



ИЗВЕСТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ ТАВРИДЫ

**TRANSACTIONS OF TAURIDA
AGRICULTURAL SCIENCE**

№ 45 (208) 2026

№ 45 (208), 2026

*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

№ 45 (208), 2026

*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

Салтыков А.Н., Мурзаханов А.Р., Кваша П.Г. Лесные пожары на заповедных территориях южнобережного Крыма: периодичность во времени и последствия.....	6
Коковихин С. В., Ндайирагиже Ж. П. Агроэкологические параметры и водный режим подсолнечника при выращивании культуры с использованием цифровых технологий в разных странах.....	22
Терехова С. С., Тутучкина А. С. Исследования биологической активности почв в посевах сахарной кукурузы под действием различных видов удобрений	41
Кравченко Р. В., Лучинский С. И., Тымчик Н. Е., Тымчик Д. Е. Влияние предшественника на агробиологические и структурные показатели сортов озимой пшеницы	55
Корзин В.В., Горина В.М., Корзина Н.В. Динамика содержания пигментов фотосинтеза в листьях сортов абрикоса в летний период	70
Адамень Ф. Ф., Коковихин С. В., Сташкина А. Ф. Урожайность сои в зависимости от системы основной обработки почвы и удобрений в орошаемом севообороте в условиях Северного Причерноморья	86
Салогуб Р.В., Захаренко Г.С., Севастьянов В.Е. Плоскоцветочник восточный в лесомелиоративных насаждениях Степного Крыма	106
Арсланова Л.Э., Сташкина А.Ф. Условия влагообеспеченности, рост, развитие и урожайность сортов льна масличного в степной зоне Крыма	121

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Ажермачев С.Г., Высоцкая Н.Д., Решетник А.А. Оптимизация параметров и обеспечение безопасности агрегатов систем агропромышленных комплексов, имеющих внутренний источник колебаний	134
Высоцкая Н.Д., Ажермачев С.Г., Онощенко Г.В. Расчет и выбор геометрических параметров амортизаторов под кабину трактора	142
Красовский В.В., Гербер Ю.Б., Бережная Т.Е. Моделирование дисперсного состава факела в двухфазной пневматической форсунке переменного расхода для систем дифференцированного внесения средств защиты растений	152
Хавьяримана Э., Дмитриев С.А., Тарасенко Б.Ф. Комбинированный агрегат обработки почвы при возделывании сорго	166
Тарасенко Б.Ф., Дробот В.А. Многофункциональный агрегат для обработки почвы междурядий садов и виноградников	176

ВЕТЕРИНАРИЯ

Кувда Н.Н., Кувда Е.Н., Таран Т.А. Диагностика и лечение субклинического рахита у поросят..	184
Лизогуб М.Л., Шевляков Д. С. Результаты клинико-биохимических исследований гастроэнтерита у поросят.....	192
Плахотнюк Е.В., Митенкова А.А. Современные аспекты диагностики лимфомы кошек	202
Рефераты.....	212

Contents

AGRONOMY AND FORESTRY

Saltykov A.N., Murzakhanov A.R., Kvasha P.G. Forest fires in protected areas of south-coast crimea: time frequency and consequences	6
Kokovikhin S. V., Ndayiragije J. P. Agroecological parameters and water regime of sunflower when cultivating the crops using digital technologies in different countries	22
Terekhova S. S., Tutchkina A. S. Research of soilbiological activity in sweet corn crops under the influence of various types of fertilizers	41
Kravchenko R. V., Lukchinsky S. I., Tymchik N. E., Tymchik D. E. Influence of precursors on agrobiological and structural indicators of winter wheat	55
KorzinV.V., GorinaV.M., KorzinaN.V. Dynamics of photosynthetic pigment content in the leaves of apricot cultivars in summer	70
Adamen F. F., Kokovikhin S. V., Stashkina A. F. Soybean yield depending on the system of primary soil cultivation and fertilizers in irrigated crop rotation in the Northern Black sea region	86
Salogub R.V., Zakharenko G.S., Sevastyanov V.E. Platycladus orientalis in forest melioration plantations of the Steppe Crimea	106
Arslanova L.E., Stashkina A.F. Moisture conditions impact on the growth, development and yield of oil flax varieties in the steppe zone of Crimea	121

AGRO-INDUSTRIAL ENGINEERING

Azhermachev S.G., Vysotskaya N.D., Reshetnik A.A. Optimization of parameters and ensuring safety of units of agro-industrial complexes systems with an internal source of oscillations	134
Vysotskaya N.D., Azhermachev S.G., Onoshchenko G.V. Calculation and selection of geometric parameters of shock absorbers for the tractor cab	142
Krasovsky V.V., Gerber Yu.B., Berezhnaya T.E. Modeling of the dispersed composition of a flare in a two-phase variable flow pneumatic nozzle for differentiated application of plant protection products...152	
Havyarimana E.; Dmitriev S.A.; Tarasenko B.F. Combined tillage unit for sorghum cultivation166	
Tarasenko B.F., Drobot V.A. Multifunctional unit for cultivating interrow soils in gardens and vineyards...176	

VETERINARY

Kuevda N.N., Kuevda E.N., TaranT.A. Diagnosis and treatment of piglets subclinical rickets.....184	
Lizogub M.L., Shevlyakov D. S. Results of clinical and biochemical studies of piglets gastroenteritis...192	
Plakhotniuk E.V., Mitenkova A.A. Modern aspects of diagnosis of feline lymphoma	202

Abstracts.....	212
-----------------------	------------

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*43:502.4

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ НА ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЮЖНОБЕРЕЖНОГО КРЫМА: ПЕРИОДИЧНОСТЬ ВО ВРЕМЕНИ И ПОСЛЕДСТВИЯ

Салтыков А.Н.¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

Мурзаханов А.Р.², директор, главный государственный инспектор в области охраны окружающей среды

Кваша П.Г.¹, аспирант кафедры лесного дела и садово-паркового строительства

¹ Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

² ФГБУ «Объединённая дирекция особо охраняемых природных территорий «Заповедный Крым»

Анализ динамики лесных пожаров на заповедных территориях южного побережья Крыма, показал, что их возникновение обусловлено предшествующими засухами. Особенностью пожаров, случившихся во второй половине прошлого и начале текущего столетия, является их синхронность во времени, свойственная в целом лесам горного Крыма. Успешная реализация репродуктивного потенциала сосняков и появление подроста возможно в том случае, когда экологическая ниша соответствует биоэкологическим свойствам лесообразующей породы.

Ключевые слова: сосна, запо-

FOREST FIRES IN PROTECTED AREAS OF SOUTH-COAST CRIMEA: TIME FREQUENCY AND CONSEQUENCES

Saltykov A.N.¹, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Murzakhanov A.R.², Director, Chief State Inspector in the field of environmental protection

Kvasha P.G.¹, postgraduate student of the Department of Forestry and Landscape Gardening,

¹ Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»

² Federal State Budgetary Institution United Directorate of Specially Protected Natural Areas «Reserved Crimea»

An analysis of forest fire dynamics in protected areas of the Southern Coast of the Crimea has shown that their occurrence is caused by preceding droughts. A characteristic feature of the fires that occurred in the second half of the last century and the beginning of this century is their synchronicity, which is typical of mountainous Crimean forests in general. Successful realization of the reproductive potential of pine forests and the emergence of new growth are possible when the ecological niche matches the bioecological properties of the forest-forming species.

Key words: pine, protected

ведная территория, засуха, лесной area, drought, forest fire, burnt area, пожар, горельник, популяционный population surge, undergrowth. всплеск, подрост.

Введение. Глобальное потепление климата, начавшееся во второй половине прошлого столетия, повлекло за собой изменение температурного режима и количества выпадающих осадков, в том числе, на пространстве южного сегмента Русской равнины (РР). Исследованиями установлено, что на территории России темпы потепления в 2,5 раза выше роста глобальной температуры [7]. На фоне долговременных изменений гидротермического режима РР заметно увеличилось количество и продолжительность атмосферных и почвенных засух [1,3,7,16]. Так, например, во второй половине прошлого и первые десятилетия текущего столетия на территории Русской равнины экстремальные засухи были зафиксированы в 1972, 1975, 1981, 1995, 1998, 1999 и 2010 гг. [1, 3, 7, 16]. Для Центрально-Чернозёмного района (ЦЧР) череда засух отмечена в 1991, 1995, 2001, 2007, 2010, 2012, 2014, 2019 гг.[7].

Логичным продолжением атмосферных и почвенных засух является опасность возникновения и сравнительно быстрого распространения лесных пожаров практически на всём пространстве равнины вплоть до её приграничных территорий – горных районов Крыма и Кавказа. Последствия пожаров, нередко катастрофические, влекут за собой закономерные изменения структуры лесного покрова, в том числе потерю коренных, девственных лесов [2, 13-15]. Существует мнение, что ожидаемым следствием лесного пожара является популяционный всплеск и формирование жизнеспособных ценопопуляций подроста сосны, способных заменить материнское насаждение [13, 14]. В тоже время формирование жизнеспособных ценопопуляций подроста типобразующей породы явление, которое по целому ряду причин далеко не всегда следует за полным или частичным распадом насаждения, пройденного лесным пожаром. Довольно часто на месте горельников можно наблюдать формирование производных древостоев. К тому же, по мнению исследователей, процессы дальнейшего потепления климата могут повлечь за собой изменения не сопоставимые с экологической ёмкостью лесного покрова [7].

В связи с чем, в качестве рабочей гипотезы исследования было принято следующее положение. Лесные пожары на территории южного бережного Крыма за последние 50-летие (1973-2025гг) наблюдались с определённой периодичностью. В ряде случаев после прохождения лесного пожара можно было ожидать появление жизнеспособных ценопопуляций подроста в сосновых лесах, в том числе на заповедных территориях полуострова. Соответственно, целью данного исследования была проверка выдвинутой рабочей гипотезы.

Методика и объекты исследования. В процессе исследования нами были использованы методы исторического анализа, методы полевых исследований, а также камеральной обработки и анализа полученных данных. Так, например, при

выявлении периодичности возникновения лесных пожаров на территории Ялтинского горно-лесного заповедника, национального парка «Крымский» и ландшафтного заказника «Мыс Айя» выполнен анализ данных, отражённых в книгах лесных пожаров. Кроме того, методикой исследования предусмотрен анализ литературных источников, посвящённых вопросам лесной пирологии [2, 6, 8–10].

Рекогносцировочные, а впоследствии и полевые исследования проведены в границах лесных массивов заповедных территорий южнобережного Крыма, в разное время пройденных лесными пожарами. На горельниках заповедных территорий выполнен учёт подроста. Под пологом материнских насаждений была заложена сеть системно расположенных площадок размером 1×1 (м²). Расстояние между учётными площадками и параллельно размещёнными трансектами составляло 5 метров. Всего в процессе выполнения опытных исследований заложено 350 учётных площадок. В данном случае нами использована методика П. Грейг-Смита [4]. На открытом пространстве горельников формирование системы пробных площадей выполнено с использованием методики С.С. Пятницкого [12]. Размер пробных площадей принят равным 10×10 (м²). Только в течение осеннего сезона 2025 года нами было заложено 96 пробных площадей по методике С.С. Пятницкого. При выполнении рекогносцировочных исследований (2017–2020 гг.) заложено 64 пробы. Таким образом, общее количество учётных пробных площадей составило 500 штук. На указанных учётных пробных площадях для подроста сосны устанавливались следующие показатели: диаметр растения на высоте груди и на высоте шейки корня, общая высота растения, прирост за последний год, возраст подроста. При определении жизненного состояния растений и типа ценопопуляции, подрост сосны крымской и сосны пицундской условно разделяли на категории качества: благонадёжный и неблагонадёжный [5]. К категории благонадёжного относили здоровые растения, отличающиеся успешным ростом и имеющие перспективу дальнейшего роста и развития. К неблагонадёжным относили повреждённые, угнетённые, отставшие в росте и бесперспективные растения. Полученные данные были обработаны методами математической статистики и на каждый из установленных показателей приведена статистическая характеристика средней величины.

Результаты исследования. Засухи на пространстве РР за последние полтора столетия были зафиксированы неоднократно и повторялись с определённой периодичностью. В качестве подтверждения приведём фрагмент перечня засух, случившихся на пространстве равнины и установленных нами на основании анализа литературных источников в следующем порядке: 1891, 1892, 1896/97, 1901, 1906, 1911, 1920, 1921, 1924, 1929, 1931, 1933, 1936, 1938, 1939, 1946, 1948, 1949, 1950/51, 1954, 1955, 1957, 1958, 1963, 1965/66, 1968, 1972, 1975, 1979, 1981, 1984, 1991, 1995, 1998, 1999, 2001, 2007, 2009, 2010, 2012 [1, 2, 3, 7, 16]. Начинаясь на юге равнины, засухи неуклонно продвигались на север, охватывая всё большие пространства, и нередко несли за собой масштабные по площади лесные пожары [7, 96].

Возвращаясь к более ранним исследованиям, посвящённых проблемам возникновения и распространения лесных пожаров, подчеркнём, что профессор А.В. Тюрин обращал внимание на тот факт, что на обширных пространствах Русской равнины от Архангельской и Вятской губернии до Орловской, а ныне Брянской области, сосновые древостои появлялись синхронно во времени [2, 15]. Одна из главных причин формирования пространственных кластеров одновозрастных сосняков – это повторяемость засушливых периодов и синхронных засухам лесных пожаров на пространстве РР. Таким образом, вероятным следствием лесного пожара является известный в лесоводстве и экологии популяционный всплеск, за которым следует массовое появление подроста светлохвойных пород [7].

Анализ данных динамики лесных пожаров на территории Ялтинского горно-лесного заповедника за 52-летний период наблюдений (1973-2025 гг.) позволяет утверждать, что среднее число пожаров, которое приходится на один год составляет $24,4 \pm 2,77$ пожара, средняя площадь лесного пожара составляет 44,8 га. Отметим, что за 52-летний период наблюдений максимум распространения лесных пожаров, кроме 2007 года, отмечен в 1998 году (123 случая). Общая площадь лесов, охваченная пожарами, составила 347,6 га. В 1993 году лесные пожары были зафиксированы на площади 498,6 га, всего было отмечено 47 возгораний.



Рисунок 1. Количество возгораний на территории

Ялтинского горно-лесного заповедника за период 1970-2030 гг.

Несколько меньшая площадь распространения была выявлена в 1989 г., она составила 102,8 га, количество возгораний – 15. В 1996 г. при количестве лесных пожаров 29, площадь лесов, пройденная огнём, составила 91,5 га. Значительное число пожаров, превышающее средний показатель, установлено для 2000 и 2001 гг. Самым экстремальным по площади распространения лесного пожара выдался 2007 год, когда оказались повреждёнными более 1000 га заповедных сосновых и дубовых лесов.

Следует отметить, что масштабные лесные пожары на южном макросклоне Крымских гор возникали и раньше. Так, например, в 1895 г. выгорели почти

все сосновые леса от восточных склонов Ялты до Гурзуфских лесов. Только за 7 часов длительности лесного пожара сгорело 1125 га леса. В 1871 г. пострадало от пожара леса на склонах гор возле населённых пунктов Кореиза, Гаспры и Мисхора. В 1882 г. в районе г. Алушты сгорело почти 300 га леса. В 1970 году пожар на территории Алушкинского лесничества уничтожил более 300 га уникальных сосновых лесов [9].

Опираясь на сведения, приведённые в книге лесных пожаров Ялтинского горно-лесного заповедника можно полагать, что пики горимости лесов сосны крымской (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) прихлещи на 1986, 1989-1990, 1993-1994, 1996, 1998-1999, 2000-2002, 2007-2008, 2010 и 2014 гг.

Краткий анализ горимости лесов на территории национального парка «Крымский» рассмотрен нами на основании 59-летнего периода наблюдений (1958-2016 гг.). В основу указанного фрагмента исследования положены данные, отражённые в публикации К.В. Левченко, вышедшей в 2017 году [8]. Средняя площадь лесного пожара за 1958-2016 гг. составляла 7,8 га. Максимальное число пожаров (9 возгораний) отмечено в 2007 году на площади 306,57 га. В 1993 году зафиксировано 2 пожара, при этом площадь их распространения весьма значительная - 92,0 га. Высокие значения числа пожаров, зафиксированных на территории горных лесов парка, наблюдались в 1962, 1967, 1968, 1971, 1982, 1993, 1994, 2000, 2005, 2007, 2011 гг. В 1996, 1998 и 1999 гг. количество пожаров также было достаточно большим. Годы без возгораний – 1958-1960, 1965, 1966, 1969, 1970, 1973-1978, 1981, 2013, 2014 [8]. С учётом указанных данных можно утверждать, что пики лесных пожаров за 59-летний период наблюдений наблюдались 14 раз. Причиной возникновения возгораний является нарушение правил противопожарной безопасности. Преимущественно, лесные пожары были приурочены к условиям спелых и перестойных насаждений *P. nigra* subsp. *pallasiana* [8].

В западной части горного Крыма пирогенно неблагонадёжной признана прибрежная часть Чернореченского участкового лесничества, где расположен ландшафтный заказник «Мыс Айя». Цель его функционирования – сохранение коренных лесов сосны пицунской (*Pinus brutia* var. *pityusa* (Steven) Silba). Отметим, что сведения, касающиеся динамики лесных пожаров до настоящего времени весьма ограничены, поскольку заповедная территория была создана сравнительно недавно. Наиболее полная информация о распространении лесных пожаров характерна для периода 1996–2005 гг. Так, например, в 1996 г. на территории Севастопольского лесничества площадь, пройденная лесным пожаром, составила 128 га, в том числе в ландшафтном заказнике - 60,1 га, из которых 40 га было охвачено верховым пожаром. В 2000 г. площадь, повреждённых огнём древостоев на территории Севастопольского лесничества составила 67 га, в 2001 году - 60 га. На территории Чернореченского участкового лесничества в 2001 г. площадь лесных пожаров составила 53 га, верховым пожаром было уничтожено 31,4 га древостоев *P. brutia* var. *pityusa*. Указанные

насаждения были приурочены к ландшафтному заказнику. Далее по времени прослеживается резкое сокращение площадей, повреждённых огнём низового и верхового пожаров. Лишь в 2005 году зафиксирован очередной пик горимости лесов с доминированием сосны пицундской. Динамика распространения лесных пожаров на территории Севастопольского лесохозяйственного предприятия близка и коррелирует с таковыми же данными для ландшафтного заказника. В связи с чем, укажем, что за десятилетний период (1996-2005 гг.) в Севастопольском лесохозяйственном предприятии пожарами было пройдено 354 га, из них верховыми - 89 га.

В разрезе участковых лесничеств наблюдалась следующая ситуация. На территории Севастопольского участкового лесничества пройдено лесным пожаром 99 га, что составляет 28% от общей площади, пройденной пожарами. В том числе на территории Терновского участкового лесничества огнём было охвачено 13 га (4%); на территории Чернореченского участкового лесничества – 156 га (44%); Орлиновского – 12 га (3%) и Мекензиевского участкового лесничества – 75 га (21%). То есть самый высокий уровень горимости лесов наблюдался на территории Чернореченского участкового лесничества, где территориально расположен ландшафтный заказник «Мыс Айя». Отметим, что характерной особенностью распространения лесных пожаров горных лесов заказника является практически закономерный переход низового пожара в категорию верхового. Значительные перепады высот и потоки восходящего воздуха неизбежно влекут за собой быстрое движение лесного пожара, захватывающее кроновое пространство лесных насаждений, представленного доминированием хвойных пород. Динамика распространения лесных пожаров за период 1996 по 2020 гг. следующая: 1996 – 128 га; 1997 – 5 га; 1998 – 25 га; 1999 – 11 га; 2000 – 67 га; 2001 – 60 га; 2002 – 12 га; 2003 – 3 га; 2004 – 3 га; 2005 – 40 га, 2015 – 3,3 га, 2016 – 16,2 га, 2017 – 10,2 га, 2018 – 4,5 га, 2019 – 2,6 га, 2020 – 4,0 га.

Ещё раз отметим, что самыми пожароопасными были 1996, 2000, 2001 и 2005 гг., что объясняется очень засушливыми погодными условиями и отсутствием осадков длительное время. Таким образом, пики горимости сосновых лесов с доминированием сосны пицундской на территории ландшафтного заказника «Мыс Айя» пришлось на 1996, 2000-2001, 2005 гг. В течение 2015-2020 гг. в лесных насаждениях Чернореченского участкового лесничества, входящего в состав Севастопольского лесничества, произошло 28 лесных пожаров. Общая площадь, подверженная огню, составила 40,8 га. Средняя площадь пожара - 1,5 га. Все указанные пожары были отнесены к категории низового типа.

Сравнивая динамику возникновения и распространения лесных пожаров на заповедных территориях южного берега Крыма допустимо предположение о том, что лесные пожары в сосновых лесах наблюдаются с определённой периодичностью. Полученные нами данные позволяют выдвинуть предположение о том, что динамика пирогенных явлений различных районов горного Крыма характеризуется хронологической синхронностью (рисунок 2).

