth regulator, the

largest number of roots were possessed by clonal rootstocks of pears PG 12 (k) – 11.4 pcs., PG 2 – 11.1 pcs., PG 17-16 – 10.2 pcs. The greatest root length when using the plant growth regulator succinic acid (from 10.0 to 11.6 cm) was characterized by clonal rootstocks of pear PG 12 (k), PG 2, PG 17-16. Without treatment with a plant growth regulator, the best root length result was observed in clonal pear rootstocks PG 12 (k) – 10.5 cm, PG 2 – 10.1 cm, PG 17-16 – 10.0 cm.

УДК 633.34:631.53.01:631.67

Бабушкина Р.А., Макаренко А.А., Логойда Т.В., Василько В.П., Великанова Л.О.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОРОШЕНИЯ И ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОРТОВ СОИ ИНТЕНСИВНОГО ТИПА

Целью исследований было установить эффективность применения орошения с окончанием вегетационных поливов в разные фазы развития культуры и инокуляции семян при выращивании сортов сои интенсивного типа в условиях Северного Причерноморья. Методы. Полевые и лабораторные исследования с сортами сои были проведены с использованием методики опытного дела в агрономии. Трехфакторный опыт предполагал изучение трех вариантов сроков прекращения вегетационных поливов, четырех сортов сои разных групп спелости и инокуляции семян перед посевом. Опыты закладывались методом расщепленных участков. Вегетационные поливы производили с помощью дождевальной машины Зиматик. Урожай семян сои собирали комбайном Сампо-500 со всей учётной площади делянок. Результаты. Доказано, что наибольшую эффективность обеспечил третий вариант орошения с проведением поливов в фазу налива бобов. В таких условиях получена урожайность семян сои на уровне 34,8 ц/га. По сортовому составу проявилась тенденция увеличения продуктивности растений сои от ультра раннеспелого сорта Диона до среднеспелого сорта Деймос. На последнем сорте получили урожайность семян в пределах от 31,5 до 38,9 ц/га. Использование инокуляции семян в допосевной период также способствовало математически достоверному приросту урожайности. Удельный вес влияния факторов и их взаимодействия свидетельствует о наибольшем значении сортового состава (фактор В) – 46,8%, что объясняется особенностью формирования схемы полевого опыта и широким диапазоном сортов разных групп спелости. Дисперсионный анализ с включением лет проведения исследований посредством дополнительного фактора (фактор D) показал существенное влияние (на уровне 14,6%) погодных условий. Среди исследуемых элементов технологии выращивания сортовой состав в большей степени повлиял на формирование урожая семян сои – 28,5%. Сроки прекращения поливов и обработка семян инокулянтами также характеризовались высоким влиянием на величину урожая на уровне 19,5 и 14,9%, соответственно. Относительно сортового состава проявилось преимущество сорта Фазтон, у которого содержание белка увеличилось до 35,2% по сравнению с другими изучаемыми сортами исследуемой культуры – 34,0-34,9%. Инокуляция семян исследуемой культуры способствовала слабому росту содержания белка. Обработка семян инокулянтами способствовало существенному повышению условного выхода белка из единицы площади. Наименьшее содержание жира в зерне сои, на уровне 19,4%, было у среднераннего сорта Аполлон. Проведение обработки семян инокулянтами обусловило тенденцию к незначительному росту содержания жира в зерне сои. При выращивании более позднеспелых сортов отмечена устойчивая тенденция к достоверному росту условного выхода жира, в среднем, на 6,9-24,1%. Инокулянты вызвали тенденцию к увеличению условного выхода жира из единицы площади на 9,8-18,9%. Среди препаратов, эффективность которых изучалась, преимущество имел Оптимайз, который по этому показателю превышал препарат Нитрофикс на 10,1%. Выводы. По результатам полевых исследований установлено, что эффективность искусственного увлажнения на вариантах прекращения вегетационных поливов в зависимости

от фаз развития культуры существенно изменяется по группам спелости сортов, инокуляции семян и гидротермических показателей в отдельные годы исследований. Доказана эффективность инокуляции семян при выращивании сортов сои всех групп спелости. Максимальную урожайность на уровне 42,0 ц/га получили при вегетационных поливах до фазы налива бобов, посеве сорта Деймос и обработке семян препаратом Оптимайз. Доля влияния факторов и их взаимодействия свидетельствует о наибольшем значении сортового состава (фактор В) – 46,8%. Также существенное влияние на продуктивность растений оказали сроки прекращения вегетационных поливов (фактор А) – 26,7% и инокуляция семян (фактор С) – 17,1%. Взаимодействие всех исследуемых факторов было несущественным (менее 3%), однако больше всего оно проявилось при взаимодействии факторов АВ – 2,3%. Показатели содержания белка и жира в зерне сои существенно изменяются под влиянием исследуемых факторов. Выявлена тенденция снижения содержания белка при повышении количества поливов во втором и третьем вариантах условий увлажнения. Наибольшие величины условного выхода белка на уровне 14,4 ц/га были зафиксированы на варианте с вегетационными поливами до фазы налива бобов. В опыте установлена тенденция увеличения условного выхода белка при использовании сортов более поздних групп спелости. Возделывание семян инокулянтами способствовало ощутимому повышению условного выхода белка из единицы площади. На необработанном инокулянтами варианте этот показатель составлял 9,8 ц/га, а при проведении обработок семян исследуемой культуры препаратами Нитрофикс и Оптимайз отмечен рост на 9,3-17,9%. Условный сбор жира наивысшего уровня – 8,0 ц/га достиг на варианте с вегетационными поливами до фазы налива бобов при выращивании сорта Деймос, семена которого обработали препаратом Оптимайз.

Babushkina R.A., Makarenko A.A., Logoyda T.V., Vasilko V.P., Velikanova L.O.