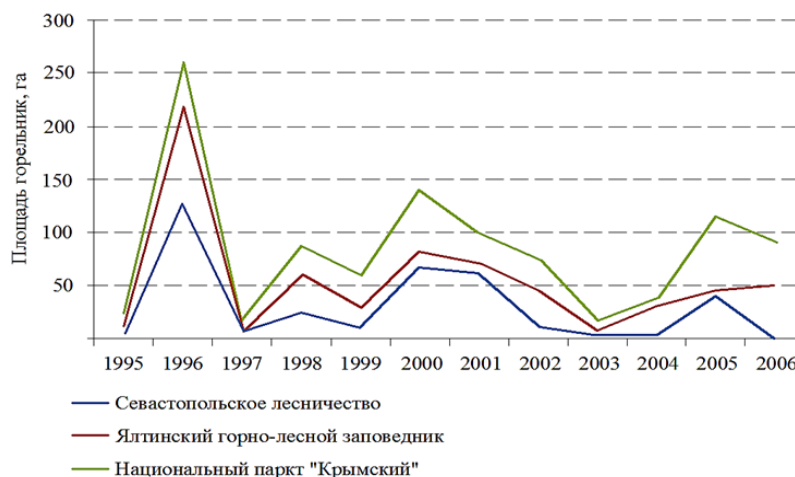


Рисунок 2. Площади горельников Ялтинского горно-лесного заповедника, Национального парка «Крымский» и Севастопольского лесничества (ландшафтный заказник «Мыс Айя»)

Очевидно, синхронность распространения лесных пожаров на заповедных территориях южного берега Крыма обусловлена изменением режима увлажнения, нарастанием сухости, формированием атмосферной и почвенной засухи.

Также в процессе выполнения исследований было установлено, что на лесохозяйственных территориях Крымского полуострова за период 1991-2014 гг. было зафиксировано 2850 возгораний на площади 3704,92 га, из которых 630,8 га пройдено верховым пожаром. В среднем за указанный период фиксировалось 119 случаев лесных пожаров. Средняя площадь лесного пожара за указанный период времени составила 154,4 га. Наибольшее количество лесных пожаров наблюдалось в 1993(4), 1996, 1998, 2000(1), 2005 и 2007 (8) гг. Количество лесных пожаров, случившихся в 2009 и 2010 гг., сопоставимо с числом возгораний, которые наблюдались в течение 1996 года. В 2013 году было зафиксировано лишь одно возгорание. Для сравнения - в 1998 году было выявлено 264 лесных пожара, в 2000 году зафиксировано 237 случаев возгорания. Самая большая площадь, охваченная лесными пожарами на территории лесохозяйственных и лесохозяйственных предприятий Крыма, была установлена в 2007 году, она составила 1184,2 га (рисунок 3). Минимальная площадь, охваченная пожаром, была выявлена в 2013 году и составила 0,02 га [10].

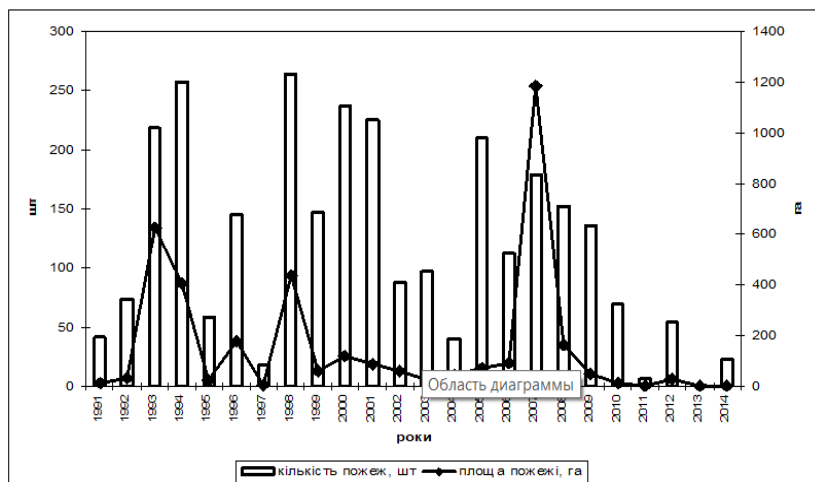


Рисунок 3. Лесные пожары в Крыму за период 1991-2014 гг. [10]

Таким образом, допустимо утверждение о том, что наибольшее число лесных пожаров в течении 25-летнего периода (1991-2014 гг.) на территории лесохозяйственных предприятий Крыма наблюдалось в 1993 (4), 1996, 1998, 2000 (1), 2005 и 2007 (8), а также 2009 гг. Анализ приведенных данных показывает, что возникновение лесных пожаров, в том числе на заповедных территориях южного бережного Крыма, наблюдается с определённой периодичностью во времени. Для лесов Ялтинского горно-лесного заповедника наиболее катастрофичными были последствия лесных пожаров, произошедших в следующем порядке: 1986, 1989 (90), 1993, 1996, 1998, 2000 (1), 2007, 2014 гг. Сюда же можно отнести 2009 (10) г., когда количество лесных пожаров на территории парка можно назвать значительными. Самым экстремальным по числу пожаров и площади их распространения выдался 2007 год. В указанный год пожарами были повреждены более 1000 га заповедных сосновых и дубовых лесов.

На территории национального парка «Крымский» пики горимости лесов были зафиксированы в 1962, 1967, 1968, 1971, 1982, 1993 (4), 2000, 2005, 2007, 2011 гг. В 1996, 1998 и 1999, 2011 гг. количество пожаров также было сравнительно большим. Самые высокие значения по площади распространения лесных пожаров наблюдались в 1962, 1967, 1968, 1971, 1982, 1993 (4), 2000, 2005, 2007 гг.

На территории ландшафтного заказника «Мыс Айя» за 1995-2025 гг. наибольший ущерб лесным насаждениям причинили пожары 1996, 2000 и 2001 гг. Значительное повреждение получили лесные насаждения в 2005 году. Приведённые нами данные позволяют говорить о том, что лесные пожары на заповедных территориях синхронно во времени наблюдались в 1993, 1996, 2000 (1), 2005, 2007 гг. В этот же список можно добавить 2010 (11), 2014 и 2018 гг., когда количество лесных пожаров на заповедных территориях полуострова было значительным. В частности, лесной пожар 2018 года был зафиксирован практически на границе национального парка «Крымский» и Ялтинского гор-

но-лесного заповедника на территории урочища Уч-Кош. Площадь лесного пожара 2018 года составляла более 100 га.

Если принять во внимание статистические данные по распространению лесных пожаров, которые были зафиксированы на территории лесохозяйственных предприятий полуострова, то можно допустить, что за 27-летний период наблюдения (1991-2018 гг.) на территории горно-лесного Крыма с определённой периодичностью и синхронно во времени лесные пожары наблюдались в 1993, 1996, 2000 (1), 2005, 2007 (8), 2010 (11) гг. В эту же категорию можно отнести значительные по числу и площади лесные пожары, которые были зафиксированы на территории Ялтинского горно-лесного заповедника в 1989 (90) гг. Вероятно повышенный уровень пожарной опасности наблюдался в 1986 году. Так, например, площадь насаждений, охваченная лесным пожаром в 1989 году, составила 102,8 га, что более чем в два раза превышает средний показатель по заповеднику, при количестве возгораний на территории заповедника - 15. В 1986 г. число возгораний на заповедной территории было равным 28 пожарам, при среднем их количестве 24,4, то есть и в данном случае присутствует заметное превышение числа лесных пожаров, превышающее установленный средний показатель. Таким образом, перечень периодов с высоким уровнем пожарной опасности в лесах Крыма за 30-летний период можно представить следующим временным рядом: 1986, 1989 (9), 1993, 1996, 2000 (1), 2005, 2007, 2010 (11), 2014 и 2018 гг.

Если принять во внимание тот факт, что на территории Центрально-Чернозёмного района засухи наблюдались в следующем порядке: 1991, 1995, 2001, 2007, 2010, 2012, 2014, 2019 гг., то допустимо предположение о синхронности погодных условий южной покатости РР и полуострова и возможных последствиях случившихся засух. В данном случае также допустимо предположение о том, что за распространением засух на обширных пространствах РР и приграничных территориях, ожидаемо, следуют лесные пожары. Безусловно, что абсолютного совпадения, ввиду особенностей погодных условий столь обширного региона, ожидать не приходится. В ряде случаев синхронность распространения засух и возникновения лесных пожаров характерна лишь для территории горно-лесного Крыма, и наоборот.

В качестве подтверждения обратим внимание на наличие следующих сведений, размещённых в литературных источниках. Так, согласно данным, приведённым в Агроклиматическом справочнике за период 1986-2005 гг. для полуострова Крым указано, что чрезвычайно засушливыми за последние тридцать лет оказались 1989 и 1993 (4) годы [11]. В тоже время 1997 и 2002 гг. отличались тем, что количество выпавших осадков значительно больше многолетней среднегодовой нормы. То есть, в годы, когда количество выпадающих осадков заметно меньше многолетней среднегодовой нормы, увеличивается вероятность возникновения атмосферной засухи и резко возрастает вероятность возникновения лесных пожаров, губительных для лесов южного бережного Крыма. Годы,

с количеством осадков, превышающих среднюю многолетнюю норму, служат экологическим барьером для появления и распространения лесных пожаров.

В результате выполнения исследований по изучению процессов естественного возобновления сосняков на территории южного бережного Крыма было установлено, что популяционный всплеск и формирование жизнеспособных ценопопуляций подростов далеко не всегда следует за лесным пожаром. Так, например, после прохождения лесного пожара 2018 года на территории урочища Уч-Кош национального парка «Крымский» естественное возобновление сосны крымской вряд ли можно признать вполне успешным (таблица 1).

Таблица 1. Биометрическая оценка подростов сосны крымской на горельнике урочища Уч-Кош по данным наблюдения 2023 и 2025 гг.

Показатель	Среднее значение	Точность опыта, %	Асимметрия	Экссесс
Наблюдения 2023 г.				
Высота, см	5,7±0,22	3,86	4,548	3,93
Количество тыс. шт./га	14,7			
Тип ценопопуляции	устойчивый			
Наблюдения 2025 г.				
Высота, см	7,8±0,48	6,2	-0,295	0,09
Прирост, см	1,3±0,14	10,8	1,531	-
Количество тыс. шт./га	2,5			
Тип ценопопуляции	депрессивный			

Полученные данные позволяют утверждать, что количество подростов за период наблюдений 2023-2025 гг. снизилось в 2,9 раза (5 тыс. шт./га), если принимать во внимание сухие растения, то в 5,9 раза (2,5 тыс. шт./га). То есть темпы сокращения численности подростов весьма значительные при очень низком показателе прироста растений по высоте. В целом тип ценопопуляции следует оценивать как депрессивный, перспектива дальнейшего её роста и развития отсутствует.

В тоже время на горельнике урочища Шан-Кая Ялтинского горно-лесного заповедника наблюдается прямо противоположная ситуация, когда более 70% территории горельника занято жизнеспособным подростом. Подрост сосны крымской присутствует не только в непосредственной близости к куртинам семенных деревьев, но и на удалении от них до 100 метров и более (таблица 2).

Таблица 2. Биометрическая оценка подроста сосны крымской, примыкающего к куртинам семенных деревьев на расстоянии до 100 метров

Показатель	Высота, см	Диаметр, см	Размеры кроны по направлению,		Прирост, см
			см		
			север-юг	запад-восток	
Подрост на удалении от стены материнского насаждения от 10 до 20 м					
Среднее	173,4±	1,7±	83,2±	75,8±	11,6±
Точность	2,5	7,6	5,6	4,9	11,4
Ценопопуляция	процветающего типа				
Кол-во, шт.	10600				
Подрост на удалении от стены материнского насаждения от 40 до 50 м					
Среднее	186,4±	2,6±	88,3±	89,3±	11,12±
Точность	4,9	10,7	8,2	8,7	7,0
Ценопопуляция	процветающего типа				
Кол-во, шт.	3000				
Подрост на удалении от стены материнского насаждения от 90 до 100 м					
Среднее	312,9±	4,8±	176,9±	154,6±	21,7±
Точность	4,2	8,8	5,9	5,9	5,2
Ценопопуляция	процветающего типа				
Кол-во, шт.	2600				
Подрост на удалении от стены материнского насаждения более 100 м					
Среднее	249,8±	5,1±	149,2±	158,3±	20,3±
Точность	16,6	29,2	19,4	21,6	15,4
Ценопопуляция	процветающего типа				
Кол-во, шт.	600				

Максимальная плотность ценопопуляции подроста наблюдается в непосредственной близости к семенным деревьям (10,6 тыс. шт./га). По мере удаления на расстояние более 100 метров от семенных деревьев количество подроста сосны крымской составляет 600 шт./га. Средняя высота подроста варьирует от 173,4±4,37 до 312,9±13,06 см. Максимальные показатели средней высоты и среднего прироста были характерны для биогрупп с плотностью до 2,5 тыс. шт./га. При увеличении густоты растений на единице площади происходит закономерное снижение комплекса биометрических характеристик. С дальнейшим падением плотности ценопопуляций подроста кроме снижения биометрических показателей наблюдается изменение состава формируемых насаждений. Так, например, в составе существующих биогрупп появляется дуб скальный (*Quercus petraea* Liebl.) как вегетативного, так и семенного происхождения. В целом тип ценопопуляции процветающий. Это та категория подроста, которая со временем заменит материнский древостой, утраченный вследствие лесного пожара.

Очевидная разница жизненного состояния ценопопуляций подроста сосны крымской и перспектив его дальнейшего роста и развития обусловлена

соответствием ёмкости существующей экологической ниши биоэкологическим свойствам подроста сосны на определённой стадии его роста и развития. В первом случае такое соответствие отсутствует, во втором случае, наоборот, наблюдается процесс завершения популяционного всплеска и формирование ценопопуляций подроста процветающего типа.

Выводы. Лесные пожары на заповедных территориях южного берега Крыма наблюдаются с определённой периодичностью во времени. Для лесов Ялтинского горно-лесного заповедника наиболее катастрофичными были последствия лесных пожаров, произошедших в следующем порядке: 1986, 1989 (90), 1993, 1996, 1998, 2000 (1), 2007, 2009 (10) и 2014 гг. Наибольшее число пожаров произошло в 2007 году, в указанный период пожарами были повреждены более 1000 га заповедных сосновых и дубовых лесов. На территории национального парка «Крымский» пики горимости лесов были зафиксированы в 1962, 1967, 1968, 1971, 1982, 1993 (4), 2000, 2005, 2007, 2011 гг. В 1996, 1998 и 1999, 2011 гг. количество пожаров также было сравнительно большим. На территории ландшафтного заказника «Мыс Айя» за 1995-2025 гг. наибольший ущерб лесным насаждениям причинили пожары 1996, 2000, 2001 и 2005 гг.

Приведённые нами данные позволяют утверждать, что лесные пожары на заповедных территориях синхронно во времени наблюдались в 1993, 1996, 2000 (1), 2005, 2007 гг. Следует отметить 2010 (11), 2014 и 2018 гг., когда количество лесных пожаров на заповедных территориях полуострова было значительным. Так, например, лесной пожар 2018 года был зафиксирован практически на границе национального парка «Крымский» и Ялтинского горно-лесного заповедника на территории урочища Уч-Кош. Площадь лесного пожара 2018 года составляла более 100 га.

Принимая во внимание статистические данные по распространению лесных пожаров на территории лесохозяйственных предприятий полуострова, необходимо отметить, что на территории Крыма с определённой периодичностью и синхронно во времени лесные пожары наблюдались в 1993, 1996, 2000 (1), 2005, 2007 (8), 2010 (11) гг. Допустимо предположение о том, что повышенный уровень пожарной опасности наблюдался в 1986 г., а также в 1989 (90) и 2014 гг. То есть, в годы, когда количество выпадающих осадков существенно меньше многолетней среднегодовой нормы, увеличивается вероятность возникновения атмосферной засухи и возрастает вероятность возникновения лесных пожаров, губительных для лесов Крыма. Годы с количеством осадков, превышающих среднюю многолетнюю норму, служат экологическим барьером для появления и распространения лесных пожаров.

Результаты исследований по изучению процессов естественного возобновления сосняков на территории южного берега Крыма являются основанием для утверждения о том, что популяционный всплеск и формирование жизнеспособных ценопопуляций подроста далеко не всегда следуют за лесным пожаром. Очевидная разница жизненного состояния ценопопуляций подроста

сосны крымской и перспектив его дальнейшего роста и развития на заповедных территориях Крыма обусловлена соответствием ёмкости существующей экологической ниши биоэкологическим свойствам подроста сосны на определённой стадии его роста и развития. При наличии данного соответствия процесс популяционного всплеска завершается формированием ценопопуляций подроста процветающего типа. В случае несоответствия ёмкости экологической ниши биоэкологическим свойствам подроста происходит известный в практике лесоводства процесс затухания волны возобновления.

Список использованных источников:

1. Бучинский, И. Е. Засухи, суховей, пыльные бури на Украине и борьба с ними / И. Е. Бучинский. – Киев : Урожай, 1970. – 235 с.

2. Вакуров, А. Д. Лесные пожары на Севере / А. Д. Вакуров. – Москва : Наука, 1974. – 100 с.

3. Георгиади А.Г., Кашутина Е.А. Гидроклиматические характеристики экстремальных засух, наблюдавшихся на Русской равнине с 1970-х годов. // Аридные экосистемы. Т. 27. № 2 (87). С. 3-11.

4. Грейг-Смит, П. Количественная экология растений / П. Грейг-Смит. – Москва : Мир, 1967. – 359 с.

5. Злобин, Ю. А. Оценка качества ценопопуляций подроста древесных пород / Ю. А. Злобин // Лесоведение. – 1976. – № 6. – С. 72–79.

6. Коба, В. П. Возобновление коренных насаждений *Pinus pallasiana* D. Don после верховых пожаров на фоне динамики абиотических факторов в постпирогенный период / В. П. Коба // Растительные ресурсы. – 2004. – Т. 40, № 2. – С. 19–30.

7. Кузнецова Н.Ф. Изменение климата и его влияние на жизненное состояние лесостепных популяций сосны обыкновенной Русской равнины.- Текст: электронный /Н.Ф. Куз-

References:

1. Buchinsky, I. E. Droughts, dry winds, dust storms in Ukraine and the fight against them / I. E. Buchinsky. - Kyiv: Urozhai, 1970. - 235 p.

2. Vakurov, A. D. Forest fires in the North / A. D. Vakurov. - Moscow: Nauka, 1974. - 100 p.

3. Georgiadi A.G., Kashutina E.A. Hydroclimatic characteristics of extreme droughts observed on the Russian Plain since the 1970s. // Arid ecosystems. Vol. 27. No. 2 (87). P. 3-11.

4. Greig-Smith, P. Quantitative ecology of plants / P. Greig-Smith. - Moscow: Mir, 1967. - 359 p.

5. Zlobin, Yu. A. Assessment of the quality of cenopopulations of undergrowth of tree species /Yu. A. Zlobin // Forestry. - 1976. - No. 6. - P. 72-79.

6. Koba, V. P. Renewal of native *Pinus pallasiana* D. Don stands after crown fires against the background of abiotic factors dynamics in the post-pyrogenic period / V. P. Koba // Plant resources. - 2004. - Vol. 40, No. 2. - P. 19-30.

7. Kuznetsova N.F. Climate change and its impact on the vital status of forest-steppe populations of Scots pine of the Russian Plain. Text: electronic /N.F. Kuznetsova//Forestry information,

нецова//Лесохозяйственная информация, 2023. №2 С. 27-42.

8. Левченко, К. В. Факторы горимости и послепожарные изменения в горных лесах Крымского заповедника / К. В. Левченко, С. М. Матвеев // Лесотехнический журнал. – 2017. – Т. 4. – С. 91–100.

9. Отчёт 2008 г. о выполнении НИР №25/08 «Мониторинг состояния пирогенных сукцессий Ялтинского горно-лесного заповедника и разработка лесохозяйственных рекомендаций» Алушта, 2008 г. 55 С.

10. Отчёт о выполнении НИР №23 по теме «Изучить структурно-функциональные изменения древостоев в условиях антропогенно-техногенного влияния и разработать рекомендации по ведению лесного хозяйства в них» Алушта, 2014 г. 80 С.

11. Потанин, Д. В. Агроклиматический атлас Республики Крым. Пригодность территории для выращивания плодовых, ягодных культур и винограда / Д. В. Потанин, М. И. Иванова, В. Я. Даниленко. – Симферополь : ПОЛИПРИНТ, 2023. – 306 с.

12. Пятницкий, С. С. Методика исследований естественного семенного возобновления в лесах левобережной Лесостепи Украины / С. С. Пятницкий. – Харьков: ХСХИ, 1959. – С. 26.

13. Салтыков, А. Н. Структурно-функциональные особенности естественного возобновления придонских боров : монография / А. Н. Салтыков // ХНАУ. – Харьков, 2014. – 361 с.

14. Санников, С. Н. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса / С. Н. Санников, Н. С. Санникова. – Москва : Наука, 1985. – 152 с.

2023. No. 2 pp. 27-42.

8. Levchenko, K. V. Factors of flammability and post-fire changes in the mountain forests of the Crimean Nature Reserve / K. V. Levchenko, S. M. Matveev // Forestry journal. - 2017. - Vol. 4. - P. 91-100.

9. Report 2008 on the implementation of R&D No. 25/08 «Monitoring the state of pyrogenic successions of the Yalta Mountain Forest reserve and development of forestry recommendations» Alushta, 2008. 55 p.

10. Report on the implementation of R&D No. 23 on the topic «To study the structural and functional changes in tree stands under anthropogenic and technogenic influence and to develop recommendations for forestry management in them» Alushta, 2014. 80 p.

11. Potanin, D. V. Agroclimatic atlas of the Republic of Crimea. Suitability of the territory for growing fruit, berry crops and grapes / D. V. Potanin, M. I. Ivanova, V. Ya. - Simferopol: POLIPRINT, 2023. - 306 p.

12. Pyatnitsky, S. S. Methodology of research of natural seed regeneration in the forests of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine / S. S. Pyatnitsky. - Kharkov: Kharkiv Agricultural Institute, 1959. - P. 26.

13. Saltykov, A. N. Structural and functional features of natural renewal of the Donetsk pine forests: monograph / A. N. Saltykov // KNAU. - Kharkov, 2014. - 361 p.

14. Sannikov, S. N. Ecology of natural regeneration of pine under the forest canopy / S. N. Sannikov, N. S. Sannikova. – Moscow: Nauka, 1985. – 152 p.

15. Tyurin, A. V. Fundamentals

15. Тюрин, А. В. Основы хозяйства в сосновых лесах / А. В. Тюрин. – Москва : Новая деревня, 1925. – 144 с.

16. Черенкова Е.А. 2012. Анализ особенностей обширных атмосферных засух на юге Европейской равнины // Аридные экосистемы. Т. 18. № 4 (53). С. 13-21.

of Management in Pine Forests / A. V. Tyurin. – Moscow: Novaya Derevnya, 1925. – 144 p.

16. Cherenkova E.A. 2012. Analysis of the features of extensive atmospheric droughts in the south of the European Plain // Arid ecosystems. Vol. 18. No. 4 (53). P. 13-21.

Сведения об авторах:

Андрей Николаевич Салтыков – 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, пгт Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Артур Рахимжанович Мурзаханов - директор ФГБУ «Объединённая дирекция особо охраняемых природных территорий «Заповедный Крым», главный государственный инспектор в области охраны окружающей среды, e-mail: artur.murzohanov@yandex.ru, 298650, г. Ялта, пгт Советское, ФГБУ «Объединённая дирекция особо охраняемых природных территорий «Заповедный Крым».

Полина Григорьевна Кваша – аспирант кафедры лесного дела и садово-паркового строительства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», научный руководитель - Салтыков Андрей Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук,

Information about the authors:

Andrey Nikolaevich Saltykov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry and Landscape Architecture at the Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: saltykov.andrey.1959@mail.ru, Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Artur Rakhimzhanovich Murzakhanov - Director of the Federal State Budgetary Institution United Directorate of Specially Protected Natural Areas «Reserved Crimea», Chief State Inspector in the field of environmental protection, e-mail: artur.murzohanov@yandex.ru, Federal State Budgetary Institution United Directorate of Specially Protected Natural Areas «Reserved Crimea» 298650, Republic of Crimea, Yalta, Sovietskoye.

Polina Grigorievna Kvasha – Postgraduate student of the Department of Forestry and Landscape Gardening at the Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky

доцент, заведующий кафедрой лесного дела и садово-паркового строительства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: polinakvasha2302@mail.ru, 295492, пгт Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Crimean Federal University», scientific supervisor - Saltykov Andrey Nikolaevich, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of forestry and landscape gardening at the Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: polinakvasha2302@mail.ru, Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

УДК 631.5:631.8:582.998.2

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПАРАМЕТРЫ И ВОДНЫЙ
РЕЖИМ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПРИ
ВЫРАЩИВАНИИ КУЛЬТУРЫ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В
РАЗНЫХ СТРАНАХ**

**AGROECOLOGICAL
PARAMETERS AND WATER
REGIME OF SUNFLOWER
WHEN CULTIVATING
THE CROPS USING DIGITAL
TECHNOLOGIES IN DIFFERENT
COUNTRIES**

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

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

Доказано, что в разных почвенно-климатических зонах, в Краснодарском крае (Российская Федерация) и Бужумбуре (Республика Бурунди) формирует водный режим со своими особенностями, меняющимися под влиянием почвенно-климатических и агротехнических факторов. Так, в Краснодаре пик потребности во влаге приходится на первую, вторую и третью декады июня. В Бужумбуре наибольшее количество воды требуется подсолнечнику в апреле. Разработанная модель водопотребления подсолнечника с использованием цифровых сервисов свидетельствует о том, что необходимо строго учитывать климатические условия каждого экологического пункта возделывания исследуемой культуры, включая количество атмосферных осадков, температуру, влажность воздуха, скорость ветра, солнечную радиацию (инсоляцию) и

It has been proven that different soil and climate zones, including Krasnodar Krai (Russian Federation) and Bujumbura (Republic of Burundi), each have their own unique water regimes, which vary under the influence of soil, climate, and agronomic factors. For example, in Krasnodar, peak moisture requirements occur in the first, second, and third ten days of June. In Bujumbura, sunflowers require the most water in April. A developed sunflower water consumption model using digital services demonstrates the need to carefully consider the climatic conditions of each cultivation site, including precipitation, temperature, humidity, wind speed, solar radiation (insolation), and evapotranspiration rates, which determine the crop's overall water requirements. In Krasnodar, the total requirement was 282.6 mm (equivalent to 2,826 m³/ha), while in

уровень эвапотранспирации, которые определяют общие потребности культуры в воде. В Краснодаре такая суммарная потребность составила 282,6 мм (эквивалентно 2826 м³/га), а в Бужумбуре – 188,2 мм (1882 м³/га). Моделирование показало, что для высокоэффективного выращивания подсолнечника в разных эколого-географических и почвенно-климатических условиях целесообразно использовать искусственное увлажнение в Краснодаре оросительной нормой 2468 м³/га (или 246,8 мм) и в Бужумбуре – 1625 м³/га (162,5 мм). Этого можно достичь путём проведения трех вегетационных поливов в Краснодаре, а в Бужумбуре – двух поливов с дифференцированной нормой искусственного увлажнения. Урожайность подсолнечника определяется комплексом биологических, агротехнических и абиотических факторов. Решающее влияние на урожай семян оказывают система удобрений (73,2%) и система основной обработки почвы (22,2%), значительно превосходя воздействие погодных условий (2,0%). Максимальная урожайность гибридов подсолнечника (до 29,3 ц/га) достигается при использовании вспашки в сочетании с минеральными удобрениями (N₄₀P₆₀). Этот подход на 26% продуктивнее мелкой безотвальной обработки без удобрений, которая показала наименьшую урожайность (11,1 ц/га).

Ключевые слова: подсолнечник, водопотребление, моделирование, эвапотранспирация, обработка почвы, удобрения, урожайность семян.

Bujumbura it was 188.2 mm (1,882 m³/ha). Modeling showed that for highly efficient sunflower cultivation in different ecological, geographical, and soil-climatic conditions, artificial irrigation with an irrigation rate of 2,468 m³/ha (or 246.8 mm) is advisable in Krasnodar and 1,625 m³/ha (162.5 mm) in Bujumbura. This can be achieved by three growing-season irrigations in Krasnodar and two irrigations with differentiated artificial irrigation rates in Bujumbura. Sunflower yield is determined by a combination of biological, agronomic, and abiotic factors. Fertilizer management (73.2%) and primary tillage (22.2%) have a decisive impact on seed yield, significantly outweighing the impact of weather conditions (2.0%). Maximum yields of sunflower hybrids (up to 29.3 c/ha) are achieved with plowing combined with mineral fertilizers (N₄₀P₆₀). This approach is 26% more productive than shallow no-tillage without fertilizers, which yielded the lowest (11.1 c/ha).

Key words: sunflower, water use, modeling, evapotranspiration, tillage, fertilizers, seed yield.

Введение. Подсолнечник относится к важнейшим однолетним сельскохозяйственным культурам, выращиваемых во всем мире для получения ценного пищевого масла из семян. Россия, Украина, Европейский Союз и Аргентина являются основными странами-производителями, особенно первые две страны, которые производят почти половину мировых семян подсолнечника. Общий объем производства подсолнечника в мире составляет около 45 миллионов тонн, а посевная площадь – 26 млн га [1, 2, 3, 4, 5]. Водные ресурсы играют важную роль в практике сельского хозяйства, что связано с жизненно важным фактором наличия доступной влаги при выращивании с.-х. культур с разным биологическим потенциалом и потребностями во влагообеспечении [6, 7, 8, 9, 10]. Почвенная влага необходима растениям для прорастания, формирования корневой системы и надземной массы, поглощения минеральных питательных веществ, нормального прохождения фотосинтеза, роста и развития, образования урожая, экономической эффективности и экологической безопасности [11, 12, 13]. Климатические параметры на региональном и локальном уровне играют важную роль в эффективности использования всех видов ресурсов и неразрывно связаны с устойчивым развитием территорий, социально-экономическими показателями и возможности обеспечения высокого уровня жизни населения [14, 15, 16, 17].

Компьютерная программа CROPWAT [18] для расчёта потребности сельскохозяйственных культур в воде в зависимости от климатических условий. Она используется для расчета водопотребности сельскохозяйственных культур и потребности в орошении на основе данных о почве, климате и урожаях. Кроме того, программа позволяет разрабатывать графики полива для различных условий хозяйствования и рассчитывать схемы водопотребления для различных режимов орошения культур. Если местные климатические данные недоступны, их можно получить для более чем 5000 станций по всему миру из системы CLIMWAT, связанной климатической базы данных. С помощью компьютерных программ можно установить влияние метеорологических условий (среднесуточная температура, влажность воздуха, скорость ветра, радиация, сумма осадков и эвапотранспирация) на продуктивность подсолнечника при выращивании сельскохозяйственных культур на орошаемых и неорошаемых землях в разных странах и континентах для обоснования необходимости создания климатически оптимизированного земледелия, ослабления негативного влияния глобального потепления, моделировать оптимальный режим орошения для достижения высоких урожаев подсолнечника и других сельскохозяйственных культур [19, 20, 21, 22].

В разных почвенно-климатических условиях потенциал урожайности сельскохозяйственных культур тесно связан с взаимодействием многих факторов, главными из которых являются параметры обеспеченности водой и питательными веществами. Для конкретных условий хозяйствования необходимо разрабатывать и внедрять локальные климатически обоснованные технологии

возделывания, которые должны иметь научное и практическое обоснования, базироваться на принципах адаптивности, нормирования, использования инновационных подходах, экономических и экологических принципов и др. [23, 24, 25, 26, 27]. Орошение, обеспечивающее доступность воды, стимулирует процессы роста и развития растений, что в высокой степени способствует увеличению листовой площади, формированию мощной корневой системы. Достаточное водообеспечение необходимо для поддержания интенсификации продукционного процесса растений. Вода является ключевым компонентом фотосинтетической деятельности, а также для поддержания тургора клеток, обеспечивающего оптимальное накопление органических веществ при прохождении фотосинтеза. Поддержание оптимальной влажности почвы способствует растворению питательных веществ почвы, а также из минеральных и органических удобрений и их транспортировке к корневой системе растений. Важно учитывать уникальные биологические особенности каждой культуры в воде на разных фазах развития, чтобы избежать как переувлажнения, так и дефицита влаги, а также обеспечить оптимальный водный режим в так называемый критический период в органогенезе растений [28, 29, 30, 31, 32, 33].

Материал и методы исследований. Целью исследований было изучить агроэкологические параметры и водный режим подсолнечника при выращивании культуры с использованием цифровых технологий в Российской Федерации и Республике Бурунди.

Для проведения моделирования почвенно-климатических данных и водопотребления подсолнечника использованы компьютерную программу ФАО ООН CROPWAT 8.0 [18] и метеорологические данные метеостанций Краснодара и Бужумбуры. Исходными данными для моделирования и оптимизации режимов орошения были использованы экспериментальные данные по выращиванию подсолнечника за 2024-2025 гг. Исследования проведены с использованием методики опытного дела в растениеводстве [34].

Результаты и их обсуждение. Первоначально в программу CROPWAT 8.0 были введены метеорологические данные Краснодара и Бужумбуры за каждый месяц 2024 года (рисунок 1), что позволило получить расчетные данные о приходе солнечной радиации и суммарном испарении (эвапотранспирации, ETo).

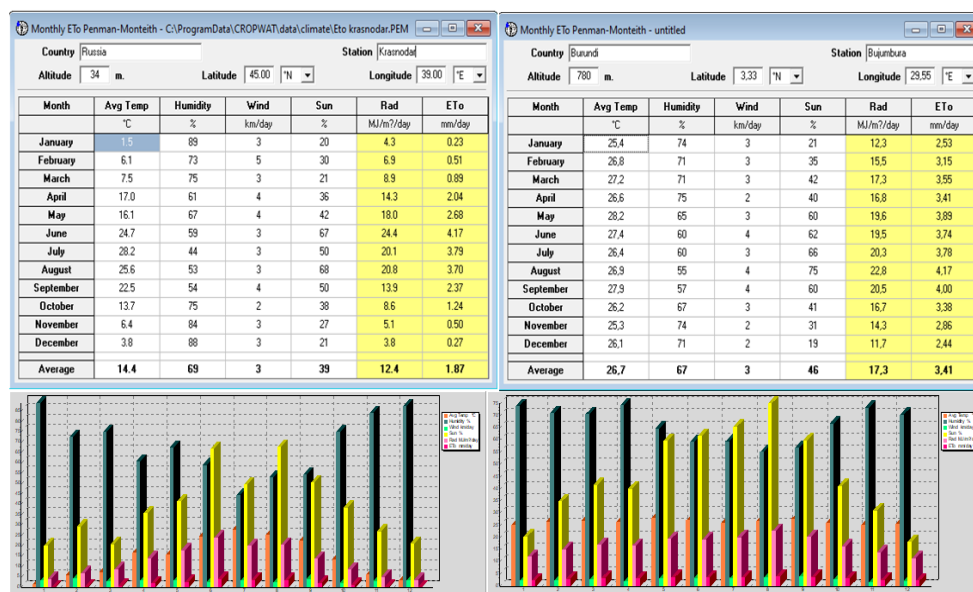


Рисунок 1. Метеорологические условия (солнечная энергия и эвапотранспирация, ETo) полученные в программе CROPWAT 8.0 (2024 г.), г. Краснодар и Бужумбура

Минимальный показатель среднемесячной температуры воздуха Краснодара и Бужумбуры в 2024 году наблюдалось в январе в Краснодаре и в ноябре в Бужумбуре, он был равен 1,5 и 25,3°C, соответственно и минимальная среднемесячная относительная влажность воздуха наблюдалась в июле в Краснодаре – 44% и в августе в Бужумбуре – 55%. Максимальный показатель среднемесячной температуры воздуха рассматривалось в июле – 28,2°C (Краснодар) и в мае – 28,2°C (Бужумбура) и максимальная среднемесячная относительная влажность воздуха отмечалась в январе – 89% (Краснодар) и в апреле – 75% (Бужумбура).

Моделированием показано, что влажность воздуха увеличивается в зимний период и уменьшается в летний период в условиях Краснодарского края. С помощью расчётов нами установлено, что чем среднемесячная температура воздуха выше, тем относительная влажность воздуха ниже и, наоборот, в Краснодаре проявляются обратные закономерности.

В городах Краснодар и Бужумбура, минимальный показатель скорости ветра равен – 2 м/с. При этом максимальный показатель скорости ветра в Краснодаре равен 5 км/день, отмечалось в зимний период – 4 м/с в Бужумбуре.

Солнечная радиация в значительной степени зависит от температуры и влажности воздуха. В городах Краснодар и Бужумбура, наибольшее значение солнечной радиации рассматривалось в летний период 2024 г. – 24,4 и 22,8 МДж/м², соответственно. Тогда как зимой данное значение уже снизилось до 3,8 МДж/м² в Краснодаре и 11,7 МДж/м² – в Бужумбуре.

Эвапотранспирация (ЕТО) – это транспирация растениями (Tr) и испарение из почвы (E), основными погодными факторами, влияющими на суммарное испарение (эвапотранспирация), являются радиация, температура воздуха, влажность и скорость ветра [18].

Наибольшее значение показателя эвапотранспирации наблюдался в летний период, равен 4,17 мм/день в первом декаде июня в Краснодаре и в третьей декаде августа в Бужумбуре при этом среднесуточная температура высокая. В зимний период такой показатель снизился до 0,23 мм/день в Краснодаре и 2,44 мм/день в Бужумбуре. Как видно на рисунке 2 показатель эвапотранспирации в значительной степени зависит от температуры воздуха.

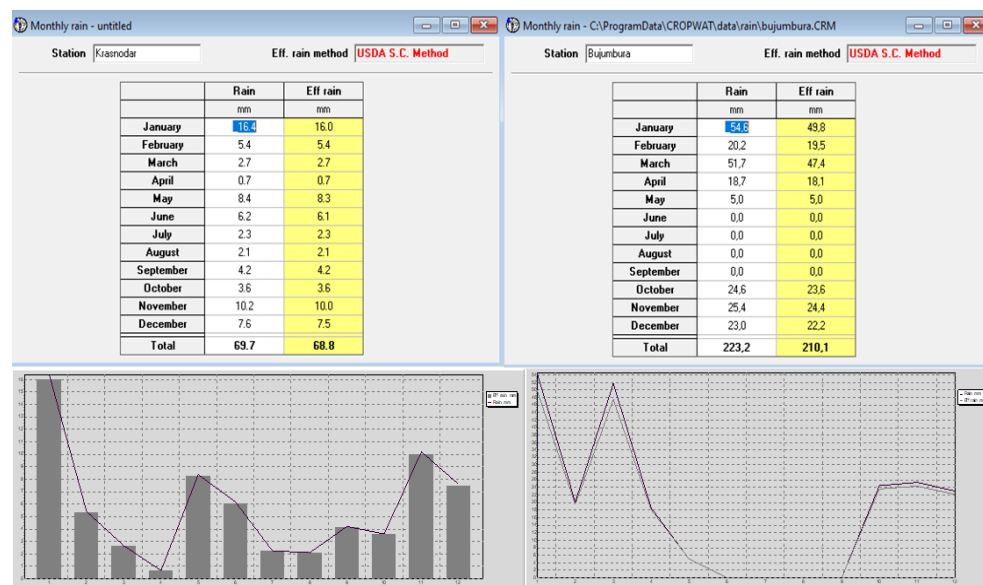
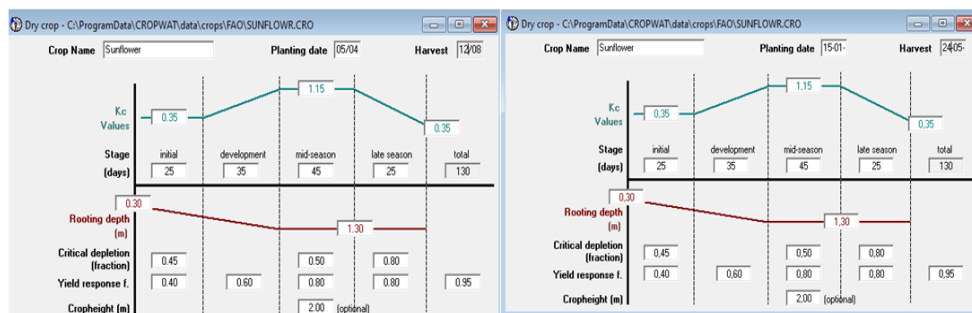


Рисунок 2. Сумма атмосферных и эффективных количество осадков, 2024 г. в г. Краснодара и Бужумбуры

Важнейший показатель обеспечения продуктивности подсолнечника – количество атмосферных осадков. Минимальный показатель суммы атмосферных осадков в городах Краснодар и Бужумбура, будет равно 0,7 мм в весенний период и 0,0 мм в летний период, соответственно (2024 г.), а его максимальный увеличивалось до 16,4 мм в зимний период (январь 2024 г.) в Краснодаре и до 54,6 мм в Бужумбуре (январь 2024 г.).

Эффективное количество осадков имеет равномерный характер с ежемесячным количеством осадков. Всего количество осадков в 2024 году, которое наблюдалось, составляет 69,7 в Краснодаре и 223,2 мм в Бужумбуре, а эффективное количество осадков составляет 68,8 мм в Краснодаре и 210,1 мм в Бужумбуре. Эффективные осадки – это количество осадков, которое может быть поглощено и использовано эффективно растениями для удовлетворения потребности сельскохозяйственных культур в воде и обеспечивают формирование его продуктивности (рисунок 3).



**Рисунок 3. Расчетные показатели продуктивности
подсолнечника из программы Cropwat 8.1,
г. Краснодар, 2024 г.**

Используйте эти значения для определения биологических потребностей подсолнечника во влаге был смоделирован график орошения на основе подбора показателей:

1. Название культуры, дата ее посева.

2. Коэффициент с.-х. культуры (Kc): позволяет рассчитать фактическое испарение культуры. Он зависит от биологических особенностей культуры и фаз её развития. Этот коэффициент изменяется в широком диапазоне в зависимости от четырех фаз роста и развития растений: начальная фазы, фаза первичного развития, фазы середины сезона и фазы конца сезона.

3. Фаза (дни): продолжительность четырех фаз развития, при котором общее время выращивания вегетационного периода культур рассчитывается автоматически. Дата уборки урожая также рассчитывается автоматически. путем прибавления общего количества дней вегетационного периода к дате сева.