EFFECTIVENESS OF IRRIGATION AND SEED INOCULATION IN THE GROWING OF INTENSIVE SOYBEAN VARIETIES

Purpose of the study. The research was to establish the effectiveness of using irrigation at the end of the growing season at different phases of crop development and seed inoculation when growing intensive soybean varieties in the conditions of the Northern Black Sea region. Methods. Field and laboratory studies with soybean varieties carried out using experimental methods in agronomy. The three-factor experiment involved the study of three options for the timing of cessation of vegetative irrigation, four soybean varieties of different ripeness groups, and seed inoculation before sowing. The experiments carried out using the split-section method. Vegetation irrigation carried out using a Zimatic sprinkler. The soybean seed harvest collected using a Sampo-500 combine from the entire registration area of the plots. Results. It has proven that the third irrigation option with irrigation during the bean-filling phase provided the greatest efficiency. Under such conditions, the yield of soybean seeds was obtained at the level of 34.8 c/ha. According to the varietal composition, there was a tendency to increase the productivity of soybean plants from the ultra-early ripening variety Diona to the mid ripening variety Deimos. With the latter variety, seed yields ranged from 31.5 to 38.9 c/ha. The use of seed inoculation in the pre-sowing period also contributed to a mathematically reliable increase in yield. The specific weight of the influence of factors and their interaction indicates the highest value of the varietal composition (factor B) - 46.8%, which is explained by the peculiarity of the formation of the field experiment scheme and the wide range of varieties of different ripeness groups. Analysis of variance including the years of research through an additional factor (factor D) showed a significant influence (at the level of 14.6%) of weather conditions. Among the studied elements of growing technology, varietal composition had the greatest influence on the formation of soybean seed yield - 28.5%. The timing of the cessation of irrigation and the treatment of seeds with inoculants also characterized by a high impact on the yield at the level of 19.5 and 14.9%, respectively. Regarding the varietal composition, the advantage of the Phaeton variety revealed, in which the protein content increased

to 35.2% compared to other studied varieties of the studied crop - 34.0-34.9%. Inoculation of seeds of the studied crop contributed to a weak increase in protein content. Treatment of seeds with inoculants contributed to a significant increase in the relative yield of protein per unit area. The lowest fat content in soybean grain, at 19.4%, found in the mid-early Apollo variety. Treatment of seeds with inoculants led tendency towards increase in the fat content in soybean. When growing later-ripening varieties, there was an established tendency towards a significant increase in the relative fat yield, on average by 6.9-24.1%. Inoculants caused a tendency to increase the relative yield of fat per unit area by 9.8-18.9%. Among the drugs whose effectiveness studied, Optimize had an advantage, which in this indicator exceeded the drug Nitrofix by 10.1%. Conclusions. Based on the results of field studies, it established that the effectiveness of artificial moisture in the variants of stopping vegetation irrigation, depending on the phases of crop development, varies significantly according to the groups of variety ripeness, seed inoculation and hydrothermal indicators in individual years of research. The effectiveness of seed inoculation has proven when growing soybean varieties of all ripeness groups. The maximum yield of 42.0 c/ha obtained with vegetative irrigation before the filling phase, sowing the Deimos variety and treating the seeds with Optimize. The share of the influence of factors and their interaction indicates the highest value of the varietal composition (factor B) - 46.8%. Also, the timing of the cessation of vegetation irrigation (factor A) - 26.7% and seed inoculation (factor C) - 17.1% had a significant impact on plant productivity. The interaction of all studied factors was insignificant (less than 3%), but most of all it was manifested in the interaction of AB factors – 2.3%. Indicators of protein and fat content in soybean grain change significantly under the influence of the factors under study. A tendency revealed for the protein content to decrease with an increase in the number of irrigations in the second and third variants of moisture conditions. The highest values of conditional protein yield at the level of 14.4 c/ha recorded in the variant with vegetation irrigation before the filling phase. The experiment has established a tendency to increase the relative yield of protein when using varieties of later ripeness groups. Cultivation of seeds with inoculants contributed to a noticeable increase in the relative yield of protein per unit area. In the variant untreated with inoculants, this figure was 9.8 c/ha and when the seeds of the studied crop treated with Nitrofix and Optimize, an increase of 9.3-17.9% noted. The conditional fat harvest reached the highest level - 8.0 c/ha in the variant with vegetative irrigation before the bean filling phase when growing the Deimos variety, the seeds of which were treated with Optimize.

УДК 633.112.9, 631.51, 631.811, 632.954 (470.331)

Алдошин Н.В., Васильев А.С., Соловьева Л.М.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

В работе изучалось формирование засорённости и продуктивности озимой тритикале под влиянием защитно-стимулирующих обработок посевов и приёмов основной обработки почвы. В результате развернутых полевых исследований особенностей формирования продуктивности озимой тритикале на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья России установлено, что при доминировании в агрофитоценозе малолетних сорных растений наиболее эффективно использование гербицида Эллай Лайт, уничтожившего на фоне дискования до 91,8% сеgetалов, а при многолетнем характере засоренности широколиственными сорняками (бодяк полевой и осот полевой) применение гербицида Дианат. При этом наибольшая эффективность указанных гербицидов достигалась при внесении их в составе баковой смеси с рострегулирующим препаратом Биоплант Флора. Комплексное улучшение структуры агрофитоценоза озимой тритикале обеспечило усиление продукционного процесса растений и формирование более высокой урожайности зерна, максимальный уровень которой (4,70 т/га), был получен при обработке посевов в фазу весеннего кущения баковой

смесью Биоплант Флора (1,0 л/га) + Эллай Лайт (0,006 кг/га) на фоне отвальной вспашки.

Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Solovyova L.M.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF WINTER TRITICALE CULTIVATION IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NON-CHERNOZEM REGION

The paper studied the formation of clogging and productivity of winter triticale under the influence of protective and stimulating treatments of crops and methods of basic tillage. As a result of extensive field studies of the peculiarities of the formation of productivity of winter triticale on sod-podzolic soils of the Central Non-Chernozem region of Russia, it was found that with the dominance of juvenile weeds in the agrophytocenosis, the use of the herbicide Elly Light is most effective, which destroyed up to 91.8% of segetals against the background of disking, and with the long-term nature of littering with broad-leaved weeds (field bodyak and field osot), the use of herbicide Dianat. At the same time, the greatest effectiveness of these herbicides was achieved when they were introduced as part of a tank mixture with the growth-regulating drug Bioplant Flora. A comprehensive improvement in the structure of the agrophytocenosis of winter triticale ensured the strengthening of the production process of plants and the formation of a higher grain yield, the maximum level of which (4.70 t/ha) was obtained during the processing of crops in the spring tillering phase with a tank mixture of Bioplant Flora (1.0 l/ha) + Elly Light (0.006 kg/ha) against the background of dump plowing.

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК. 631.352

Гербер Ю.Б., Красовский В.В.

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В САДОВОДСТВЕ

Современные технологии предоставляют стандартизированные методологические и инструментальные основы для решения задач управления урожайностью, борьбы с болезнями и вредителями, а также оптимизации процессов в садоводстве. Цифровые технологии, основанные на ИИ, способны трансформировать садоводство, сделав его более эффективным и устойчивым. Применение различных методологий и методов позволило провести комплексное исследование внедрения искусственного интеллекта в садоводство, обеспечивая тщательный анализ как на теоретическом, так и на практическом уровне. Сравнительная оценка сформированной технологии интеллектуального анализа и принятия решений при возделывании плодов с использованием разрабатываемых средств цифрового мониторинга состояния насаждений, технических средств для ухода за насаждениями, позволяющих проводить точечные и своевременные операции в сравнение с базовой интенсивной технологией позволяет повысить производительность выполнения процессов на 43-48% и снизить удельную трудоемкость выполнения процессов при возделывании 1 га интенсивного сада на 26-29% с 651 чел.ч до 470 чел.ч. Расчет эффективности технологии и комплекса технических средств показал снижение экологической нагрузки на конечную продукцию в 2-4 раза, за счет снижения нормы внесения гербицидов, раннего определения начала заболеваний деревьев, состояния междурядий и состояния здоровья сада в целом, снижение затрат на возделывание 1 га площади сада в 2-3 раза, и увеличение прибыли с 1,5 до 1,8 млн.руб/га. Срок окупаемости технологии интеллектуального анализа и принятия решений и технических средств составляет 1,3 года. Однако, несмотря на потенциальные выгоды, существуют ограничения, которые требуется преодолеть для полного внедрения ИИ в садоводстве. Проблемы с временем отклика, точностью, необходимостью больших объемов данных и высокой стоимостью данных подчеркивают важность дальнейших исследований и инноваций.

Gerber Y.B., Krasovsky V.V.

TECHNOLOGIES OF INTELLECTUAL ANALYSIS AND DECISION-MAKING IN HORTICULTURE

Modern technologies provide standardized methodological and instrumental bases for solving problems of yield management, disease and pest control, as well as optimizing processes in horticulture. AI-based digital technologies have the potential to transform gardening by making it more efficient and sustainable. The use of various methodologies and methods has made it possible to conduct a comprehensive study of the introduction of artificial intelligence into horticulture, providing a thorough analysis at both the theoretical and practical levels. A comparative assessment of the formed technology of intelligent analysis and decision-making in fruit cultivation using the developed means of digital monitoring of the state of plantations, technical means for caring for plantations, allowing for point and timely operations in comparison with the basic intensive technology allows to increase the productivity of processes by 43-48% and reduce the specific labor intensity of processes when cultivating 1 ha of an intensive garden by 26-29% from 651 people per hour to 470 people per hour. The calculation of the effectiveness of the technology and the complex of technical means showed a reduction in the environmental burden on the final product by 2-4 times, due to a decrease in the rate of herbicide application, early detection of the onset of tree diseases, the state of row spacing and the health of the garden as a whole, a reduction in the cost of cultivating 1 hectare of garden area by 2-3 times, and an increase in profit from 1.5 to 1.8 million.rub/ha. The payback period for intelligent analysis and decision-making technology and technical means is 1.3 years. However, despite the potential benefits, there are limitations that need to be overcome in order to fully implement AI in horticulture. Problems with response time, accuracy, the need for large amounts of data, and the high cost of data highlight the importance of further research and innovation.

УДК. 631.3

Высоцкая Н.Д., Шабанов Н.П.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО АМОРТИЗАТОРА СЖАТИЯ

При создании новых типов агрегатов сельскохозяйственного назначения широко используются элементы конструкций на основе высокоэластичных полимерных материалов. Их применение в сельскохозяйственной технике позволяет уменьшить массу, стоимость и одновременно повысить производительность, динамичность и прочность конструкций сельскохозяйственных машин. В этих условиях возрастает роль достоверных численных методов расчета элементов конструкций из слабосжимаемых эластомерных материалов. Для исследования напряженно-деформированного состояния резиновых элементов разработан пакет прикладных программ NELVIS вычислительного комплекса КОДЕТОМ, позволяющий решать нелинейные задачи теории вязкоупругости в трехмерной постановке, реализовывая метод конечных элементов. С использованием модифицированного варианта метода Ньютона-Канторовича и разработанного комплекса программ произведен расчет цилиндрического амортизатора сжатия. Определялась осевая сжимающая нагрузка и напряжения, соответствующие заданной осадки при различных коэффициентах Пуассона эластомера. Точное решение данной задачи сравнивалось с численным решением при использовании закона Гука и Пенга-Ланделя. Результаты расчетов подтверждают справедливость численных решений с использованием метода конечных элементов и нелинейного закона состояния Пенга-Ланделя, описывающего напряженно-деформированное состояние слабосжимаемых эластомеров. Также произведено сравнение результатов определения сжимающей нагрузки МКЭ, полученных при различных сетках разбиения осевого сечения амортизатора с точным решением. При этом коэффициента Пуассона

принимался равным 0,49 и использовался закон состояния Пенга-Ланделя. Определена погрешность результатов численных расчетов, которая демонстрирует хорошую сходимость предлагаемого метода решения задачи. Выполненное исследование точности численных решений при расчете цилиндрического амортизатора сжатия подтверждает получение достоверных результатов при использовании разработанного варианта метода конечных элементов и комплекса программ для решения задач нелинейной вязкоупругости.