4. Глубина укоренения (Zr): этот параметр позволяет рассчитать слой почвы (активный слой), который может быть использован определенной культурой севооборота.

5. Максимальное истощение (p): этот параметр позволяет определить удельный вес доступного запаса влаги, который может быть использован растениями ($E_{Tr}/E_{tc} = 1$).

6. Реакция урожайности, фактор, который связывает падение урожайности с дефицитом эвапотранспирации (суммарного испарения).

7. Высота культур: позволяет настроить расчетные показатели (Kc, Mid, Etc и др.) в соответствии с местными условиями.

Расчётные значения в программе CROPWAT 8.0 показано, что общая водопотребность подсолнечника за весь период вегетации равен 300,7 мм в Краснодаре и 293,8 мм в Бужумбуре, то есть суммарное водопотребление будет равно 3007 и 2938 м³/га, соответственно (рисунок 4).

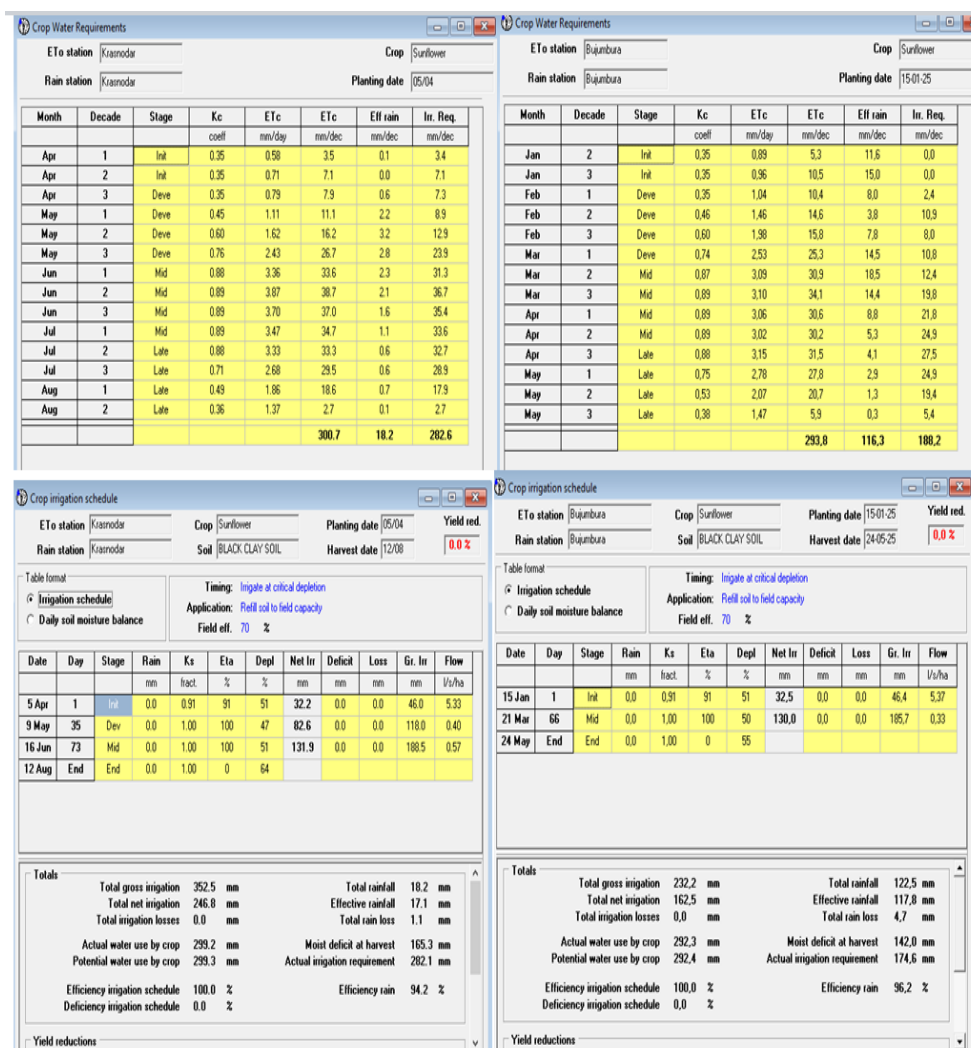


Рисунок 4. Моделированные показатели водопотребления для полива подсолнечника в условиях Краснодарского края и Бужумбуры, 2024 г.

За весь вегетационный период подсолнечника в условиях Краснодарского края в 2024 г., добавлено общее водопотребление эффективных осадков 182 м³/га и 1163 м³/га в Краснодаре и Бужумбуре.

При обеспечении осадками, температурном режиме, относительной влажности воздуха, скорости ветра, инсоляции и эвапотранспирации, равен 282,6 мм (2826 м³/га) в Краснодаре и 188,2 мм (1882 м³/га) в Бужумбуре были установлены плановые оросительные нормы для разных агроэкологических условий. Моделированием программы CROPWAT 8.0 доказано, что при выращивании подсолнечника в двух городах Краснодар и Бужумбура при общей оросительной норме на уровне 246,8 мм (2468 м³/га) и 162,5 мм (1625 м³/га),

соответственно. Данная оросительная норма будет подана на поле путём проведения 3 вегетационных поливов с нормами от 32,2 до 131,9 мм в Краснодаре и от 32,5 до 130,0 мм оросительной нормы с проведением 2 вегетационных поливов в Бужумбуре. Таким образом, подсолнечник относится к культурам, которые требовательны к влагообеспеченности в условиях Краснодара в июне, а в Бужумбуре – требует максимальное количество воды в апреле.

В наших полевых опытах, проведенных в условиях 2025 г. в учебно-опытном хозяйстве «Кубань» КубГАУ, показали, что на показатели водного режима почвы и урожайности семян оказали агротехнические приемы – способ и глубина обработки почвы, и норма внесения минеральных удобрений. В целом, погодные условия 2025 г., характеризовались холодной с заморозками и весной и аномальной жарой и засухой в летние месяцы. Для всего Краснодарского края был зафиксирован высокий температурный режим, превышающий климатическую норму, а также дефицит осадков с их крайне неравномерным распределением, что вызвало снижение ростовых процессов и уменьшение урожайности. В целом, погодные условия соответствовали умеренно-континентальному климату с жарким летом, но в 2025 году жара была более выраженной, чем обычно.

В апреле сохранялась тенденцию теплой погоды с отдельными дождливыми днями. Температура: в начале месяца дневная температура достигала 20 °С, но были и более прохладные дни около 14°С. Ночные температуры колебались в районе 8-11 °С. Отмечались дни с облачностью и грозами. Май был отмечен неустойчивой погодой, характерной для весны на Кубани. Были зафиксированы неблагоприятные явления – ливнях, грозы, град при порывах ветра до 20 м/с. С июня по август в регионе наблюдались засушливая с дефицитом осадков погода, которая негативно повлияла на продуктивность подсолнечника и многих других с.-х культур.

Суммарное водопотребление гибрида контрольного варианта варьировалось от 3329 до 3415 м³/га. Использование удобрения в дозе N₄₀P₆₀ способствовало увеличению водопотребления всей системы основной обработки почвы (таблица 1).

Таблица 1. Показатели эффективности использования влаги растениями и урожайность семян подсолнечника гибрида Куба в зависимости от системы основной обработки почвы и удобрения

Система основной обработки почвы (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Показатель				
		использовано из почвы, м ³ /га	количество осадков за вегетацию, м ³ /га	суммарное водопотребление, м ³ /га	коэффициент водопотребления, м ³ /т	урожайность семян, ц/га
Вспашка (контроль)	Контроль	804	2525	3329	1970	16,9
	N ₂₀ P ₃₀	833	2525	3358	1423	23,6
	N ₄₀ P ₆₀	890	2525	3415	1166	29,3
Мелкая безотвальная	Контроль	650	2525	3175	2860	11,1
	N ₂₀ P ₃₀	677	2525	3202	1601	20,0
	N ₄₀ P ₆₀	723	2525	3248	1511	21,5
Безотвальная	Контроль	693	2525	3218	1915	16,8
	N ₂₀ P ₃₀	847	2525	3372	1447	23,3
	N ₄₀ P ₆₀	885	2525	3410	1317	25,9
НСР ₀₅ (ц/га) по факторам: А – 1,8; В – 0,8						

На варианте с основной обработкой почвы методом вспашки зафиксировано максимальное водопотребление, составившее 3415 м³/га. В наших экспериментах при применении высокой дозы удобрения наблюдается рост показателя водопотребления. Наилучшее потребление влаги с минимальным коэффициентом водопотребления 1166 м³/га сформировался на варианте с вспашкой и внесением наибольших доз азотно-фосфорных удобрений.

Установлено, что урожайность подсолнечника зависела от комплекса факторов биологического, агротехнического и абиотического характера. Существенную роль в этом играли метеорологические условия, складывающиеся в период вегетации, а определяется урожайность применяемыми агроприемами, системой основной обработки почвы и уровнем минерального питания. Доказано, что урожайность гибридов подсолнечника зависела от изучаемых факторов и колебалась в диапазоне от 11,1 до 29,3 ц/га.

Анализ экспериментальных данных показал, что в 2025 году наивысшая урожайность наблюдалась на варианте с вспашкой и внесением удобрений (N₄₀P₆₀), которая изменялась в диапазоне от 16,9 до 29,3 ц/га.

В то же время, вариант с мелкой безотвальной обработкой показал низкую урожайность в 11,1 ц/га, что на 26% меньше, чем было зафиксировано на варианте с проведением отвальной обработки – вспашки, которая имеет повышенную антропогенную нагрузку на плодородие почвы. Использование удобрений с нормой N₄₀P₆₀ способствовало формированию высокой урожайности семян под-

солнечника, при этом максимальный показатель в посевах с вспашкой составил 29,3 ц/га, что на 2,6 ц/га (26%) превышает урожайность варианта без удобрений.

Следует отметить, что замена вспашки на безотвальную обработку позволила получить близкую урожайность – 23,2 и 22,0 ц/га, соответственно, при минимизации вредного экологического влияния на плодородие почвы. Также на разных вариантах фактора В, при внесении разных норм минеральных удобрений ($N_{20}P_{30}$ и $N_{40}P_{60}$) – урожайность достигла близкого уровня 22,3 и 25,6 ц/га, что обуславливает возможность, учитывая высокую их стоимость, свидетельствует о возможности снижения норм применения удобрений и позволит значительно снизить экологическую нагрузку на агроэкосистемы.

Дисперсионным анализом доказано, что влияние факторов на урожайность семян подсолнечника было неодинаковым. Определено, что применение азотно-фосфорных удобрений было наиболее важным фактором повышения продуктивности подсолнечника (73,2%). Система почвенной обработки также внесла существенный вклад в образование урожая подсолнечника (22,2%). Взаимодействие между этими факторами было минимальным (2,5%), как и влияние прочих неидентифицированных факторов (2,0%). Взаимодействие факторов зафиксировано на минимальном уровне – 2,5 %, как и воздействие на семенную продуктивность подсолнечника других неучтенных элементов ресурсосберегающей технологии. Полученные результаты обуславливают необходимость применения экологизированных подходов при выборе разных способов обработки почвы и норм внесения удобрений с целью сбережения всех видов ресурсов и защиты окружающей среды.

Выводы. Установлено, что подсолнечник – масличная культура, которая в разных почвенно-климатических зонах, в Краснодарском крае (Российская Федерация) и Бужумбуре (Республика Бурунди) формирует водный режим со своими особенностями, меняющимися под влиянием почвенно-климатических и агротехнических факторов. Так, в Краснодаре пик потребности во влаге приходится на первую, вторую и третью декады июня. В Бужумбуре наибольшее количество воды требуется подсолнечнику в апреле. Полученные результаты моделирования позволяют оптимизировать систему орошения, обеспечивая подсолнечник необходимым количеством воды в критические периоды вегетации в каждом из регионов. Разработанная модель водопотребления подсолнечника с использованием цифровых сервисов свидетельствует о том, что необходимо строго учитывать климатические условия каждого экологического пункта возделывания исследуемой культуры, включая количество атмосферных осадков, температуру, влажность воздуха, скорость ветра, солнечную радиацию (инсоляцию) и уровень эвапотранспирации, которые определяют общие потребности культуры в воде. В Краснодаре такая суммарная потребность составила 282,6 мм (эквивалентно 2826 м³/га), а в Бужумбуре – 188,2 мм (1882 м³/га).

Моделирование показало, что для высокоэффективного выращивания подсолнечника в разных эколого-географических и почвенно-климатических ус-

ловиях целесообразно использовать искусственное увлажнение в Краснодаре оросительной нормой 2468 м³/га (или 246,8 мм) и в Бужумбуре – 1625 м³/га (162,5 мм). Этого можно достичь путём проведения трех вегетационных поливов в Краснодаре, а в Бужумбуре – двух поливов с дифференцированной нормой искусственного увлажнения.

Урожайность подсолнечника определяется комплексом биологических, агротехнических и абиотических факторов. Решающее влияние на урожай семян оказывают система удобрений (73,2%) и система основной обработки почвы (22,2%), значительно превосходя воздействие погодных условий (2,0%). Максимальная урожайность гибридов подсолнечника (до 29,3 ц/га) достигается при использовании вспашки в сочетании с минеральными удобрениями (N₄₀P₆₀). Этот подход на 26% продуктивнее мелкой безотвальной обработки без удобрений, которая показала наименьшую урожайность (11,1 ц/га).

Список использованных источников:

1. Адамень, Ф. Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических факторов при выращивании основных сельскохозяйственных культур в условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 34-43.

2. Макаренко, А. А. Моделирование орошаемых севооборотов с использованием эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических параметров агропредприятий / А. А. Макаренко, С. В. Коковихин, Е. С. Бойко // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 6-20.

3. Бердникова, Е. Г. Формирование урожайности зерна пшеницы озимой в зависимости от режимов орошения, удобрения, погодных условий Юга Украины / Е. Г. Бердникова // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО : Материалы международной научно-практической конференции,

References:

1. Adamen, F. F. Efficiency of artificial moisture application taking into account meteorological factors in growing main agricultural crops in 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. 34-43.

2. Makarenko, A. A. Modeling of irrigated crop rotations using ecological-ameliorative and economic-economic parameters of agricultural enterprises / A. A. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // News of agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 36 (199). - P. 6-20.

3. Berdnikova, E. G. Formation of winter wheat grain yield depending on irrigation regimes, fertilization, and weather conditions in the South of Ukraine / E. G. Berdnikova // Scientific foundations of the strategy for the development of the agro-industrial complex and rural areas in the WTO context: Proceedings of the international scientific and practical conference

посвященной 70-летию образования ВолГАУ, Волгоград, 28–30 января 2014 года. Том 2. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2014. – С. 7-10.

4. Каздохов, Х. К. Влияние регуляторов роста на конкурентоспособность зерновых культур / Х. К. Каздохов, Л. А. Титова, Е. Г. Бердникова // *International Agricultural Journal*. – 2025. – Т. 68, № 3.

5. Эффективность использования поливной воды в биологизированной технологии выращивания сортов сои в условиях Северного Причерноморья / Р. И. Андреева, О. В. Макуха, И. В. Бойчук, Е. Г. Бердникова // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2025. – № 117. – С. 47-56.

6. Чернышова, Е. О. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от сроков посева и системы защиты растений от болезней и вредителей в условиях орошения Северного Причерноморья / Е. О. Чернышова, О. В. Макуха, С. В. Коковихин // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. – 2024. – № 37(200). – С. 26-46.

7. Шашкова, Н. И. Цифровое государственное управление: роль, риски и новые парадигмы развития / Н. И. Шашкова // *Вестник экономики, права и социологии*. – 2023. – № 3. – С. 55-59.

8. Влияние систем основной обработки почвы на эффективность использования влаги сельскохозяйственными культурами орошаемого севооборота в условиях Северного Причерноморья / Е. Г. Бердникова, Н. И. Бардак, С. С. Терехова [и др.] // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. – 2025. – №

dedicated to the 70th anniversary of the foundation of VolGAU, Volgograd, January 28–30, 2014. Vol. 2. – Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2014. – P. 7–10.

4. Kazdokhov, H. K. Influence of growth regulators on the competitiveness of grain crops / H. K. Kazdokhov, L. A. Titova, E. G. Berdnikova // *International Agricultural Journal*. – 2025. – V. 68, No. 3.

5. Efficiency of using irrigation water in biologized technology of growing soybean varieties in the conditions of the Northern Black Sea region / R. I. Andreeva, O. V. Makukha, I. V. Boychuk, E. G. Berdnikova // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. – 2025. – No. 117. – P. 47-56.

6. Chernyshova, E. O. Productivity of corn hybrids depending on sowing time and plant protection systems from diseases and pests under irrigated conditions of the Northern Black Sea region / E. O. Chernyshova, O. V. Makukha, S. V. Kokovikhin // *News of agricultural science of Tavrida*. – 2024. – No. 37 (200). – P. 26-46.

7. Shashkova, N. I. Digital public administration: role, risks and new development paradigms / N. I. Shashkova // *Bulletin of Economics, Law and Sociology*. – 2023. – No. 3. – P. 55-59.

8. The influence of primary tillage systems on the efficiency of moisture use by agricultural crops in irrigated crop rotation in the Northern Black Sea region / E. G. Berdnikova, N. I. Bardak, S. S. Terekhova [et al.] // *News of agricultural science of Tavrida*. – 2025. – No. 43 (206). – P. 54-78.

43(206). – С. 54-78.

9. Экологическое обоснование системы удобрений орошаемого севооборота в зависимости от системы основной обработки почвы / Е. Г. Бердникова, А. А. Макаренко, В. Н. Гладков [и др.] // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2025. – Т. 21, № 4. – С. 37-47.

10. Environmental and resource components in the development of subregions of the tourist territory / N. Shashkova, Ye. Lukyanova, M. Shulga [et al.] // BIO Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference “Development and Modern Problems of Aquaculture” (AQUACULTURE 2023), Divnomorskoe, 27 сентября – 04 2023 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2024. – P. 01028.

11. Shashkova, N. Integrated information and communication system as a basis for strategic partnership in agribusiness / N. Shashkova, A. Soloviov, K. Syniakova // CEUR Workshop Proceedings : 14, Kyiv, 14–17 мая 2018 года. – Kyiv, 2018. – P. 263-277.

12. Шашкова, Н. И. Инвестиционный менеджмент : Учебное пособие / Н. И. Шашкова, И. А. Букреев, Е. Ю. Лукьянова. – Херсон-Симферополь : ФГБОУ ВО «Херсонский государственный педагогический университет», ООО «Издательство Типография “Ариал”, 2024. – 156 с.

13. Domestic experience of unmanned aerial vehicles for forest conditions monitoring / N. Shashkova, Ye. Lukyanova, A. Kazak [et al.] // Bio web of conferences : International Scientific Forestry Forum 2023: Forest

9. Ecological justification of the fertilization system of irrigated crop rotation depending on the primary tillage system / E. G. Berdnikova, A. A. Makarenko, V. N. Gladkov [et al.] // Ecological Bulletin of the North Caucasus. - 2025. - Vol. 21, No. 4. - Pp. 37-47.

10. Environmental and resource components in the development of subregions of the tourist territory / N. Shashkova, Ye. Lukyanova, M. Shulga [et al.] // BIO Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference “Development and Modern Problems of Aquaculture” (AQUACULTURE 2023), Divnomorskoe, September 27 - 04 2023. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2024. – P. 01028.

11. Shashkova, N. Integrated information and communication system as a basis for strategic partnership in agribusiness / N. Shashkova, A. Soloviov, K. Syniakova // CEUR Workshop Proceedings: 14, Kyiv, May 14–17, 2018. – Kyiv, 2018. – P. 263–277.

12. Shashkova, N. I. Investment management: A tutorial / N. I. Shashkova, I. A. Bukreev, E. Yu. Lukyanova. – Kherson-Simferopol: FGBOU VO "Kherson State Pedagogical University", LLC "Publishing House Typography "Ariall", 2024. – 156 p.

13. Domestic experience of unmanned aerial vehicles for forest conditions monitoring / N. Shashkova, Ye. Lukyanova, A. Kazak [et al.] // Bio web of conferences : International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions

Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions (Forestry Forum 2023), Voronezh, Russian Federation, 23–25 октября 2023 года. – Les Ulis: EDP Sciences, 2024. – P. 01028.

14. The influence of farming activities on seeds productivity of winter wheat varieties in the conditions of the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. Y. Zaporozhchenko, G. V. Karashchuk [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Vol. 10, No. 1. – P. 449-456.

15. Адамень, Ф. Ф. Влияние гидротермических факторов на продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости в орошаемых условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 32(195). – С. 18-29.

16. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on depth of plowing, fertilization and plants density / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, I. Biliaieva [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2020. – Vol. 26, No. 4. – P. 885.

17. Коковихин, С. В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия / С. В. Коковихин, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 39(202). – С. 80-99.

18. Databases & Software. Land & Water. CropWat. – <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en>.

(Forestry Forum 2023), Voronezh, Russian Federation, October 23–25, 2023. – Les Ulis: EDP Sciences, 2024. – P. 01028.

14. The influence of farming activities on seed productivity of winter wheat varieties in the conditions of the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. Y. Zaporozhchenko, G. V. Karashchuk [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Vol. 10, No. 1. – P. 449-456.

15. Adamen, F. F. Influence of hydrothermal factors on the productivity of corn hybrids of different maturity groups under irrigated conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of the agricultural science of Tavrida. – 2022. – No. 32(195). – P. 18-29.

16. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on the depth of plowing, fertilization and plants density / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, I. Biliaieva [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2020. – Vol. 26, No. 4. – P. 885.

17. Kokovikhin, S. V. Optimization of irrigated crop rotations and agroecological justification of climate-oriented farming systems / S. V. Kokovikhin, A. A. Makarenko, T. V. Logoida // News of agricultural science Tavrida. – 2024. – No. 39(202). – P. 80-99.

18. Databases & Software. Land & Water. CropWat. – <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en>.

19. Vozhehova, R. A. Agrometeorological substantiation of

org/land-water/databases-and-software/cropwat/en.

19. Вожегова, Р. А. Агрометеорологическое обоснование режимов орошения сельскохозяйственных культур / Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 187-192.

20. Коковихин, С. В. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв / С. В. Коковихин, В. П. Василько, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 71-89.

21. 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.

22. Коковихин, С. В. Кластерный анализ качественных показателей поливной воды рек Ингулец и Днепр, используемых для орошения в условиях Северного Причерноморья / С. В. Коковихин, Ф. Ф. Адамень, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 35(198). – С. 69-81.

23. Влияние влагообеспечения, минерального питания и густоты стояния на урожайность семян самоопыленных линий кукурузы / С. В. Коковихин, П. В. Писаренко, В. Г. Пилярский, Е. А. Пилярская // Научный журнал

irrigation regimes for agricultural crops / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. – 2017. – No. 1(65). – P. 187-192.

20. Kokovikhin, S. V. Optimization of farming systems in the Northern Black Sea region under changing climate conditions and the ecological and meliorative state of soils / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. F. Stashkina // Bulletin of the agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 36 (199). - P. 71-89.

21. Vozhegova, R. A. Modeling and agro-ameliorative justification for 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 Agrarian Sciences. - 2016. - No. 23. - P. 110-120.

22. Kokovikhin, S. V. Cluster analysis of qualitative indicators of irrigation water of the Ingulets and Dnieper rivers used for irrigation in the conditions of the Northern Black Sea region / S. V. Kokovikhin, F. F. Adamen, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 35 (198). - P. 69-81.

23. The influence of moisture supply, mineral nutrition and plant density on the yield of seeds of self-pollinated corn lines / S. V. Kokovikhin, P. V. Pisarenko, V. G. Pilyarsky, E. A. Pilyarskaya // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. - 2013. - No. 2 (10). - P. 78-88.

24. Kokovikhin, S. V. Optimization of irrigated crop rotations and agroecological substantiation of climate-oriented

Российского НИИ проблем мелиорации. – 2013. – № 2(10). – С. 78-88.

24. Коковихин, С. В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия / С. В. Коковихин, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 39(202). – С. 80-99.

25. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы после разных предшественников / С. В. Коковихин, В. П. Василько, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 113-124.

26. Адамень, Ф. Ф. Научное обоснование агротехнологий на неполивных и орошаемых землях Северного Причерноморья в современных эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических условиях / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 38(201). – С. 180-198.

27. Программирование урожая кукурузы в условиях орошения в зависимости от интенсивности ФАР и термического режима / Ю. А. Лавриненко, В. В. Базалий, С. В. Коковихин, П. В. Писаренко // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2011. – № 75-1. – С. 91-101.

28. Возделывание кукурузы на юге Украины / Р. А. Вожегова, Ю. А. Лавриненко, С. В. Коковихин, П. В. Писаренко // Кормопроизводство. – 2012. – № 11. – С. 35-36.

farming systems / S. V. Kokovikhin, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // News of agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 39 (202). - P. 80-99.

25. Efficiency of using biopreparations in growing winter wheat after different predecessors / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // Transactions of the Kuban State Agrarian University. - 2024. - No. 112. - P. 113-124.

26. Adamen, F. F. Scientific substantiation of agricultural technologies on non-irrigated and irrigated lands of the Northern Black Sea region in modern ecological-ameliorative and economic conditions / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 38 (201). - P. 180-198.

27. Programming the corn yield under irrigation conditions depending on the intensity of PAR and thermal regime / Yu. A. Lavrinenko, V. V. Bazaliy, S. V. Kokovikhin, P. V. Pisarenko // Collection of scientific works of the Uman National University of Gardening. - 2011. - No. 75-1. - P. 91-101.

28. Corn cultivation in the south of Ukraine / R. A. Vozhegova, Yu. A. Lavrinenko, S. V. Kokovikhin, P. V. Pisarenko // Forage production. – 2012. – No. 11. – P. 35-36.

29. Makukha, O. The impact of biopreparations and sowing dates on the productivity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) / O. Makukha // Journal of Ecological Engineering. – 2020. – Vol. 21, No. 4. – P. 237-244.

30. The impact of seeding dates and depth on the productivity of common fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) under

29. Makukha, O. The impact of biopreparations and sowing dates on the productivity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) / O. Makukha // *Journal of Ecological Engineering*. – 2020. – Vol. 21, No. 4. – P. 237-244.
30. The impact of seeding dates and depth on the productivity of common fennel (*foeniculum vulgare* mill.) under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine / O. Makukha, O. Markovska, H. Mynkina, Y. Chernyshova // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 1075-1083.
31. Влияние основной обработки на агрофизические свойства почвы в технологии возделывания сои / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, В. П. Матвиенко, А. А. Манохин // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2020. – № 86. – С. 79-84.
32. Моделирование показателей подвижных форм микроэлементов в почвах при длительном орошении и агроэкологическое обоснование мероприятий сохранения их плодородия / О. В. Макуха, А. А. Макаренко, Л. О. Великанова [и др.] // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. – 2024. – № 37(200). – С. 55-75.
33. Макуха, О. В. Влияние агротехнических приемов на азотное питание фенхеля обыкновенного / О. В. Макуха // *Аэкономика: экономика и сельское хозяйство*. – 2018. – № 3(27). – С. 4.
34. 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.
- the conditions of the Southern Steppe of Ukraine / O. Makukha, O. Markovska, H. Mynkina, Y. Chernyshova // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 1075-1083.
31. The influence of primary tillage on the agrophysical properties of soil in soybean cultivation technology / R. V. Kravchenko, S. I. Luchinsky, V. P. Matvienko, A. A. Manokhin // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. – 2020. – No. 86. – P. 79-84.
32. Modeling of indicators of mobile forms of microelements in soils under long-term irrigation and agroecological justification of measures to preserve their fertility / O. V. Makukha, A. A. Makarenko, L. O. Velikanova [et al.] // *News of agricultural science of Tavrida*. – 2024. – No. 37 (200). – P. 55-75.
33. Makukha, O. V. Influence of agrotechnical practices on nitrogen nutrition of common fennel / O. V. Makukha // *Aekonomika: economics and agriculture*. – 2018. – No. 3 (27). – P. 4.
34. Ushkarenko V. A., Lazarev N. N., Goloborodko S. P., Kokovikhin S. V. Dispersion and correlation analysis in crop production and meadow agriculture: monograph. – M.: Publishing house. RGAU - Moscow Agricultural Academy named after. K.A. Timiryazeva, 2011. – 336 p.

Сведения об авторах:

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

Жан Пьер Ндайирагиже – аспирант кафедры общего и орошаемого земледелия Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Information about the authors:

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”.

Jean Pierre Ndayiragije – Graduate Student in the Department of General and Irrigated Agriculture at the I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University.

УДК 631.46:633.155:631.8

**ИССЛЕДОВАНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ
АКТИВНОСТИ ПОЧВ В
ПОСЕВАХ САХАРНОЙ
КУКУРУЗЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ
УДОБРЕНИЙ**

Терехова С. С., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор;
Тутучкина А. С., аспирант,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»;

Для повышения продуктивности возделываемых культур, в нашем опыте с сахарной кукурузой, используют удобрения различные по своей природе и составу, которые чаще всего достоверно её увеличивают, но мало кто оценивает их влияние на биологическую активность почвы от их применения. Полученные данные позволяют разработать мероприятия по повышению урожайности початков сахарной кукурузы с сохранением элементов плодородия почвы. Так, в ходе наших исследований установлено, что почвенная микробиота в большей степени отзывчива (+8,8% к контролю) на применение фона азотного питания под предпосевную культивацию, чем при обработке растений удобрениями во время вегетации. С применением ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат интенсивность разложения целлюлозы за 3 года увеличилась на

**RESEARCH OF
SOIL BIOLOGICAL
ACTIVITY IN SWEET
CORN CROPS UNDER
THE INFLUENCE
OF VARIOUS TYPES OF
FERTILIZERS**

Terekhova S. S., PhD in Agricultural Sciences, Professor;
Tutuchkina A. S., Postgraduate Student,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”

To boost the productivity of cultivated crops, our sweet corn experiment involved the use of fertilizers differing in nature and composition – most of which significantly increased yield, though their impact on soil biological activity is rarely assessed. The data obtained will help develop measures to increase sweet corn ear yield while preserving soil fertility elements. During our research, we found that soil microbiota responded more strongly (+8.8 % compared to the control) to the nitrogen nutrition background applied during pre-sowing cultivation than to fertilizer treatments administered during the vegetation period. When using the fertilizer «PRK Belyy Zhemchug Corn + Zn chelate», the intensity of cellulose decomposition increased by 4.3 % over a three-year period, reaching its highest value in 2023 (64.7 % mass loss). As for ear yield, the average increase over three years was

4,3%, с наибольшим значением в 2023 году 64,7% потери массы. Урожайность початков в свою очередь при применении некорневых подкормок в среднем за 3 года увеличилась на 0,69 т/га, с азотными удобрениями – 0,70 т/га или 9,2% независимо от погодных условий, а если применять в комплексе, то прибавка составляет 1,1 т/га к контролю (7,11 т/га).

Ключевые слова: биологическая активность почв, микроорганизмы, аппликационные методы, льняные полотна, сахарная кукуруза, азотные удобрения, некорневая подкормка, урожайность.

0.69 t/ha with foliar fertilization, 0.70 t/ha (9.2 %) with nitrogen fertilizers – regardless of weather conditions; when applied in combination, the yield increase reached 1.1 t/ha compared to the control (7.11 t/ha).

Keywords: soil biological activity, microorganisms, application methods, linen cloths, sweet corn, nitrogen fertilizers, foliar fertilization, yield.

Введение. Биологическая активность почвы, понимаемая как совокупность протекающих в ней биохимических процессов, является важным биоиндикатором. Её ключевое преимущество – быстрый отклик на изменение факторов среды, что позволяет оперативно диагностировать сдвиги в экологическом состоянии почвенного покрова [1, 2, 3]. И одним из важных показателей является процесс разложения органического вещества в почве [4, 5, 6]. На него могут оказывать влияние различные условия. В связи с чем ученые проводят исследования, по влиянию различных агротехнологий не только на продуктивность культур, но и на почвенный микробиом [7, 8, 9]. Так, в исследованиях Кулагиной применение органических и минеральных удобрений привело к активизации микробиологической активности [10]. А в исследованиях Брескиной Г. М. применение микробиологических препаратов способствовало оздоровлению почвы и повлияло на продуктивность культур в зернопропашном севообороте [11]. Вопросы по применению в технологии возделывания сахарной кукурузы как минеральных, так и микробиологических удобрений на биологическую активность почвы не до конца изучены и в условиях Краснодарского края данная тематика является актуальной.

Сахарная кукуруза является важной сельскохозяйственной культурой, обеспечивающей продовольственную безопасность и являющейся сырьем для различных отраслей промышленности. В условиях изменения климата особую актуальностью имеют исследования по установлению водного и пищевого режима, которые позволят, с одной стороны, разработать и внедрить элементы интенсификации агроприемов при возделывании на орошаемых землях, а, с другой стороны, обосновать энерго- и водосберегающие агроприёмы, имеющие экономические и экологические преимущества [12, 13, 14, 15].

Неправильное применение удобрений при выращивании кукурузы на не-поливных и орошаемых землях может привести к деградации почвы, снижению ее биологической активности, нарушению баланса питательных веществ и, как следствие, к снижению урожайности, ухудшению качества продукции, падению показателей экономической эффективности [16, 17, 18]. При этом научное обоснование важнейших элементов инновационных агротехнологий должно быть связано с оценкой исходного состояния биологической активности почвы, изучения влияния разных видов удобрений (минеральные, органические, органо-минеральные, биоудобрения, сидераты и др.) на численность и активность основных групп почвенных микроорганизмов (бактерии, грибы, актиномицеты), определения влияния удобрений на показатели плодородия почвы. Также большое значение имеет определение содержания гумуса, макро- и микроэлементов, динамики содержания влаги в почве в разных слоях. Информационное обеспечение технологии возделывания позволит установить взаимосвязь между биологической активностью почвы, показателями плодородия и урожайностью сахарной кукурузы, а также разработать рекомендации по применению удобрений и других агроприемов [19, 20, 21].

Материалы и методы исследования. Цель наших исследований изучение влияния фонов азотного питания и некорневых подкормок на биологическую активность почвы и урожайность сахарной кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края.

Исследования проводили на опытных полях ФГБНУ «Национальный центра зерна им. П.П. Лукьяненко». Почва опытного участка – чернозем выщелоченный с содержанием органического вещества – 4,6%, массовой долей нитратов – 1,8 мг/кг, по Мачигину подвижного фосфора в почве содержалось – 41 мг/кг и обменного калия – 267 мг/кг, pH_{KCl} – 5,0. Схема опыта: фактор А – фон азотного питания, внесенный под предпосевную культивацию в дозе $N_{40}:1$) Без удобрений; 2) Аммиачная селитра; 3) Карбамид; 4) Ruscote; фактор В – некорневая подкормка: 1) контроль (обработка водой); 2) ПРК Белый Жемчуг Кукуруза+ Zn хелат (1%-ный раствор); 3) Геостим Фит Ж (1 л/га). Некорневые подкормки проводили согласно схемы опыта в фазы 3-5 и 6-8 листьев ручным опрыскивателем. Расход рабочей жидкости – 250 л/га. Повторность опыта четырехкратная, площадь делянки – 50 м². В опыте соблюдали все агротехнические требования по возделыванию культуры согласно рекомендациям на богаре. Исследования проводились на гибриде Краснодарский сахарный 280 СВ (оригинатор «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), учет урожайности осуществлялся вручную по массе початков без листовой обертки в фазе молочно-восковой спелости.

Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались. 2023 год сложился благоприятно для возделывания сахарной кукурузы: сумма осадков за март-август (370,5 мм) превысила среднемноголетнюю норму на 10,5 мм, а среднесуточная температура была выше на 1,8 °С. В 2024 году за тот же период наблюдался значительный дефицит осадков (недо-

бор 196,1 мм) в сочетании с экстремально высокой температурой воздуха (до +40,4 °C) и низкой относительной влажностью (около 27%) в фазу опыления, что стало лимитирующим фактором для реализации генетического потенциала гибрида. В 2025 году первая половина вегетации (март-июнь) характеризовалась условиями, близкими к норме, что обеспечило интенсивный рост вегетативной массы. Однако критический дефицит осадков (всего 1 мм) и повышенная на 2,6 °C температура воздуха в критический период развития культуры привели к формированию урожайности ниже потенциально возможной.

С целью оценки биологической активности почвы в зависимости от изучаемых факторов нами закладывались льняные полотна по методике аппликации Е. Н. Мишустина [22, 23]. Данный метод позволяет приблизиться к определению интенсивности протекания процессов в природных условиях и основан на определении скорости разложения льняной ткани почвенными микроорганизмами за определённый период времени, в нашем случае 75 суток. Степень распада льняных полотен выражали в процентном отношении к первоначальной (исходной) масса полотен.

Результаты и обсуждения. Биоактивность почвы служит ключевым индикатором её плодородия и потенциала урожайности сельскохозяйственных культур. Данная зависимость обусловлена деятельностью почвенных микроорганизмов, которые, разрушая клетчатку, напрямую влияют на продукционные процессы [24]. Поскольку скорость деструкции целлюлозы лимитируется содержанием доступного азота, фосфора и иных элементов, этот параметр характеризует не только работу целлюлозолитического комплекса, но и общий уровень интенсивности микробиологических превращений в почве. Следовательно, величина распада клетчатки может рассматриваться как показатель общей метаболической активности почвенной биоты.

Трехлетние исследования выявили тесную связь интенсивности разложения льняных полотен с погодными условиями и формой применяемого азотного удобрения (рисунок 1). Среднегодовая активность варьировала от 11,6% в неблагоприятном 2024 году, что по предложенной Д.Г. Звягинцевым шкале оценивается как «очень слабая» интенсивность разрушения клетчатки, до 59,5% («сильная») в оптимальном 2025 году [25].

Во все годы исследований применение азотных удобрений повышало целлюлозолитическую активность в сравнении с контролем. Так, в условиях 2023 года среднее значение потери массы льняных полотен составляло 57,0%. В этих условиях себя проявил вариант с применением карбамида (потеря массы составила более 60%). На вариантах с применением аммиачной селитры и Ruscote степень разложения полотна составила в среднем 52,3% – «сильная» интенсивность разложения, что было близко к значениям контроля (56,5%).

Погодные условия в 2024 году привели к резко сниженной биологической активности почвы. В подобных стрессовых условиях лучше других поддерживала деятельность микроорганизмов аммиачная селитра, со значением потери

массы полотен – 16,3% от исходного, в то время как Ruscote и карбамид соответственно 12,2 и 11,1%, что на 5,5 и 4,4% больше полученного на контроле (6,7%). Можно сказать, что изучаемые азотные удобрения повышали биологическую активность почвы.

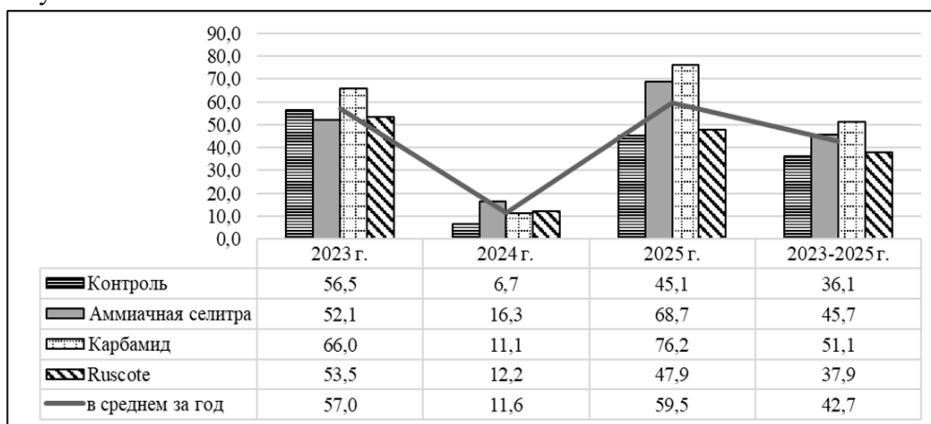


Рисунок 1. Распад льняных полотен в почве на 75 сутки в зависимости от видов азотного удобрения (2023-2025 гг.), %

Наибольший стимулирующий эффект в благоприятном по микробиологической деятельности 2025 году оказал карбамид (76,2%). Применение аммиачной селитры так же было эффективным (68,7%), на вариантах Ruscote и контроль результаты потери массы составили 47,9 и 45,1%, соответственно.

В целом, карбамид проявил себя как наиболее универсальный и эффективный стимулятор целлюлозолитической активности как в умеренных, так и в оптимальных условиях, показывая в среднем за 3 года значения 51,1% – потери массы оцениваются как «сильная». Аммиачная селитра тоже показывает свое благоприятное действие, особенно в засушливые погодные условия, со значением 45,7% – «средняя» интенсивность разрушения. Ruscote демонстрирует более стабильное и сбалансированное влияние на микроорганизмы. Способность поддерживать сравнительно высокую активность (12,2%) в неблагоприятных условиях 2024 года удобрением Ruscote, где в среднем за 3 года распад льняных полотен близок по значениям к контролю (37,9 и 36,1%, соответственно). Это указывает на то, что действие постепенного высвобождения азота может смягчить стрессовые условия для почвенной биоты.

Так же нами изучалось действие удобрений, применяемых в некорневую подкормку, на биологическую активность почвы (рисунок 2).

Среднегодовая интенсивность разложения льняных полотен варьировало с 6,0% (в 2024 году), оцениваемое как «очень слабое» до 52,1% (в 2023 году) – «средняя» интенсивность. В условиях 2023 года применение удобрения ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат способствует увеличению интенсивности разложения целлюлозы до 64,7%, а в 2024 году до 7,6%. Предположительно, повышение общей жизнеспособности и продуктивности растений сахарной

кукурузы путем применения ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат, ведет к увеличению корневых экссудатов, что является основным источником энергии для ризосферной микрофлоры [26, 27].

В результате создаются оптимальные условия для развития всего микробного сообщества, включая целлюлозоразрушающие микроорганизмы. При этом, возможно, применение микробиологического препарата Геостим Фит Ж приводит к целенаправленной оптимизации комплекса почвенных микроорганизмов в ризосфере в пользу штаммов, выполняющих агрономический значимые функции (питание).