Vysotskaya N.D., Shabanov N. P.

STUDY OF THE ACCURACY OF NUMERICAL SOLUTIONS IN THE CALCULATION OF A CYLINDRICAL COMPRESSION SHOCK ABSORBER

When creating new types of agricultural units, structural elements based on highly elastic polymer materials are widely used. Their use in agricultural machinery makes it possible to reduce weight, cost and at the same time increase the productivity, dynamism and strength of agricultural machinery designs. Under these conditions, the role of reliable numerical methods for calculating structural elements made of weakly compressible elastomeric materials increases. To study the stress-strain state of rubber elements, the NELVIS application package of the KODETOM computing complex has been developed, which allows solving nonlinear problems of the theory of viscoelasticity in a three-dimensional formulation, implementing the finite element method. Using a modified version of the Newton-Kantorovich method and a developed set of programs, a cylindrical compression shock absorber was calculated. The axial compressive load and stresses corresponding to a given settlement at various Poisson's ratios of the elastomer were determined. The exact solution of this problem was compared with a numerical solution using Hooke's and Peng-Landel's laws. The calculation results confirm the validity of numerical solutions using the finite element method and the nonlinear Peng-Landel law of state, which describes the stress-strain state of weakly compressible elastomers. The results of determining the compressive load of the FEM obtained with different meshes of partitioning the axial section of the shock absorber with the exact solution were also compared. In this case, the Poisson's ratio was taken equal to 0.49 and the Peng-Landel law of state was used. The error in the results of numerical calculations is determined, which demonstrates the good convergence of the proposed method for solving the problem. The performed study of the accuracy of numerical solutions when calculating a cylindrical compression shock absorber confirms the receipt of reliable results when using the developed version of the finite element method and a set of programs for solving problems of nonlinear viscoelasticity.

УДК 637.133.2

Носова Е.В., Гербер Ю.Б., Гаврилов А.В., Поротова Е.Ю., Каледина М.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ МОЛОКА НА ВЯЗКОСТЬ КАК ПАРАМЕТРА ОПТИМИЗАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Вязкость молока важна при его механической обработке, такой как перемешивание, сепарирование и гомогенизация. Цель работы: изучение комплексного влияния массовой доли жира, белка и температуры на вязкость модельных молочных смесей как основного параметра оптимизации при механической обработке молока. Изучали модельные молочные системы с массовой долей жира от 0,5 до 5,5% с шагом 1,0, массовой долей белка от 2,8 до 4% с шагом 0,2. Показано, что вязкость молока и молочных продуктов зависит от температуры, а также от содержания и дисперсности коллоидных компонентов. Понижение температуры повышает вязкость за счет увеличения объема казеиновой мицеллы, в то время как при температуре выше 65°C вязкость увеличивается из-за денатурации сывороточных белков. Охлажденное сырое молоко и сливки проявляют неньютоновское поведение, где вязкость зависит от скорости сдвига. Дальнейшие

исследования показали, что содержание жира имеет большее влияние при оценке совместного влияния жира и белка на вязкость молочных систем. Изменение значения показателя вязкости при максимальном содержании белка в модельных молочных системах с м.д.ж. 0,5% составило на 17,9% больше, чем при массовой доле белка 2,8%. Тогда как при минимальном содержании белка разница в значениях вязкости от самой низкожирной смеси до молочных смесей 5,5% жирности составило 13%. А в высокобелковой модельной молочной системе 11%. Функционально зависимость вязкости от жира можно представить в виде квадратичной зависимости, тогда как повышение содержания белка до 4% приводит к линейному увеличению вязкости. При оценке комплексного влияния температуры и макрокомпонентов молока установлено, что влияние процентного содержания жира на вязкость гораздо сильнее при низкой температуре. При массовой доли жира в смеси 0,5% и температуре 5°C вязкость составила $2,829 \times 10^3$ Па·с, тогда как при содержании жира 5,5% при той же температуре составила $3,338 \times 10^3$ Па·с, т.е. на 18% выше. При температуре 40°C вязкость низкожирной смеси составила $1,024 \times 10^3$ Па·с, при содержании жира 5,5% - $1,113 \times 10^3$ Па·с, что выше только на 10%. А при 80°C разница составила 4,5%. При повышении температуры вязкость молока снижается, однако после 40°C интенсивность снижения вязкости уменьшается, при этом степень влияния белка и жира становится практически равнозначимой. Таким образом, подбор оптимальных параметров обработки может помочь прогнозировать влияние вязкости молока на его технологическую обработку для получения качественного конечного продукта.

Nosova E.V., Gerber Yu.B., Gavrilov A.V., Porotova E.Yu., Kaledina M.V.