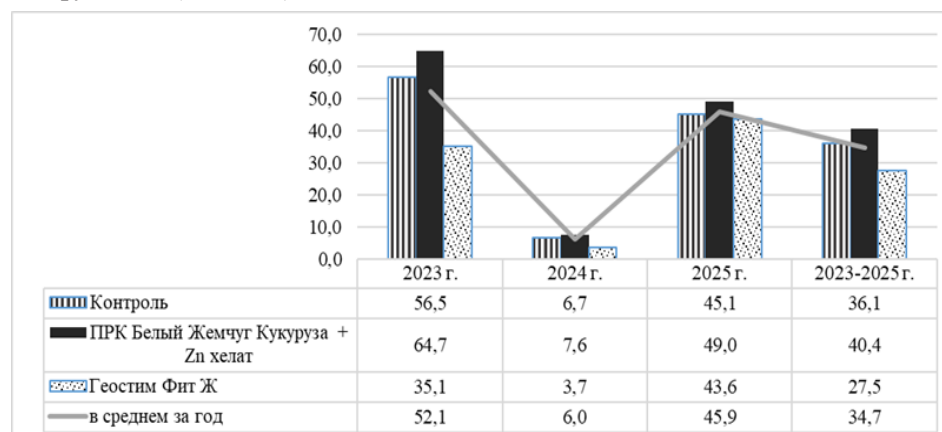


Рисунок 2. Распад льняных полотен в почве на 75 суток в зависимости от видов некорневых подкормок (2023-2025 гг.), %

При этом активность отдельных групп микроорганизмов, не участвующих напрямую в этих процессах, может временно стабилизироваться или незначительно снижаться, что говорит о естественной перестройке в микробном сообществе ризосферы при внедрении высокоактивных полезных штаммов [28, 29, 30]. В связи с чем, становится понятно, почему в 2023 и 2024 годы исследований мы наблюдаем небольшое снижение показателей степени разложения льняных полотен на варианте с применением Геостим Фит Ж – 35,1% и 3,7%, при показателях контроля 56,5 и 6,7%, соответственно.

В 2025 году так же лучшим по распаду льняных полотен являлся вариант с ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат – 49,0%, при средних значениях за год 45,9%. На варианте с обработкой культуры микробиологическим удобрением Геостим Фит Ж (43,6%) степень разложения льняных полотен близка к значениям, полученным на контрольном варианте (45,1%), что может говорить о стабилизации в следствии действия удобрения в ризосфере в условиях этого года. За исследуемые 3 года ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат стабильно увеличивает биологическую активность почвы независимо от погодных условий – 40,4%, что на 4,3% выше контроля, однако, оба варианта входят в градацию «средняя» по интенсивности разрушения клетчатки, в то время как

Геостим Фит Ж в «слабая» - 27,5%. В большей степени на целлюлозоразрушающую способность почвы оказало внесение азотного фона питания (на 8,8% выше контроля) независимо от вида удобрений, чем применение некорневых подкормок. Несмотря на значимость их действия на почвенную среду, важно и их влияние на урожайность сахарной кукурузы (таблица 1).

**Таблица 1. Урожайность початков сахарной кукурузы
в зависимости от изучаемых удобрений, т/га (2023-2025 гг.)**

Фон азотного питания (Фактор А)	Препараты (Фактор В)	Урожайность				Среднее		
		2023	2024	2025	средняя	А	В	
Без удобрений	Контроль (обработка водой)	11,09	4,38	5,86	7,11	7,63	7,70	
	ПРК Белый Жемчуг+ Zn хелат	11,47	5,33	6,22	7,67		8,33	
	Геостим Фит Ж	12,14	5,71	6,48	8,11		8,45	
Аммиачная селитра	Обработка водой	11,20	4,60	6,20	7,33	7,94	-	
	ПРК Белый Жемчуг+ Zn хелат	12,23	5,82	7,02	8,36			
	Геостим Фит Ж	12,18	5,74	6,50	8,14			
Карбамид	Обработка водой	12,22	4,72	6,77	7,90	8,29		
	ПРК Белый Жемчуг+ Zn хелат	12,43	5,86	7,42	8,57			
	Геостим Фит Ж	12,26	5,77	7,16	8,40			
Ruscote	Обработка водой	12,52	5,35	7,44	8,44	8,77		
	ПРК Белый Жемчуг+ Zn хелат	12,76	5,97	7,45	8,73			
	Геостим Фит Ж	13,64	6,28	7,53	9,15			
Среднее значение по годам		12,18	5,46	6,84	8,16	-		
НСР ₀₅ :	по вариантам	0,44	0,22	0,26	0,22	-		
	для фактора А	0,25	0,17	0,18	-	0,17	-	
	для фактора В	0,21	0,15	0,16	-	-	0,15	
	для взаимодействия АВ	0,44	0,22	0,26	0,22			

Высокие показатели по урожайности початков в 2023 году отмечены на варианте с применением в качестве фона азотного питания – Ruscote и препарата Геостим Фит Ж – 13,64 т/га, что на 2,55 т/га или 22,9% больше контроля (11,09 т/га). Рассматривая обработку препаратами на фоне без удобрений выделяется так же микробиологическое удобрение Геостим Фит Ж – 12,14 т/га, что на 1,05 т/га больше контроля. В среднем в 2023 году урожайность початков составила – 12,18 т/га, что на 6,72 т/га выше значений, полученных в 2024 году (5,46 т/га). Внесение азотных удобрений способствует увеличению урожайности на 0,82 т/га, а препаратов на 0,63 т/га или 7,1 и 5,4%, соответственно.

В засушливых условиях 2024 года себя проявило применение микробиологического удобрения Геостим Фит Ж на фоне Ruscote – 6,28 т/га (+1,90 т/га к контролю). Среди фонов азотного питания выделяется вариант с применением Ruscote, который на 0,73 т/га превосходит значения варианта без удобрений (5,14 т/га). Азотные удобрения аммиачная селитра (5,39 т/га) и карбамид (5,45 т/га) повышают урожайность початков, но между вариантами существенных различий не отмечается. Удобрения ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат и Геостим Фит Ж не имеют между собой существенной разницы, но значительно увеличивают урожайность, полученную на контроле в среднем на 1,05 т/га или 22,0%.

В третий год исследований высокие показатели получены на вариантах с применением фона азотного питания – Ruscote с некорневой обработкой изучаемыми удобрениями и на фоне карбамида с ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Znхелат и составляют в среднем – 7,46 т/га, что на 0,93 т/га превосходит другие варианты, особенно с Геостим Фит Ж (7,53 т/га, что на 1,67 т/га больше контроля). В целом применение азотных удобрений увеличивает урожайность на 0,87 т/га или 14,0%. Изучаемые препараты так же существенно увеличивают урожайность контроля на 0,41 т/га или 6,2%.

В среднем за три года исследований влияние фактора А (фон азотного питания) было следующим: максимальная урожайность початков сахарной кукурузы составила 8,77 т/га на варианте с применением Ruscote, что на 1,14 т/га или 14,9% больше по сравнению с контролем (7,63 т/га) при НСР₀₅ по фактору А – 0,18 т/га. На варианте с применением карбамида и аммиачной селитры уровень урожайности соответственно равнялся 7,94 и 8,29 т/га, что на 0,31 и 0,66 т/га или 6,3 и 15,0% больше по сравнению с контролем. Следовательно, от фактора А получен существенный положительный эффект.

По фактору В (препараты) уровень урожайности на контроле (обработка водой) составил 7,70 т/га. Действие препаратов ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат и Геостим Фит Ж увеличило урожайность початков до 8,33 и 8,45 т/га, соответственно, что на 0,63 и 0,75 т/га или 8,2 и 9,7% при НСР₀₅ фактор В – 0,15 т/га. Следовательно, от фактора В получен существенный положительный эффект.

Выводы. По результатам трёхлетних исследований установлено, что применяемые системы питания комплексно влияют на продуктивность сахарной кукурузы и биологические процессы в почве. Внесение азотных удобрений обеспечило стабильную прибавку урожая початков в среднем на 0,70 т/га (+9,2%) и повысило целлюлозолитическую способность почвы на 8,8% относительно неудобренного фона. Некорневые подкормки также показали высокую эффективность, увеличивая урожайность в среднем на 0,69 т/га, с максимальным результатом на варианте с препаратом Геостим Фит Ж (8,45 т/га). В засушливых условиях действие подкормок было наиболее выражено, обеспечив прибавку 1,05 т/га по сравнению с контролем (4,76 т/га). При этом влияние на почвенную активность зависело от состава препарата: удобрение «ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат» стимулировало разложение целлюлозы (+4,3%), тогда как

«Геостим Фит Ж» достоверного воздействия на этот показатель не оказал.

Для соблюдения баланса в получении прибавки к урожайности культуры, так и отсутствия негативного воздействия на почву подходят все варианты. Особенно выделяется применение некорневых подкормок изучаемыми препаратами на фоне удобрений Ruscote. С применением ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат на этом фоне увеличивается урожайность культуры и целлюлозоразрушающая способность почвы, а с микробиологическим удобрением Геостим Фит Ж она будет в статическом состоянии без активизации деятельности целлюлозоразрушающей микрофлоры. Данные факторы не просто увеличивают урожайность возделываемых культур, но также и способствуют созданию здоровой почвы на долгие годы.

Список использованных источников

1. Айшук Е.Ж. Влияние препарата агробиионов на микрофлору, питательный режим чернозема обыкновенного и урожайность картофеля / Е. Ж. Айшук, А. Т. Хусаинов, Р. К. Хусаинова, А. А. Сарсенова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2(26). С. 129-141.

2. Андронов Е. Е. Анализ показателей почвенного микробиома в процессах, связанных с почвообразованием, трансформацией органического вещества и тонкой регуляции вегетационных процессов // Бюл. Почв. ин-та. 2015. №80. С. 83-94.

3. Брескина Г.М., Масютенко Н.П., Чуян Н.А., Дюкарева А.А. Биологическое состояние почвы и продуктивность звена зернопропашного севооборота при применении агробιοтехнологий // МСХ. 2025. №4. С.488-493.

4. Буянтуева Л.Б., Никитина Е. П. Исследование интенсивности процессов микробной деструкции органического вещества в сухостепных почвах Юго-Западного Забайкалья с использованием аппликационных методов // Природа Внутренней Азии.

References

1. Ayshuk E.Zh. Effect of agrobion preparation on microflora, nutrient regime of ordinary chernozem and potato yield / E.Zh. Ayshuk, A.T. Khusainov, R.K. Khusainova, A.A. Sarsenova // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. 2020. No. 2(26). P. 129-141.

2. Andronov E.E. Analysis of soil microbiome indicators in processes associated with soil formation, transformation of organic matter and fine regulation of vegetation processes // Bull. Soil Inst. 2015. No. 80. P. 83-94.

3. Breskina G.M., Masyutenko N.P., Chuyan N.A., Dyukareva A.A. Biological state of the soil and productivity of the grain-row crop rotation link with the use of agrobiotechnology // Ministry of Agriculture. 2025. No. 4. pp. 488-493.

4. Buyantueva L.B., Nikitina E.P. Study of the intensity of microbial destruction processes of organic matter in dry-steppe soils of Southwestern Transbaikalia using application methods // Nature of Inner Asia. 2018. No. 3 (8). pp. 28-37.

5. Volkova A.S. Biological activity of the soil in sweet corn crops in the

2018. №3 (8). С. 28-37.

5. Волкова А.С. Биологическая активность почвы в посевах сахарной кукурузы в Центральной зоне Краснодарского края / А. С. Волкова, Г. В. Чуварлеева, И. С. Петелин, А. А. Мнатсаканян // Инновационные пути развития адаптивно-ландшафтных систем земледелия: Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения чл.-корр. РАСХН В.М. Володина, Курск, 25–27 сентября 2024 года. – Курск: Курский федеральный аграрный научный центр, 2024. – С. 313-316.

6. Евсеева Е.А., Голов В. И., Захарова Е.Б., Панасюк А.Н. Влияние эффективных микроорганизмов на снижение патогенности почв в разных почвенно-климатических условиях. Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17 (4). С. 25-38.

7. Еговцева А.Ю., Каменева И.А., Якубовская А. И., Абдурашитов С. Ф. Таксономическое разнообразие микробиома чернозема южного под влиянием сидерата фацелии и целлюлозолитической ассоциации // АБУ. 2025. №9. С.1316-1332

8. Ерегина С. В. Потенциал использования микроорганизмов рода *Bacillus* в растениеводстве // Известия СПбГАУ. 2024. №3 (77). С.19-35.

9. Зинченко М.К. Влияние культур севооборота на микробиоценоз серой лесной почвы Верхневолжья // ВЗ. 2023. №1 (103). С.13-17

10. Климкина Ю. М. Влияние удобрений на урожайность ячменя и целлюлозолитическую активность дерново-подзолистой почвы // Агрохи-

central zone of Krasnodar Krai / A. S. Volkova, G. V. Chuvarleeva, I. S. Petelin, A. A. Mnatsakanyan // Innovative ways of developing adaptive-landscape farming systems: Collection of reports of the VIII International scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the birth of Corresponding Member of the Russian Academy of Agricultural Sciences V. M. Volodin, Kursk, September 25–27, 2024. – Kursk: Kursk Federal Agrarian Research Center, 2024. – P. 313–316.

6. Evseeva E. A., Golov V. I., Zakharova E. B., Panasyuk A. N. Influence of effective microorganisms on reducing soil pathogenicity in different soil and climatic conditions. Far Eastern Agrarian Bulletin. 2023. T. 17 (4). P. 25-38.

7. Egovtseva A. Yu., Kameneva I. A., Yakubovskaya A. I., Abdurashitov S. F. Taxonomic diversity of the microbiome of southern chernozem under the influence of phacelia green manure and cellulolytic association // AVU. 2025. No. 9. P. 1316-1332

8. Eregina S. V. Potential for the use of *Bacillus* microorganisms in crop production // Bulletin of SPbSAU. 2024. No. 3 (77). P. 19-35.

9. Zinchenko M. K. Influence of crop rotation crops on the microbiocenosis of gray forest soil of the Upper Volga region // VZ. 2023. No. 1 (103). P.13-17

10. Klimkina Yu. M. Effect of fertilizers on barley yield and cellulolytic activity of sod-podzolic soil // Agrochemical Bulletin. 2015. No. 3. P.34-36

11. Kokovikhin, S. V. Neural models of productivity of corn hybrids when grown in the Central zone of

мический вестник. 2015. №3. С.34-36

11. Коковихин, С. В. Нейронные модели продуктивности гибридов кукурузы при их выращивании в Центральной зоне Краснодарского края / С. В. Коковихин, А. А. Макаренко, В. С. Баландин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 117. – С. 184-194.

12. The influence of farming activities on seeds productivity of winter wheat varieties in the conditions of the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. Y. Zaporozhchenko, G. V. Karashchuk [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Vol. 10, No. 1. – P. 449-456.

13. Адамень, Ф. Ф. Влияние гидротермических факторов на продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости в орошаемых условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 32(195). – С. 18-29.

14. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on depth of plowing, fertilization and plants density / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, I. Biliaieva [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2020. – Vol. 26, No. 4. – P. 885.

15. Коковихин, С. В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия / С. В. Коковихин, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Известия сельскохозяйственной науки Таври-

Krasnodar Krai / S. V. Kokovikhin, A. A. Makarenko, V. S. Balandin // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2025. – No. 117. – P. 184-194. 12. The influence of farming activities on seed productivity of winter wheat varieties in the conditions of the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. Y. Zaporozhchenko, G. V. Karashchuk [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Vol. 10, No. 1. – P. 449-456.

13. Adamen, F. F. Influence of hydrothermal factors on the productivity of corn hybrids of different maturity groups in irrigated conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of the agricultural science of Tavrida. – 2022. – No. 32 (195). – P. 18-29.

14. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation depending on plowing depth, fertilization, and plant density / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, I. Biliaieva [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2020. – Vol. 26, No. 4. – P. 885.

15. Kokovikhin, S. V. Optimization of irrigated crop rotations and agroecological justification of climate-sensitive farming systems / S. V. Kokovikhin, A. A. Makarenko, T. V. Logoida // News of the agricultural science of Tavrida. – 2024. – No. 39 (202). – P. 80-99.

16. Vozhegova, R. A. Agrometeorological substantiation of irrigation regimes for agricultural crops / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. – 2017. – No. 1 (65). – P. 187-192.

ды. – 2024. – № 39(202). – С. 80-99.

16. Вожегова, Р. А. Агрометеорологическое обоснование режимов орошения сельскохозяйственных культур / Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 187-192.

17. Коковихин, С. В. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв / С. В. Коковихин, В. П. Василько, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 71-89.

18. Вожегова, Р. А. Моделирование и агро-мелиоративное 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.

19. Адамень, Ф. Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических факторов при выращивании основных сельскохозяйственных культур в условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 34-43.

20. Макаренко, А. А. Моделирование орошаемых севооборотов с использованием эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических параметров агропредприятий / А. А. Макаренко, С. В. Коковихин, Е. С. Бойко // Известия сельскохозяй-

17. Kokovikhin, S. V. Optimization of farming systems in the Northern Black Sea region under changing climate and ecological and meliorative state of soils / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 36 (199). - P. 71-89.

18. Vozhegova, R. A. Modeling and agro-ameliorative 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 Agrarian Sciences. - 2016. - No. 23. - P. 110-120.

19. Adamen, F. F. Efficiency of using artificial moisture taking into account meteorological factors in growing the main agricultural crops 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. 34-43.

20. Makarenko, A. A. Modeling of irrigated crop rotations using ecological-ameliorative and economic-economic parameters of agricultural enterprises / A. A.

. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // News of Agricultural Science of Tavrida. - 2023. - No. 36 (199). - P. 6-20.

21. Chernyshova, E. O. Productivity of Corn Hybrids Depending on Sowing Timing and Plant Protection Systems from Diseases and Pests under Irrigation Conditions of the Northern Black Sea Region / E. O. Chernyshova, O. V. Makukha, S. V. Kokovikhin // News of

ственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 6-20.

21. Чернышова, Е. О. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от сроков посева и системы защиты растений от болезней и вредителей в условиях орошения Северного Причерноморья / Е. О. Чернышова, О. В. Макуха, С. В. Коковихин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 37(200). – С. 26-46.

22. Кулагина В.И., Грачев А.Н., Шагидуллин Р.Р., Сунгатуллина Л. М. Воздействие совместного внесения биоугля и минеральных азотных удобрений на растения овса посевного и биологические свойства почв. Вестник Томского государственного университета. Биология.2023. (61). С. 27-44.

23. Ларикова Ю.С. Современные представления об эколого-физиологической роли корневых экссудатов растений (обзорная статья) / О.Г. Волобуева, Ю.С. Ларикова // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. №4 (40). С. 93-101.

24. Ласточкина О.В. Адаптация и устойчивость растений пшеницы к засухе, опосредованная природными регуляторами роста *Bacillus Spp.*: механизмы реализации и практическая значимость (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2021. Т 56 (5).С. 843-867.

25. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1985. – 267 с.

26. Методы почвенной микробиологии и биохимии [Учеб. пособие для почв. и агрохим. спец. ун-тов и с.-х. вузов / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк]; Под ред. [и с предисл.] Д.Г. Звягинцева. – М. : Изд-во МГУ, 1980. – 224 с., ил.

Agricultural Science of Tavrida. - 2024. - No. 37 (200). - P. 26-46.

22. Kulagina V.I., Grachev A.N., Shagidullin R.R., Sungatullina L.M. The Impact of Combined Application of Biochar and Mineral Nitrogen Fertilizers on Oat Plants and Biological Properties of Soils. Bulletin of Tomsk State University. Biology.2023. (61). Pp. 27-44.

23. Larikova Yu.S. Modern Concepts of the Ecological and Physiological Role of Plant Root Exudates (Review Article) / O.G. Volobueva, Yu.S. Larikova // Legumes and Cereal Crops. 2021. No. 4 (40). Pp. 93-101.

24. Lastochkina O.V. Adaptation and Resistance of Wheat Plants to Drought Mediated by Natural Growth Regulators *Bacillus Spp.*: Mechanisms of Implementation and Practical Significance (Review). Agricultural Biology. 2021. Vol. 56 (5). pp. 843-867.

25. Methodology of State Variety Testing of Agricultural Crops. Moscow, 1985. 267 p.

26. Methods of Soil Microbiology and Biochemistry [Textbook for soil and agrochemical specialty universities and agricultural higher education institutions / D.G. Zvyagintsev, I.V. Aseeva, I.P. Babeva, T.G. Mirchink]; Ed. [and with foreword] by D.G. Zvyagintsev. Moscow: Moscow State University Publishing House, 1980. 224 p., ill.

27. Minchenko L. A., Gagarina E. V., Korneva M. A. Evaluation of the microbiological activity of irrigated light-chestnut soils of the Lower Volga region under biologized agriculture // Agrarian Bulletin of the Urals. 2025. Vol. 25, No. 10. pp. 1553-1564.