INVESTIGATION OF THE COMPLEX EFFECT OF MILK COMPOSITION AND TEMPERATURE ON VISCOSITY AS A PARAMETER FOR OPTIMIZING MECHANICAL PROCESSING

The viscosity of milk is important in its mechanical processing, such as mixing, separation, homogenization and pasteurization. The greatest influence on the viscosity of milk is exerted by: temperature, fat and protein content. The purpose of the work is to study the complex effect of the mass fraction of fat, protein and temperature on the viscosity of model milk mixtures as the main optimization parameter in the mechanical processing of milk. We studied model dairy systems with a fat mass fraction from 0.5 to 5.5% in increments of 1.0, and a protein mass fraction from 2.8 to 4% in increments of 0.2. The viscosity of milk and dairy products depends on temperature, as well as on the content and dispersion of colloidal components. Lowering the temperature increases the viscosity by increasing the volume of the casein micelle, while at temperatures above 80 °C the viscosity increases due to the denaturation of whey proteins. Chilled raw milk and cream exhibit non-Newtonian behavior, where viscosity depends on the shear rate. During stirring, partial adhesion of fat globules may occur, which increases the viscosity. The difference in viscosity between a 5% lactose solution and skimmed milk indicates the role of milk proteins. The tendency for milk viscosity to increase when heated to the point of protein denaturation means that conditions and processing affecting casein stability play an important role. Studies have shown that fat content has a greater impact in assessing the complex effect of fat and protein on the viscosity of dairy systems. Functionally, the dependence of viscosity on fat can be represented as a quadratic dependence, whereas an increase in protein content to 4% leads to a linear increase in viscosity. With an increase in temperature, the viscosity of milk decreases, but after 40 °C, the intensity of the decrease in viscosity decreases, while the degree of influence of protein and fat becomes almost equivalent. Thus, the selection of optimal processing parameters can help predict the effect of milk viscosity on its processing to obtain a high-quality final product.

УДК 631.349: 681.78

Завалий А. А., Воложанинов С. С.

**МЕТОД ЦИФРОВОЙ ДИАГНОСТИКИ КАЧЕСТВА ОПРЫСКИВАНИЯ ВИНОГРАДНИКОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВИЗОРА**

Для оценки качества опрыскивания виноградников и других многолетних растений разработан метод цифровой диагностики с использованием тепловизора. Метод определения качества нанесения опрыскивающей жидкости на поверхности растений основан на разности температур сухой поверхности листа и поверхности листа, покрытой водным раствором. Анализ отличия температуры поверхности нанесенных на листья растения капель опрыскивающего раствора и температуры поверхности листьев, а также времени испарения капли с поверхности листа с использованием полумпирической вычислительной модели испарения капли показал, что для регистрации покрытия листьев опрыскивающим раствором разрешающая способность измерительного прибора должна быть не более 0,1°C, а сама регистрация должна быть выполнена не позднее 1 минуты с момента нанесения капли на лист. Выполненное с использованием тепловизора Testo 882 определение доли покрытия листа опрыскивающим раствором и дисперсности капель на поверхности листа показало возможность определения капель на поверхности листа, диаметр пятна которых составляет менее 1 мм. Разработанный метод цифровой диагностики качества опрыскивания виноградников в режиме реального времени на основе тепловизоров позволяет определять покрытие опрыскивающим раствором листьев растений и дисперсность покрывающих листья капель раствора в ходе выполнения опрыскивания растений. Метод является перспективным для применения в садоводстве и виноградарстве, так как позволяет определять качество нанесения опрыскивающих растворов непосредственно в процессе обработки растений и информировать операторов нанесения растворов на растения об отклонениях от технологических требований выполняемой обработки.

Zavaliy A. A., Volozhaninov S. S.

**THE METHOD OF DIGITAL DIAGNOSTICS OF THE QUALITY OF SPRAYING VINEYARDS USING
A THERMAL IMAGER**

To assess the quality of spraying of vineyards and other perennial plants, a digital diagnostic method using a thermal imager has been developed. The method for determining the quality of spraying liquid application on the surface of plants is based on the temperature difference between the dry surface of the leaf and the surface of the leaf coated with an aqueous solution. Analysis of the difference between the surface temperature of spray solution drops applied to the leaves of the plant and the surface temperature of the leaves, as well as the evaporation time of the drop from the leaf surface using a semi-empirical computational model of drop evaporation showed that to register the coating of leaves with a spraying solution, the resolution of the measuring device should be no more than 0.1 °C, and the registration itself should be performed no later than 1 minutes from the moment of applying the drop to the sheet. The determination of the proportion of the coating of the sheet with a spraying solution and the dispersion of droplets on the surface of the sheet performed using the Testo 882 thermal imager showed the possibility of determining droplets on the surface of the sheet with a spot diameter of less than 1 mm. The developed method of digital diagnostics of the quality of spraying vineyards in real time based on thermal imagers makes it possible to determine the coating of plant leaves with a spraying solution and the dispersion of solution droplets covering the leaves during the spraying of plants. The method is promising for use in horticulture and viticulture, as it allows you to determine the quality of spraying solutions directly during the processing of plants and inform the operators of applying solutions to plants about deviations from the technological requirements of the treatment performed.

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 619:616.995:636.4

Лукьянов Р.Ю., Лукьянова Г.А., Кувда Е.Н.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛЕТОЧНОГО ИММУНИТЕТА ОРГАНИЗМА ЯГНЯТ ПРИ ЛЕЧЕНИИ АССОЦИАТИВНОЙ БРОНХОПНЕВМОНИИ

В опытах изучили изменение клеточных показателей иммунитета организма ягнят на фоне проведённого лечения ассоциированной диктиокаулёзно-микробной бронхопневмонии препаратами различной направленности. Для терапии использовали антибиотик энроксил и антгельминтик ивермек в комплексе и отдельно. Наиболее эффективное действие на возбудителей при ассоциативной бронхопневмонии ягнят оказало комплексное применение антибиотика с антгельминтиком. Об этом свидетельствуют постепенное улучшение общего состояния животных, исчезновение клинических симптомов поражения дыхательной системы и нормализация некоторых показателей крови (эозинофилы) на протяжении опыта, по сравнению с контрольной группой. Однако, основные клеточные показатели иммунологической реактивности организма ягнят (количество лейкоцитов и эритроцитов, процентное содержание В-лимфоцитов) как при комплексной, так и при моно-обработке оставались на том же уровне, что и до лечения, или незначительно снижались по сравнению с контролем. Это свидетельствует о том, что в процессе дегельминтизации повышается аллергия организма хозяина, развивается перенапряжение и истощение компенсаторных механизмов, которые ведут к снижению его сопротивляемости. К тому же применение антгельминтика ивермека негативно отразилось на процентном содержании Т-лимфоцитов, что указывает на иммуносупрессивное действие данного препарата. Организм животных после уничтожения паразитических гельминтов очень медленно восстанавливал свои силы. Мы отмечали резкую задержку роста и развития молодняка после переболевания и проведённого лечения. Наличие иммуносупрессивных свойств у антгельминтика, а также в целом угнетение клеточного иммунитета у ягнят даже после терапевтических манипуляций способствовало, в последующем, повторному заражению гельминтами и в более короткие сроки. Комплексная терапия должна включать в себя препараты иммунокорректоры.