27. Минченко Л. А., Гагарина Е. В., Корнева М. А. Оценка микробиологической активности светло-каштановых орошаемых почв Нижнего Поволжья при биологизированном земледелии // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 10. С. 1553–1564.
28. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М., 1972
29. Скороходов В.Ю. Влияние погодных условий и целлюлозолитической активности почвы на урожайность твердой пшеницы в степной зоне Южного Урала/В.Ю. Скороходов, Д.В. Митрофанов// Животноводство и кормопроизводство. 2025. №108 (1). С. 187-200.
30. Leuther F. Soil structural indicators as predictors of biological activity under various soil management practices// Geoderma, V.457. 2025. 117290.
28. Mishustin E. N. Microorganisms and agricultural productivity. Moscow, 1972
29. Skorokhodov V. Yu. The influence of weather conditions and cellulolytic activity of the soil on the yield of durum wheat in the steppe zone of the Southern Urals / V. Yu. Skorokhodov, D. V. Mitrofanov // Animal Husbandry and Forage Production. 2025. No. 108 (1). pp. 187-200.
30. Leuther F. Soil structural indicators as predictors of biological activity under various soil management practices// Geoderma, V.457. 2025. 117290.

Сведения об авторах:

Светлана Серафимовна Терехова – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13;

Алина Сергеевна Тутучкина – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Information about the authors:

Svetlana Serafimovna Terekhova – Candidate of Agricultural Sciences, Professor at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin», 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13;

Alina Sergeevna Tutchkina – Postgraduate Student at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin», 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

УДК 633.1:631.5

**ВЛИЯНИЕ
ПРЕДШЕСТВЕННИКА НА
АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И
СТРУКТУРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

Кравченко Р. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Лучинский С. И., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Тымчик Н. Е., аспирант;
Тымчик Д. Е., бакалавр,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

Изучено влияние предшественника на агробиологические и структурные показатели озимой пшеницы различных сортов в условиях центральной зоны Краснодарского края. Выявлено, что наибольшая площадь листовой поверхности весной в фазе кущения отмечена у всех сортов, размещенных по предшественнику соя. К фазе колошения площадь листовой поверхности растений озимой пшеницы увеличилась более чем 3 раза. Наибольшие значения по данному показателю отмечены у сорта Безостая 100 по предшественнику соя – 77,0 см²/растение. Наименьшая площадь листовой поверхности отмечена у всех сортов, размещенных по подсолнечнику. Элементы структуры урожая озимой пшеницы изменялись в зависимости от предшественников. Длина колоса по сортам варьировала по вариантам от 8,3 до 9,7 см. Незначительное превышение длины колоса в сравнении с другими сортами отмечалось у сорта Таня. На-

**INFLUENCE OF
PRECURSORS ON
AGROBIOLOGICAL AND
STRUCTURAL INDICATORS OF
WINTER WHEAT VARIETIES**

Kravchenko R. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
Luchinsky S. I., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
Tymchik N. E., Postgraduate Student;
Tymchik D. E., Bachelor's Degree,
I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University

The influence of a predecessor crop on the agrobiological and structural indicators of various winter wheat varieties was studied in the central zone of Krasnodar Krai. It was found that the largest leaf area in the spring during the tillering phase was observed for all varieties planted with soybean as their predecessor. By the earing phase, the leaf area of winter wheat plants increased more than threefold. The highest values for this indicator were observed for the Bezostaya 100 variety with soybean as its predecessor – 77.0 cm²/plant. The smallest leaf area was observed for all varieties planted with sunflower. The elements of winter wheat yield structure varied depending on the predecessors. Ear length varied between 8.3 and 9.7 cm across varieties. A slight increase in ear length compared to other varieties was observed for the Tanya variety. The smallest ear length indicators for all varieties were observed with sunflower

меньшие показатели длины колоса у всех сортов отмечены по предшественнику подсолнечник. Наибольшее число зерен в колосе отмечено у сорта озимой пшеницы Школа, по предшественнику подсолнечнику – 42,1 шт., превышении с контролем составило 3 шт. (7,7%). Масса 1000 зерен минимальной была по предшественнику подсолнечник – от 27,0 до 34,0 г, по кукурузе на зерно варьировала от 28,1 до 34,3 г и по сое от 30,0 до 33,8. Масса зерна с колоса по вариантам изменялась незначительно и находилась в пределах 1,02-1,30 г. Наибольшая биологическая урожайность получена на тех вариантах, где сорта размещались по сое. Из изучаемых сортов самую высокую биологическую урожайность сформировал сорт Тanya по предшественнику соя – 81,0 ц/га. Доля участия предшественников составила 65,3 %, сортового состава – 9,8 %, а их взаимодействие – 18,5%, эти данные дисперсионного анализа подтверждают необходимость выбора предшественника для каждого сорта озимой пшеницы, как важнейший элемент сортовой агротехники

Ключевые слова: озимая пшеница, севооборот, предшественники, сорта, Тanya, Школа, Безостая 100.

as their predecessor. The Shkola winter wheat variety had the highest number of grains per ear after sunflower as its predecessor – 42.1 grains, exceeding the control by 3 grains (7.7%). The 1,000-kernel weight was lowest after sunflower as its predecessor, ranging from 27.0 to 34.0 g. After corn, it ranged from 28.1 to 34.3 g, and after soybeans, from 30.0 to 33.8 g. Grain weight per ear varied little across the treatments, ranging from 1.02 to 1.30 g. The highest biological yield was obtained in the treatments where the varieties were placed next to soybeans. Of the studied varieties, the Tanya variety achieved the highest biological yield after soybeans – 81 c/ha. The share of predecessors was 65.3%, varietal composition – 9.8%, and their interaction – 18.5%. These data from the dispersion analysis confirm the need to select a predecessor for each variety of winter wheat, as the most important element of varietal agricultural technology.

Keywords: winter wheat, crop rotation, predecessors, varieties, Tanya, Shkola, Bezostaya 100.

Введение. Продовольственная безопасность актуальна на сегодняшний день в глобальном масштабе. Потребность населения в продовольственном запасе неуклонно растет, что ведет к интенсификации производства зерна. В повышение урожайности зерна основную роль отводится высокопродуктивной культуре – озимой пшенице. Кроме увеличения продуктивности важной проблемой современного производства является увеличение качественных показателей получаемой продукции [1–4]. Сборы урожая озимой пшеницы в мире в среднем находятся на уровне 4,5–5,0 т/га, а в Краснодарском края – более 6,5 т/га. Удельный вес озимой пшеницы в мировом сборе зерна составляет более 35 %, что дает возможность обеспечить население планеты продовольствием.

В структуре посевных площадей озимая пшеница занимает весомый вклад, так как высевается по большей части предшественников, как колосовых, так и пропашных. Для возделывания данной культуры наиболее благоприятными являются черноземные почвы, питательный запас которых способствует получению высоких и поддержанию стабильных урожаев зерна озимой пшеницы [4, 5, 7]. Научно-обоснованный подбор сортов и рациональный выбор предшественников – гарантия достижения высоких урожаев культуры. от выбора предшественника прибавка может составлять свыше 50 %, что выше, чем прибавка от использования сортов, удобрений и других факторов [8, 10, 11]. Различный экономический и технический уровень сельскохозяйственных предприятий в крае, наличие неоднородной сельхозтехники в хозяйствах и даже в бригадах, еще раз подтверждают необходимость различных нетрадиционных подходов в вопросах технологий возделывания озимой пшеницы. Огромную роль в повышении урожайности озимой пшеницы играют сортосмена и предшественники [12, 13].

Влияние предшественника на урожайность и качество озимой пшеницы – это сложный агробиологический процесс, определяемый взаимодействием множества факторов. Выбор предшественника оказывает существенное влияние на доступность питательных веществ, водный режим, фитосанитарное состояние почвы, структуру почвы и, как следствие, на развитие и продуктивность озимой пшеницы. Различия в реакции сортов на предшественников обусловлены генетическими особенностями и их адаптивным потенциалом [14, 15, 16, 17].

На уровне севооборота, предшественники, обладающие способностью к азотфиксации (люцерна, клевер, соя, горох, нут и др.), обогащают почву органическим азотом, который постепенно минерализуется и становится доступным для озимой пшеницы и других культур, что в значительной мере улучшает азотное питание растений и положительно отображается на росте, развитии и формировании урожая зерна. После уборки бобовых в почве остается от 30-70 до 150-25 кг/га азота, которое становится доступным для последующих культур. Некоторые предшественники, особенно пропашные культуры с мощной корневой системой (подсолнечник, кукуруза на силос), способствуют разрыхлению почвы и улучшению доступности труднорастворимых соединений фосфора и калия. Однако, важно учитывать их потребление этих элементов, чтобы не допустить их дефицита. Разные предшественники по-разному используют и возвращают в почву микроэлементы (железо, марганец, цинк, медь, бор, молибден). Правильный выбор предшественника позволяет избежать дефицита микроэлементов, необходимых для нормального роста и развития озимой пшеницы [18, 19, 20, 21, 22].

Предшественники с высоким потреблением воды (подсолнечник, сахарная свекла, кукуруза и др.) могут иссушать почву, что негативно отобразится на урожайности, а также на агробиологических и структурных показателях озимой пшеницы. Особенно важно учитывать динамику водного режима почвы и водопотребление всех культур в засушливые годы в зонах с рискованным

земледелием. Предшественники с неглубокой корневой системой (зернобобовые) оставляют больше влаги в верхних слоях почвы, что имеет благоприятное последствие для озимой пшеницы и других культур севооборота. Предшественники, оставляющие после себя большое количество органических остатков (например, сидераты, бобовые культуры), улучшают структуру почвы, увеличивают ее водопроницаемость и влагоемкость, что положительно сказывается на водообеспечении озимой пшеницы [23, 24 25, 26].

Выбор предшественников под с.-х. культуры севооборота обязательно должен быть связан с защитой растений. Так, внесение гербицидов с разным спектром действия, позволяют снизить засоренность поля, особенно злостными сорняками и предотвращают появление у них резистентности. Занятые и чистые пары позволяют значительно сократить запасы семян сорняков в почве. Кроме того, выбор предшественника позволяет разорвать цикл развития болезней и вредителей, которые специализируются на повреждении озимой пшеницы и других зерновых культур. Предшественники с хорошо развитой корневой системой (бобовые, сидераты и др.) улучшают структуру почвы, способствуют накоплению влаги и питательных веществ, улучшают водопроницаемость, связывают частицы почвы, формируя оптимальные агрегаты и показатели структуры почвы. Предшественники, разрыхляющие почву (пропашные), облегчают рост корневой системы озимой пшеницы, оставляющие после себя большое количество органических остатков (корне-поживные остатки зерновых и бобовых культур), увеличивают содержание гумуса в почве, что улучшает ее структуру, влагоемкость и питательную ценность [27, 28, 29].

В сортовых технологиях выращивания разных по генетическому потенциалу сортов озимой пшеницы отечественной селекции неодинаково реагируют на выбор предшественников на уровне севооборота. Так, одни сорта лучше используют азот, который был аккумулирован бобовыми культурами, другие – в максимальной степени устойчивы к высоким температурам и дефициту осадков после предшественников, иссушающих почву. При выборе сортов озимой пшеницы и других культур необходимо учитывать их адаптивность и реакцию на изменяющиеся под воздействием изменения климата условия выращивания. Некоторые сорта обладают повышенной устойчивостью к болезням и вредителям, что позволяет им лучше расти и развиваться в севообороте даже после допустимых предшественников. Следует подчеркнуть, что разные сорта отличаются по способности с высокой эффективностью использования питательных веществ, воду и другие ресурсы [30, 31, 32, 33].

Материалы и методы исследований. Целью исследований было изучить влияние предшественников на агробиологические и структурные показатели сортов озимой пшеницы при выращивании в условиях центральной зоны Краснодарского края.

В учебно-опытном хозяйстве «Кубань» ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ на протяжении 2022-2024 гг. были заложены полевые опыты с сортами озимой пшеницей

по разным предшественникам. Опыт двухфакторный, его схема представлена в таблицах данной статьи. Расположение делянок систематическое, повторность опыта 3-х кратная. Общая площадь делянки второго порядка 100 м², учетная площадь делянки – 50 м². Предшественники согласно схеме опыта – кукуруза на зерно, соя, подсолнечник. Объектом исследований были сорта озимой пшеницы – Таня (контроль), Школа, Безостая 100. При проведении исследований использовали методические рекомендации и методику опытного дела в растениеводстве [34].

Результаты и обсуждения. Одним из основных показателей, который достаточно полно отражает условия развития растений, является площадь листовой поверхности. Число листьев и их размеры довольно сильно варьируют у озимой пшеницы – это связано с биологическими особенностями сорта.

Высокий урожай дают сорта озимой пшеницы при листовой поверхности 30–50 тыс. м² на 1 га. Площадь листьев значительно повышается на фоне удобрений. Ряд исследователей показывают, что высокий выход зерна у сортов озимой пшеницы обусловлен особенностями строения растений, в частности высотой растений и степенью их облиственности. Чем короче стебель и больше облиственность растений, тем больше выход зерна [6].

Площадь листовой поверхности озимой пшеницы зависит также от предшественников и способов обработки почвы [11].

От состояния растений при выходе из зимы, от основного удобрения и подкормок зависит, развитие листовой поверхности при этом большую роль играют условия увлажнения (таблица 1).

Ассимиляционную площадь листьев озимой пшеницы изучали в фазу кущения, колошения и молочной спелости. Весной в фазе кущения наибольшая площадь листовой поверхности отмечена у всех сортов, размещенных после предшественника – соя. К фазе колошения площадь листовой поверхности растений озимой пшеницы увеличилась более чем 3 раза.

Таблица 1. Влияние предшественника и различных сортов озимой пшеницы на динамику площади листовой поверхности, см²/растение (2023–2024 гг.)

Предшественник (фактор А)	Сорт (фактор В)	Фазы развития		
		кущение	колошение	молочная спелость
Кукуруза на зерно	Таня (к)	18,2	58,2	20,3
	Школа	19,3	62,4	21,5
	Безостая 100	19,3	64,6	22,3
Соя	Таня	23,4	73,5	24,5
	Школа	26,7	75,2	26,8
	Безостая 100	22,0	77,0	24,1
Подсолнечник	Таня	16,6	59,4	18,0
	Школа	15,4	54,8	16,9
	Безостая 100	16,5	56,4	17,2
НСР ₀₅ , см ² /растение	А	0,74	1,58	0,81
	В	0,56	1,33	0,60

Наибольшие значения по данному показателю отмечены у сорта Безостая 100 по предшественнику соя – 77,0 см²/растение. Наименьшая площадь листовой поверхности отмечена у всех сортов, размещённых по подсолнечнику.

Следует подчеркнуть, что к фазе молочно-восковой спелости зерна площадь листовой поверхности уменьшилась по всем вариантам исследований, что связано с процессами трансформации пластических веществ, подсыханием нижнего яруса листьев и наливом зерна. Однако, закономерности их изменения остались прежними. Наибольшее ее значение отмечено у сортов, размещенных по предшественнику – соя.

В среднем по сортам площадь листовой поверхности на данном варианте составила 25,1 см²/растение, что на 17,5 % выше, чем на контроле и на 44,7 % больше чем на в варианте, где предшественником являлся подсолнечник.

Результаты анализа элементов структуры урожая озимой пшеницы представлены в таблице 2.

Таблица 2. Продолжительность межфазных периодов сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественника, дней (2023–2024 гг.)

Предшественник (фактор А)	Сорт (фактор В)	Длина колоса, см	Количество колосков в колосе, шт.		Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с 1 колоса, г	Биологическая урожайность, ц/га
			всего	в т.ч. продуктивных				
Кукуруза на зерно	Таня(к)	9,5	19,0	16	39,2	28,1	1,10	70,5
	Школа	9,0	18,6	16	40,5	31,4	1,27	74,4
	Безостая 100	9,2	18,0	16	33,2	34,3	1,14	74,2
Соя	Таня	9,7	19,6	16	40,6	30,0	1,22	81,0
	Школа	9,2	18,4	14	42,1	30,9	1,30	78,1
	Безостая 100	8,8	18,1	16	34,0	33,8	1,15	75,7
Подсолнечник	Таня	9,0	18,7	16	38,5	27,0	1,04	65,9
	Школа	8,3	17,0	14	36,2	33,1	1,20	69,0
	Безостая 100	8,5	17,3	16	32,4	34,0	1,10	71,0
НСР ₀₅	А	0,30	0,61	0,54	0,98	0,73	0,04	1,34
	В	0,21	0,49	0,45	0,70	0,50	0,03	1,20

Измеряли длину колоса, считали количество колосков в колосе, как общее, так и продуктивное, количество зерен в колосе, биологическую урожайность, взвешивали 1000 зерен и зерно с 1 колоса.

Сортовая динамика длина колоса была в пределах от 8,3 см (сорт Школа,

предшественник – подсолнечник) до 9,7 см (сорт Таня, предшественник – соя). Наименьшие показатели длины колоса у всех сортов отмечены по предшественнику подсолнечник.

Наибольшее число зерен в колосе отмечено у сорта Школа по предшественнику соя – 42,1 шт., разница с контролем составила 3 шт. (7,7%).

Масса 1000 зерен минимальной была по предшественнику подсолнечник – от 27,0 до 34,0 г, по кукурузе на зерно варьировала от 28,1 до 34,3 г и по сое от 30,0 до 33,8. Минимальным данный показатель был у сорта Таня (от 27,0 до 30,0 г), а максимальным у сорта Безостая 100 – от 33,8 до 34,3 г. Масса зерна с колоса по вариантам изменялась незначительно и находилась в пределах 1,04–1,30 г.

Лучшим предшественником для формирования биологической урожайности для всех сортов была соя. Из изучаемых сортов самую высокую и самую низкую биологическую урожайность сформировал сорт Таня – по предшественнику соя это 81, ц/га, а по предшественнику подсолнечник – 65,9 ц/га.

Предшественники в максимальной степени оказали влияние на формирование урожая озимой пшеницы – на уровне 65,3 % (рисунок 1). На втором месте с удельным весом 9,8 % был сортовой состав и отличие в генетическом потенциале у каждого исследуемого сорта.

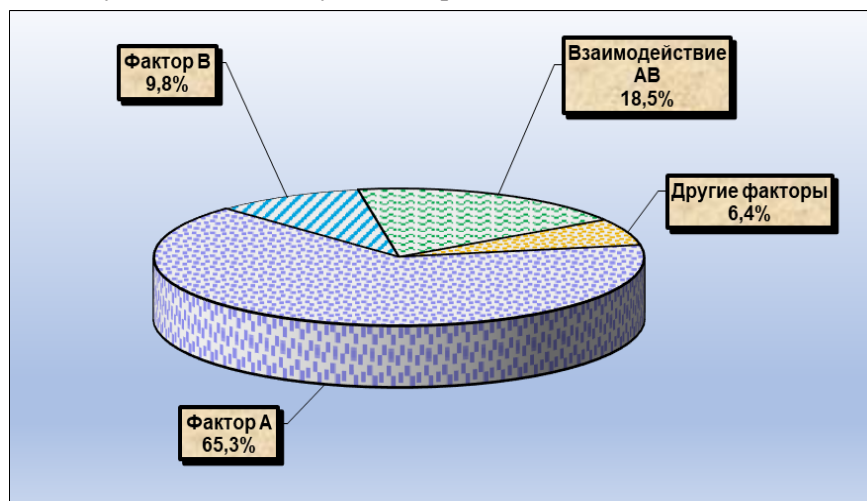


Рисунок 1. Долевое участие исследуемых факторов (А – предшественник; В – сорт) в формировании урожая озимой пшеницы в условиях Краснодарского края, %

Взаимодействие исследуемых факторов возросло до 18,5%, что свидетельствует о значительном влиянии подбора предшественников для каждого сорта, как важнейшего элемента сортовых адаптивных технологий.

Удельный вес других факторов (остаток) на продуктивность растений составил 6,4 %. К ним следует отнести разницу в погодных условиях в годы ис-

следований, а также воздействие других элементов технологии возделывания озимой пшеницы.

Выводы. Таким образом, доказано, что выбор предшественника для озимой пшеницы, как и для многих других полевых культур при выращивании их в условиях Краснодарского края, относится к важнейшим агротехническим приёмам, которые оказывают существенное влияние на агробиологические и структурные показатели продукционного процесса исследуемой культуры. Оптимальный выбор предшественника, учитывающий сортовые особенности озимой пшеницы, позволяет улучшить ее рост и развитие, повысить урожайность и качество зерна, а также снизить затраты на удобрения и средства защиты растений. Необходимы дальнейшие исследования для определения наиболее эффективных предшественников для различных сортов озимой пшеницы в конкретных почвенно-климатических условиях. Проведенные нами исследования показали, что наибольшая площадь листовой поверхности весной в фазе кущения отмечена у всех сортов, размещенных по предшественнику, соя. К фазе колошения площадь листовой поверхности растений озимой пшеницы увеличилась более чем 3 раза. Наибольшие значения по данному показателю отмечены у сорта Безостая 100 по предшественнику соя – 77,0 см²/растение. Наименьшая площадь листовой поверхности отмечена у всех сортов, размещённых по подсолнечнику. Элементы структуры урожая озимой пшеницы изменялись в зависимости от предшественников. Длина колоса по сортам варьировала по вариантам от 8,3 до 9,7 см. Незначительное превышение длины колоса в сравнении с другими сортами отмечалось у сорта Таня. Наименьшие показатели длины колоса у всех сортов отмечены по предшественнику подсолнечник. Наибольшее число зерен в колосе отмечено у сорта озимой пшеницы Школа, по предшественнику соя – 42,1 шт., превышении с контролем составило 3 шт. (7,7%). Масса 1000 зерен минимальной была по предшественнику подсолнечник – от 27,0 до 34,0 г, по кукурузе на зерно варьировала от 28,1 до 34,3 г и по сое от 30,0 до 33,8. Масса зерна с колоса по вариантам изменялась незначительно и находилась в пределах 1,04–1,30 г. Наибольшая биологическая урожайность получена на тех вариантах, где сорта размещались по сое. Из изучаемых сортов самую высокую биологическую урожайность сформировал сорт Таня по предшественнику соя – 81,0 ц/га. Доля участия предшественников составила 65,3 %, сортового состава – 9,8 %, а их взаимодействие – 18,5%, эти данные дисперсионного анализа подтверждают необходимость выбора предшественника для каждого сорта озимой пшеницы, как важнейший элемент сортовой агротехники.