Lukianov R.Y., Lukianova G.A., Kuevda E.N.

CHANGES IN INDICATORS OF CELLULAR IMMUNITY IN LAMBS DURING TREATMENT OF ASSOCIATE BRONCHOPNEUMONIA

In experiments, we studied changes in the cellular parameters of the body's immunity in lambs against the background of treatment of associated dictyocaulosis-microbial bronchopneumonia with drugs of various types. For therapy, the antibiotic enroxil and the anthelmintic ivermectin were used in combination and separately. The most effective effect on pathogens in associative bronchopneumonia of lambs was the combined use of an antibiotic with an anthelmintic. This is evidenced by a gradual improvement in the general condition of the animals, the disappearance of clinical symptoms of damage to the respiratory system and the normalization of some blood parameters (eosinophils) throughout the experiment, compared with the control group. However, the main cellular indicators of the immunological reactivity of the body of lambs (the number of leukocytes and erythrocytes, the percentage of B-lymphocytes) both with complex and mono-treatment remained at the same level as before treatment, or decreased slightly compared to the control. This indicates that in the process of deworming, the allergenicity of the host's body increases, overstrain and depletion of compensatory mechanisms develop, which lead to a decrease in its resistance. In addition, the use of the anthelmintic Ivermectin had a negative impact on the percentage of T-lymphocytes, which indicates the immunosuppressive effect of this drug. After the destruction of parasitic helminths, the animal body very slowly regained its strength. We noted a sharp delay in the growth and development of young animals after illness and treatment. The presence of immunosuppressive properties

in the anthelmintic, as well as the general inhibition of cellular immunity in lambs even after therapeutic manipulations, contributed to subsequent re-infection with helminths in a shorter period of time. Complex therapy should include immunocorrector drugs.

УДК 619:616-089.5[618.1-636.7]

Бамбуляк Н.Ф., Шведова А.Д.

ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ РАЗРЫВА ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ У СОБАК

В статье представлен анализ современных методов диагностики и лечения повреждённой передней крестообразной связки у собак. Целью работы было изучить информативность комплексной диагностики повреждения у собак, представить доступные методы коррекции. Было установлено, что все животные имели сходные жалобы при обращении, которые подтверждались на основании клинического осмотра, ортопедического обследования и рентгенологического исследования и представляли единый диагноз – разрыв передней крестообразной связки. Все животные были небольших пород, домашнего содержания, кормление получали готовыми коммерческими кормами, имели систематический выгул. Предоперационное исследование прошли все животных с применением эхокардиографии, выполнением общего анализа крови и биохимического. Противопоказаний для оперативного лечения ни у одного животного не установили. Всем животным был применён метод искусственной связки. Все собаки оперативное вмешательство перенесли хорошо, выход из наркоза у всех животных был оптимальный. Послеоперационный период включал обработку раневого шва, применение антибиотиков («Цефтриаксон») и нестероидных противовоспалительных средств («Петкам»). Отек на конечности в области коленного сустава исчезал на второй день, опора собак появлялась на пятый-шестой день. Снятие фиксирующих пластин выполнялось через месяц, отклонений не обнаруживали. Таким образом, проведя анализ предлагаемых методов хирургического лечения практически убедились в эффективности применения метода искусственной связки в отношении собак небольшого размера, у которых анатомически более выполнимо данное лечение.

Bambulyak N.F., Shvedova A.D.

DIAGNOSIS AND TREATMENT OF ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RUPTURE IN DOGS

The article presents an analysis of modern methods of diagnosis and treatment of damaged anterior cruciate ligament in dogs. The aim of the work was to study the informative value of complex diagnostics of damage in dogs, to present available methods of correction. It was found that all animals had similar complaints during treatment, which were confirmed on the basis of clinical examination, orthopedic examination and X-ray examination and presented a single diagnosis - rupture of the anterior cruciate ligament. All the animals were of small breeds, home-kept, fed with ready-made commercial comas, had a systematic walking. All animals underwent preoperative examination using echocardiography, performing a general blood test and biochemical. Contraindications for surgical treatment have not been established in any animal. The artificial ligament method was applied to all animals. All dogs underwent surgery well, the output from anesthesia in all animals was optimal. The postoperative period included the treatment of the wound suture, the use of antibiotics (Ceftriaxone) and nonsteroidal anti-inflammatory drugs (Petkam). The swelling on the limb in the knee joint area disappeared on the second day, the support of the dogs appeared on the fifth or sixth day. The removal of the fixing plates was carried out after a month, no deviations were detected. Thus, after analyzing the proposed methods of surgical treatment, we were practically convinced of the effectiveness of the artificial ligament method in relation to small dogs, in which this treatment is anatomically more feasible.

УДК 636.4.082.455:577.118

Мельник В.В., Цыцылина В.А.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ У СУПОРОСНЫХ СВИНОМАТОК

Одним из незаразных заболеваний поросят раннего возраста была и остается алиментарная анемия, поэтому, своевременное применение препаратов, стимулирующих эритроцитопоэз, всегда актуально. Цель работы - апробировать два железосодержащих препарата (седимин и суиферровит-А) на супоросных свиноматках с целью профилактики возникновения железодефицитной анемии у поросят. Эксперимент был поставлен на супоросных свиноматках за месяц до планируемого опороса. Маток разделили на две группы по 5 голов в каждой, которым дважды, с интервалом в две недели, инъектировали железосодержащие препараты разного состава. Животным первой подопытной группы внутримышечно вводили препарат седимин в дозе 9,0 мл/гол. двукратно за 30 и 15 дней до опороса. Свиноматок второй группы обработали препаратом суиферровит-А в дозе 20,0 мл/гол, так же двукратно за месяц и две недели до опороса. Далее, мы исследовали кровь поросят суточного и двухнедельного возраста, полученных от этих свиноматок. В целом, показатели красной крови у поросят как суточного, так и двухнедельного возраста, после предварительной стимуляции железосодержащими препаратами свиноматок, были в пределах физиологической нормы, что дает возможность заключить о целесообразности применения седимина и суиферровита-А, но сравнив их между собой мы установили, что у молодняка, полученного от свиноматок первой экспериментальной группы, такие гематологические показатели как содержание гемоглобина и количество эритроцитов были достоверно выше, чем у поросят второй экспериментальной группы, поэтому мы рекомендуем использовать седимин. Вывод. Резюмируя вышесказанное, отмечаем, что оба испытуемых препарата могут быть успешно применены для обработки супоросных свиноматок за 30 и 15 дней до планируемых опоросов, но лучшие результаты получены после применения седимина в дозе 9 мл/гол.

Melnik V.V., Tsytsylyna V.A.

FEASIBILITY OF USING IRON-CONTAINING PREPARATIONS IN GESTATING SOWS

One of the non-communicable diseases of piglets of early age was and still is nutritional anemia, therefore, timely application of preparations stimulating erythrocytopoiesis is always relevant. The aim of the work was to test two iron-containing preparations (Sedimin and Suiferrovit-A) on gestating sows in order to prevent iron deficiency anemia in piglets. The experiment was performed on gestating sows one month before the planned farrowing. The sows were divided into two groups of 5 heads each, which were injected twice, with an interval of two weeks, with iron-containing preparations of different composition. The animals of the first experimental group were injected intramuscularly with sedimin at a dose of 9.0 ml/head twice 30 and 15 days before farrowing. Sows of the second group were treated with Suiferrovit-A at a dose of 20.0 ml/head, also twice a month and two weeks before farrowing. Further, we examined the blood of day-old and two-week-old piglets obtained from these sows. In general, red blood indices in piglets of both daily and two-weeks old, after preliminary stimulation with iron-containing preparations of sows, were within the physiological norm, which makes it possible to conclude about the expediency of application of sedimine and suiferrovit-A, but comparing them among themselves we found that in young animals obtained from sows of the first experimental group, such hematological indices as hemoglobin content and number of erythrocytes were significantly higher than in piglets of the second experiment. Conclusion. Summarizing the above, we note that both tested preparations can be successfully applied for treatment of gestating sows 30 and 15 days before planned farrowing, but the best results were obtained after application of sedimine at a dose of 9 ml/goal.

УДК 636.52/58:636.087

Кораблева Т.Р., Сенчук И.В.

ОЦЕНКА СОЧЕТАННОГО ВЛИЯНИЯ ОЗОНА И ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА «БАЦЕЛЛ-М» НА КЛИНИЧЕСКИЙ СТАТУС И СОХРАННОСТЬ ЦЫПЛЯТ ЯИЧНЫХ КРОССОВ

Целью нашей работы было изучение влияния сочетанного использования корма, подвергнутого озонированию и кормовой пробиотической добавки «Бацелл-М» на организм цыплят. Объектом исследования являлись цыплята породы Белый Лекгорн, комбикорм, кровь. Для экспериментальных исследований было сформировано 4 группы цыплят (по 25 голов в каждой группе): 1 группа – контрольная; 2 группа – первая подопытная; 3 группа – вторая подопытная; 4 группа – третья подопытная. Цыплята первой подопытной группы получали озонированный комбикорм, цыплятам второй подопытной группы – вводили в рацион добавку кормовую пробиотическую "Бацелл-М", цыплятам третьей подопытной группы помимо комбикорма, обработанного озоном, дополнительно задавали добавку кормовую пробиотическую "Бацелл-М", в дозировке, рекомендуемой производителем. Контрольная группа содержалась на комбикорме, не подвергнутом воздействию озона, пробиотическую кормовую добавку не получала. Для микотоксикологических исследований материалом служили пробы комбикорма. Исследование кормов проводили с целью предупреждения болезней, которые возникают при скармливании животным кормов, пораженных токсикогенными микроскопическими грибами. Отбор средних проб кормов проводили в соответствии с действующими государственными стандартами (ГОСТ 13496.0-2016). Для оценки степени зараженности кормов спорами грибов и их токсинами образцы комбикорма были подвергнуты санитарно-микологическому анализу. Первичное выделение грибов из кормов проводили путем посева их на питательную среду Сабуро. Культивировали посевы при 22...25 °С. Сроки культивирования определяли по мере формирования колоний и образования характерного спороношения. После окончания культивирования проводили макро- и микроскопическое исследование культур. Выявление микроскопических грибов (микромицетов) в комбикорме проводили путем посева гранул, после предварительной поверхностной обработки их в течение 30 минут 1% раствором формалина (с целью инактивации поверхностной расположенных спор микромицетов). Образцы после обработки формальном промывали стерильной дистиллированной водой и размещали стерильным пинцетом на поверхности плотной питательной среды. После формирования колоний проводили определение морфологических особенностей грибов. Для определения микотоксинов в исследуемом корме применяли экспресс ROSA-тест. Живую массу цыплят определяли посредством взвешивания на электронных весах SF-400 в возрасте 30, 50 и 70 суток. В цельной крови птиц устанавливали концентрацию глюкозы, гемоглобина, проводили подсчет количества эритроцитов и лейкоцитов. В сыворотке крови определяли уровень общего белка, общего кальция, неорганического фосфора, активность аспартатаминотрансферазы (АсАТ) и аланинаминотрансферазы (АлАТ), концентрацию мочевой кислоты, креатинина и общего холестерина. Отбор образцов крови проводили на 70 сутки от начала эксперимента. Для исследований применяли унифицированные методики. Полученные цифровые данные подвергали обработке на персональном компьютере методами вариационной статистики с вычислением средней арифметической (М), ошибки средней арифметической ($\pm m$), критерия достоверности Стьюдента (t). В результате микологических исследований комбикорма, установлено, что оно поражено грибами рода *Aspergillus flavus*. Микотоксикологическими исследованиями определено наличие афлатоксина в повышенной концентрации. Установлено, что скармливание цыплятам комбикорма, пораженного афлатоксином сопровождалось падежом, снижением привеса живой массы, угнетением, симптомами поражения кишечника. При лабораторном исследовании крови цыплят выявлены признаки, указывающие на поражение печени (гиперпротеинемия, повышение активности трансаминаз, снижение уровня глюкозы крови). Озонирование корма, пораженного плесневыми грибами, снижает их содержание и инактивирует микоток-

сины. Наилучший эффект достигается при комплексном применении озона и кормовой пробиотической добавки «Бацелл-М», что подтверждается высоким показателем сохранности и показателями среднесуточных привесов, статистически достоверно превышающих параметры группы контроля.

Korableva T. R., Senchuk I.V.

ASSESSMENT OF THE COMBINED EFFECT OF OZONE AND THE PROBIOTIC DRUG «BACELL-M» ON THE CLINICAL STATUS AND SAFETY OF EGG CROSS CHICKENS

The purpose of our work was to study the effect of the combined use of feed subjected to ozonation and the feed probiotic additive "Bacell-M" on the body of chickens. The object of the study were chickens of the White Leghorn breed, compound feed, blood. For experimental studies, 4 groups of chickens were formed (25 heads in each group): group 1 – control; group 2 – the first experimental; group 3 – the second experimental; group 4 is the third test subject. The chickens of the first experimental group received ozonated compound feed, the chickens of the second experimental group were introduced into the diet with a feed probiotic additive "Bacell-M", the chickens of the third experimental group, in addition to mixed feed treated with ozone, were additionally given a feed probiotic additive "Bacell-M". The control group was kept on mixed feed that was not exposed to ozone, without the addition of a probiotic feed additive. Mixed feed samples were used as a material for mycotoxicological studies. The study of feed was carried out in order to prevent diseases that occur when feeding animal feeds affected by toxicogenic microscopic fungi. The selection of average feed samples was carried out in accordance with current state standards (GOST 13496.0-2016). To assess the degree of contamination of feed with fungal spores and their toxins, feed samples were subjected to sanitary and mycological analysis. The primary isolation of fungi from feed was carried out by sowing them on a nutrient medium Saburo. Crops were cultivated at 22...25 ° C. The terms of cultivation were determined as colonies were formed and a characteristic sporulation was formed. After the end of cultivation, macro- and microscopic examination of the cultures was carried out. The detection of microscopic fungi (micromycetes) in compound feed was carried out by sowing granules, after preliminary surface treatment for 30 minutes with 1% formalin solution (in order to inactivate the surface surface of the spores of micromycetes). After treatment, the samples were formally washed with sterile distilled water and placed with sterile tweezers on the surface of a dense nutrient medium. After the formation of colonies, the morphological features of fungi were determined. An express ROSA test was used to determine mycotoxins in the studied feed. The live weight of chickens was determined by weighing on an SF-400 electronic scale at the age of 30, 50 and 70 days. Glucose and hemoglobin concentrations were determined in the whole blood of birds, and the number of erythrocytes and leukocytes was counted. The serum levels of total protein, total calcium, inorganic phosphorus, aspartate aminotransferase (AsAT) and alanine aminotransferase (AlAT), uric acid, creatinine and total cholesterol were determined. Blood samples were taken on the 70th day from the beginning of the experiment. Unified methods were used for research. The obtained digital data were processed on a personal computer using methods of variational statistics with the calculation of the arithmetic mean (M), the arithmetic mean error ($\pm m$), the Student's reliability criterion (t). As a result of mycological studies of compound feed, it was found that it was affected by fungi of the genus *Aspergillus flavus*. Mycotoxicological studies have determined the presence of aflatoxin in increased concentrations. It was found that feeding feed to chickens affected by aflatoxin was accompanied by death, a decrease in body weight gain, depression, and symptoms of intestinal damage. Laboratory examination of chicken blood revealed signs indicating liver damage (hyperproteinemia, increased transaminase activity, decreased blood glucose levels). Ozonation of feed affected by mold fungi reduces their content and inactivates mycotoxins. The best effect is achieved with the combined use of ozone and the feed probiotic additive "Bacell-M", which is confirmed by a high safety index and indicators of average daily weight gain, statistically significantly exceeding the parameters of the control group.

Ответственный секретарь — Е.В. Горбунова
Техническое редактирование и верстка — О.Е. Дубровина
Перевод — О.А. Клиценко

Подписано в печать 15.03.2024. Формат 70х100/16. Заказ №
Усл. печ. л. 11,44. Тираж 500 экз.
Подписной индекс объединенного каталога «Пресса России» 64972.
Цена 467 руб. Дата выхода в свет

Редакция: Институт «Агротехнологическая академия»
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
295492, г. Симферополь, п. Аграрное
Тел.: +7 (3652) 26-35-21. E-mail: tauridatas@mail.ru; <https://ata.cfuv.ru/>

Отпечатано в Издательском доме
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7

**Ответственность за точность приведенных данных, фактов, цитат и
другой информации несут авторы опубликованных материалов**