Список использованных источников:

1. Архипенко, А.А. Роль минеральных удобрений и основной обработки почвы под посевы озимой пшеницы в формировании ее продуктивности / А.А. Архипенко, Р.В. Крав-

References

1. Arkhipenko, A.A. The role of mineral fertilizers and primary tillage for winter wheat crops in determining its productivity / A.A. Arkhipenko, R.V. Kravchenko // Scientific journal of

ченко // Научный журнал КубГАУ, 2021. – № 171. – С. 305-317.

2. Багринцева, В. Н. Засоренность и урожайность кукурузы при разной обработке почвы / В. Н. Багринцева, Т. И. Борщ, И. А. Шмалько, Р. В. Кравченко // Защита и карантин растений, 2006. – № 2. – С. 29-30.

3. Бардак, Н. И. Влияние способа обработки чернозема выщелоченного и его агрофизические параметры и агробиологические показатели озимой пшеницы / Н. И. Бардак, Р. В. Кравченко, С. А. Дмитриев / Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ, 2023. – № 188. – С.56-66.

4. Дмитриев, С. А. Вариабельность действия минеральных удобрений на фоне основной обработки почвы в технологии возделывания озимой пшеницы / С. А. Дмитриев, Р. В. Кравченко, Н. И. Бардак / Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ, 2023. – № 186. – С.31-40.

5. Кравченко, Р. В. Научное обоснование ресурсо-энергосберегающих технологий выращивания кукурузы (zea mays l.) в условиях степной зоны Центрального Предкавказья : дисс... ... докт. с.-х. наук / Р. В. Кравченко // ВНИИССОК. – М., 2010. – 439 с.

6. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки почвы и минеральных удобрений на экономические и биоэнергетические показатели гибридов кукурузы / Р. В. Кравченко, В. И. Прохода // Труды КубГАУ, 2015. - № 56. – С. 119-125.

7. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки почвы под озимую пшеницу на формирование элементов

KubSAU, 2021. - No. 171. - Pp. 305-317.

2. Bagrintseva, V.N. Weed infestation and yield of corn with different tillage methods / V.N. Bagrintseva, T.I. Borsch, I.A. Shmalko, R.V. Kravchenko // Plant protection and quarantine, 2006. - No. 2. - Pp. 29-30.

3. Bardak, N. I. Influence of the processing method of leached chernozem and its agrophysical parameters and agrobiological indicators of winter wheat / N. I. Bardak, R. V. Kravchenko, S. A. Dmitriev / Polythematic online electronic scientific journal of KubSAU, 2023. - No. 188. - P. 56-66.

4. Dmitriev, S. A. Variability of the action of mineral fertilizers against the background of primary soil cultivation in the technology of winter wheat cultivation / S. A. Dmitriev, R. V. Kravchenko, N. I. Bardak / Polythematic online electronic scientific journal of KubSAU, 2023. - No. 186. - P. 31-40.

5. Kravchenko, R. V. Scientific substantiation of resource-energy-saving technologies for growing corn (zea mays l.) in the steppe zone of the Central Ciscaucasia: diss... ... Doctor of Agricultural Sciences / R. V. Kravchenko // VNISSOK. - Moscow, 2010. - 439 p.

6. Kravchenko, R. V. Influence of primary tillage and mineral fertilizers on the economic and bioenergy indicators of corn hybrids / R. V. Kravchenko, V. I. Prokhoda // Proceedings of KubSAU, 2015. - No. 56. - P. 119-125.

7. Kravchenko, R. V. Influence of primary tillage for winter wheat on the formation of its productivity elements / R. V. Kravchenko, S. I. Luchinsky, A. A. Arkhipenko, A. E. Semenov //

ее продуктивности / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, А. А. Архипенко, А. Е. Семенов // Труды КубГАУ, 2021. – № 90. – С.64-70.

8. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки почвы под озимую пшеницу на формирование ее продуктивности / Р. В. Кравченко, В. И. Прохода, С. И. Лучинский, А. А. Архипенко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ, 2021. – № 169. – С.124-132.

9. Кравченко, Р. В. Влияние минеральных удобрений на фоне минимизации основной обработки почвы на агробиологические показатели озимой пшеницы / Р. В. Кравченко, С. С. Терехова, Д. С. Гречищев // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ, 2022. – № 180. – С.193-204.

10. Кравченко, Р. В. Результативность минеральных удобрений на фоне безотвальной обработки почвы в технологии возделывания озимой пшеницы / Р. В. Кравченко, В. И. Прохода, У. Б. Асроров // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ, 2022. – № 182. – С.99-111.

11. Кравченко, Р. В. Агробиологические показатели озимой пшеницы по разной норме минерального удобрения при мелкой обработке почвы в условиях Кубани / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский // Труды КубГАУ, 2025. – № 117. – С.168-173.

12. Кравченко, Р. В. Влияние предшественника на рост и развитие озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Р. В. Кравченко, Д. Е. Тымчик // Сахарная свекла. – 2025. – № 9. – С. 24-27.

13. Kravchenko, R. V. Productivity

Proceedings of KubSAU, 2021. - No. 90. - Pp. 64-70.

8. Kravchenko, R. V. Influence of primary tillage for winter wheat on the formation of its productivity / R. V. Kravchenko, V. I. Prokhoda, S. I. Luchinsky, A. A. Arkhipenko // Polythematic online electronic scientific journal of KubSAU, 2021. - No. 169. - Pp. 124-132.

9. Kravchenko, R. V. The influence of mineral fertilizers against the background of minimizing primary tillage on the agrological indicators of winter wheat / R. V. Kravchenko, S. S. Terekhova, D. S. Grechishchev // Polythematic online electronic scientific journal of KubSAU, 2022. - No. 180. - Pp. 193-204.

10. Kravchenko, R. V. The effectiveness of mineral fertilizers against the background of no-till tillage in the technology of winter wheat cultivation / R. V. Kravchenko, V. I. Prokhoda, U. B. Asrorov // Polythematic online electronic scientific journal of KubSAU, 2022. - No. 182. - Pp. 99-111.

11. Kravchenko, R. V. Agrobiological indicators of winter wheat at different rates of mineral fertilizers with shallow tillage in the conditions of Kuban / R. V. Kravchenko, S. I. Luchinsky // Proceedings of KubSAU, 2025. - No. 117. - Pp. 168-173.

12. Kravchenko, R. V. Influence of the predecessor on the growth and development of winter wheat in the conditions of the central zone of Krasnodar Territory / R. V. Kravchenko, D. E. Tymchik // Sugar beet. - 2025. - No. 9. - Pp. 24-27.

13. Kravchenko, R. V. Productivity

of winter wheat cultivated after corn in a stationary experiment on leached chernozem / R. V. Kravchenko, A. A. Dulin, D. E. Tymchik // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2025. № 208. С. 60-70.

14. Kravchenko, R. V. Agrobiological indicators of winter wheat cultivated after soybean as a predecessor in the Western Caucasia / R. V. Kravchenko, Ya. B. Amzaeva, D. E. Tymchik // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2025. № 209. С. 259-268. – DOI 10.21515/1990-4665-209-023.

15. Kravchenko, R. V. Production indicators of winter wheat cultivated after soybean as a precursor in the Western Caucasia / R. V. Kravchenko, Ya. B. Amzaeva, D. E. Tymchik // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2025. № 210. С. 135-147.

16. The influence of farming activities on seeds productivity of winter wheat varieties in the conditions of the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. Y. Zaporozhchenko, G. V. Karashchuk [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Vol. 10, No. 1. – P. 449-456. 1

17. Адамень, Ф. Ф. Влияние гидротермических факторов на продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости в орошаемых условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 32(195). – С. 18-29. 1

of winter wheat cultivated after corn in a stationary experiment on leached chernozem / R. V. Kravchenko, A. A. Dulin, D. E. Tymchik // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2025. No. 208. pp. 60-70.

14. Kravchenko, R. V. Agrobiological indicators of winter wheat cultivated after soybean as a predecessor in the Western Caucasia / R. V. Kravchenko, Ya. B. Amzaeva, D. E. Tymchik // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2025. No. 209. pp. 259-268. – DOI 10.21515/1990-4665-209-023.

15. Kravchenko, R. V. Production indicators of winter wheat cultivated after soybean as a precursor in the Western Caucasia / R. V. Kravchenko, Ya. B. Amzaeva, D. E. Tymchik // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2025. No. 210. pp. 135-147.

16. The influence of farming activities on seeds productivity of winter wheat varieties in the conditions of the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. Y. Zaporozhchenko, G. V. Karashchuk [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Vol. 10, No. 1. – P. 449-456. 1

17. Adamen, F. F. Influence of hydrothermal factors on the productivity of corn hybrids of different maturity groups under irrigated conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of the agricultural science of Tavrida. - 2022. - No. 32 (195). - P. 18-29. 1

18. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on depth of plowing, fertilization and plants density / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, I. Biliaieva [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2020. – Vol. 26, No. 4. – P. 885. 1

19. Коковихин, С. В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия / С. В. Коковихин, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 39(202). – С. 80-99. 1

20. Вожегова, Р. А. Агрометеорологическое обоснование режимов орошения сельскохозяйственных культур / Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 187-192.

21. Коковихин, С. В. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв / С. В. Коковихин, В. П. Василько, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 71-89. 1

22. Вожегова, Р. А. Моделирование и агро-мелиоративное 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.

23. Адамень, Ф. Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических

18. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on depth of plowing, fertilization and plants density / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, I. Biliaieva [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. - 2020. - Vol. 26, No. 4. – P. 885. 1

19. Kokovikhin, S. V. Optimization of irrigated crop rotations and agroecological substantiation of climate-oriented farming systems / S. V. Kokovikhin, A. A. Makarenko, T. V. Logoida // News of the agricultural science of Tavrida. – 2024. – No. 39 (202). – P. 80-99. 1

20. Vozhegova, R. A. Agrometeorological substantiation of irrigation regimes crops / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. - 2017. - No. 1 (65). - P. 187-192.

21. Kokovikhin, S. V. Optimization of farming systems in the Northern Black Sea region under changing climate and ecological and meliorative state of soils / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 36 (199). - P. 71-89. 1

22. Vozhegova, R. A. Modeling and agro-ameliorative 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 Agrarian Sciences. - 2016. - No. 23. - P. 110-120.

23. Adamen, F. F. Efficiency of using artificial moisture taking into account

факторов при выращивании основных сельскохозяйственных культур в условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 34-43.

24. Макаренко, А. А. Моделирование орошаемых севооборотов с использованием эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических параметров агропредприятий / А. А. Макаренко, С. В. Коковихин, Е. С. Бойко // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 6-20.

25. Чернышова, Е. О. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от сроков посева и системы защиты растений от болезней и вредителей в условиях орошения Северного Причерноморья / Е. О. Чернышова, О. В. Макуха, С. В. Коковихин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 37(200). – С. 26-46.

26. Коковихин, С. В. Кластерный анализ качественных показателей поливной воды рек Ингулец и Днепр, используемых для орошения в условиях Северного Причерноморья / С. В. Коковихин, Ф. Ф. Адамень, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 35(198). – С. 69-81.

27. Влияние влагообеспечения, минерального питания и густоты стояния на урожайность семян самоопыленных линий кукурузы / С. В. Коковихин, П. В. Писаренко, В. Г. Пилярский, Е. А. Пилярская // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2013. – № 2(10). – С. 78-88.

meteorological factors in growing the main agricultural crops 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. 34-43.

24. Makarenko, A. A. Modeling of irrigated crop rotations using ecological-ameliorative and economic-economic parameters of agricultural enterprises / A. A. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // News of agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 36 (199). - P. 6-20.

25. Chernyshova, E. O. Productivity of corn hybrids depending on sowing time and plant protection systems from diseases and pests under irrigated conditions of the Northern Black Sea region / E. O. Chernyshova, O. V. Makukha, S. V. Kokovikhin // News of agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 37 (200). - P. 26-46.

26. Kokovikhin, S. V. Cluster analysis of qualitative indicators of irrigation water of the Ingulets and Dnieper rivers used for irrigation in the Northern Black Sea region / S. V. Kokovikhin, F. F. Adamen, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 35 (198). - P. 69-81.

27. The influence of moisture supply, mineral nutrition and planting density on the seed yield of self-pollinated corn lines / S. V. Kokovikhin, P. V. Pisarenko, V. G. Pilyarsky, E. A. Pilyarskaya // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. - 2013. - No. 2 (10). - P. 78-88.

28. Kokovikhin, S. V. Optimization

28. Коковихин, С. В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия / С. В. Коковихин, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 39(202). – С. 80-99.
29. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы после разных предшественников / С. В. Коковихин, В. П. Василько, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 113-124.
30. Адамень, Ф. Ф. Научное обоснование агротехнологий на неполивных и орошаемых землях Северного Причерноморья в современных эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических условиях / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 38(201). – С. 180-198.
31. Makukha, O. The impact of biopreparations and sowing dates on the productivity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) / O. Makukha // Journal of Ecological Engineering. – 2020. – Vol. 21, No. 4. – P. 237-244.
32. Программирование урожая кукурузы в условиях орошения в зависимости от интенсивности ФАР и термического режима / Ю. А. Лавриненко, В. В. Базалий, С. В. Коковихин, П. В. Писаренко // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2011. – № 75-1. – С. 91-101.
33. Возделывание кукурузы на of irrigated crop rotations and agroecological substantiation of climate-oriented farming systems / S. V. Kokovikhin, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // News of agricultural science of Tavrida. – 2024. – No. 39 (202). – P. 80-99.
29. Efficiency of using biopreparations in growing winter wheat after different predecessors / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // Transactions of the Kuban State Agrarian University. – 2024. – No. 112. – P. 113-124.
30. Adamen, F. F. Scientific substantiation of agricultural technologies on non-irrigated and irrigated lands of the Northern Black Sea region in modern ecological-ameliorative and economic conditions / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // Bulletin of Agricultural Science of Tavrida. – 2024. – No. 38 (201). – P. 180-198.
31. Makukha, O. The impact of biopreparations and sowing dates on the productivity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) / O. Makukha // Journal of Ecological Engineering. – 2020. – Vol. 21, No. 4. – P. 237-244.
32. Programming the corn yield under irrigation conditions depending on the intensity of PAR and thermal regime / Yu. A. Lavrinenko, V. V. Bazaliy, S. V. Kokovikhin, P. V. Pisarenko // Collection of scientific works of the Uman National University of Gardening. – 2011. – No. 75-1. – P. 91-101.
33. Cultivation of corn in the south of Ukraine / R. A. Vozhegova, Yu. A. Lavrinenko, S. V. Kokovikhin, P. V. Pisarenko // Feed production. – 2012. –

юге Украины / Р. А. Вожегова, Ю. А. Лавриненко, С. В. Коковихин, П. В. Писаренко // Кормопроизводство. – 2012. – № 11. – С. 35-36.

34. 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.

No. 11. – P. 35-36.

34. 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.

Сведения об авторах:

Кравченко Роман Викторович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общего и орошаемого земледелия ФГБОУ ВО «КубГАУ имени И.Т. Трубилина», e-mail: kravchenko.r@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И. Т. Трубилина».

Сергей Ильич Лучинский – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общего и орошаемого земледелия ФГБОУ ВО «КубГАУ имени И.Т. Трубилина», e-mail: luchinsky.r@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И.Т. Трубилина».

Никита Евгеньевич Тымчик – аспирант ФГБОУ ВО «КубГАУ имени И.Т. Трубилина», e-mail: nikita@tymchik.ru), 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И.Т. Трубилина».

Денис Евгеньевич Тымчик – бакалавр ФГБОУ ВО «КубГАУ имени И.Т. Трубилина», e-mail: denis@tymchik.ru), 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И.Т. Трубилина».

Information about authors:

Roman Viktorovich Kravchenko – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the General and Irrigated Agriculture Department of FSBEI HE “KubSAU named after I. T. Trubilin”, e-mail: kravchenko.r@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, Kalinina St., 13, FSBEI HE “KubSAU named after I. T. Trubilin”.

Sergey Ilyich Luchinsky – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of General and Irrigated Agriculture of FSBEI HE “KubSAU named after I. T. Trubilin”, e-mail: luchinsky.r@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, Kalinina St., 13, FSBEI HE “KubSAU named after I. T. Trubilin”.

Nikita Evgenievich Tymchik – Postgraduate Student of FSBEI HE “KubSAU named after I. T. Trubilin”, e-mail: nikita@tymchik.ru), 350044, Krasnodar, Kalinina St., 13, FSBEI HE “KubSAU named after I. T. Trubilin”.

Denis Evgenievich Tymchik – Bachelor of FSBEI HE “KubSAU named after I. T. Trubilin”, e-mail: denis@tymchik.ru), 350044, Krasnodar, Kalinin St., 13, FSBEI HE “KubGAU named after. I.T. Trubilin.”

УДК 634.21:581.132.1:631.671.3

**ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ
ПИГМЕНТОВ
ФОТОСИНТЕЗА В ЛИСТЬЯХ
СОРТОВ АБРИКОСА В ЛЕТНИЙ
ПЕРИОД**

**DYNAMICS OF
PHOTOSYNTHETIC PIGMENT
CONTENT IN THE LEAVES
OF APRICOT CULTIVARS IN
SUMMER**

Корзин В.В., кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом плодовых культур;

Горина В.М., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории южных плодовых и орехоплодных культур;

Корзина Н.В., кандидат биологических наук, заведующая лабораторией морфогенеза и депонирования растений *in vitro* Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Никитский ботанический сад – национальный научный центр РАН».

Korzin V.V., Candidate of Agricultural Science, Head of the Department of Fruit Crops;

Gorina V.M., Doctor of Agricultural Science, Leading Researcher;

Korzina N.V., Head of the Laboratory of Morphogenesis and Deposition of Plants *in Vitro*, Candidate of Biological Science, Researcher, Federal State Funded Institution of Science “The Labor Red Banner Order Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS”

В статье представлена динамика накопления хлорофиллов «a» и «b» у пяти сортов абрикоса, а также каротиноидов, в течение летнего периода за 2024-2025 гг. Проанализировано влияние погодных условий Южного берега Крыма на содержание этих фотосинтетических пигментов. Отмечена связь содержания хлорофилла и каротиноидов с генетическими особенностями. С высоким содержанием хлорофиллов «a» и «b» отобрано три генотипа абрикоса Олис, Казачок и Олимп. По показателю соотношения хлорофиллов к каротиноидам выделены два образца селекции Никитского ботанического сада – Олис и Казачок и один интродуцент – Вардагуйн Вагдаас.

This article presents the dynamics of chlorophyll «a» and «b» accumulation in five apricot cultivars, as well as carotenoids, over the summer period of 2024-2025. The influence of weather conditions on the southern coast of Crimea on the content of photosynthetic pigments is analyzed. A relationship between chlorophyll and carotenoid content and chemical properties is noted. Three apricot genotypes - Olis, Kazachok, and Olimp - have been observed with reduced chlorophyll «a» and «b» content. Two accessions bred at the Nikita Botanical Garden - Olis and Kazachok - were distinguished based on the chlorophyll-to-carotenoid ratio. One introduced cultivar - Vardaguyn Vagdaas - was also selected.

Ключевые слова: абрикос, сорта, фотосинтез, хлорофилл, каротиноиды, засухоустойчивость, климат

Key words: apricot, cultivars, photosynthesis, chlorophyll, carotenoids, drought tolerance, climate

Введение. Количество пигментов фотосинтеза в ассимилирующих органах является одним из показателей потенциальной продуктивности растений [4]. По содержанию хлорофиллов можно оценить потенциальную фотохимическую активность листьев, прогнозировать урожайность, установить необходимость внесения удобрений, физиологическое состояние растений [2]. Так, в опытах проведённых Шестаковой Е.О. с коллективом сотрудников было определено, что внесение минеральных удобрений увеличивает содержание фотосинтетических пигментов в листьях на 14%-38% и урожайность на 9,1%. Корреляционная связь между значениями содержания хлорофилла в растениях и урожайностью составила 0,62-0,72 [10].

У растений хлорофиллы встречаются только в пигмент-белковых комплексах, так как в свободном виде, будучи сильнейшими фотосенсибилизаторами, они могут вызывать разрушение мембран тилакоидов и стромы хлоропласта за счёт фотодинамического эффекта [9]. Хлорофилл «а» - самый распространенный вид хлорофилла, который находится в листьях большинства растений. Он играет ключевую роль в процессе фотосинтеза, поглощая свет спектральных линий, способных активировать реакцию фотосинтеза, и превращая углеродный диоксид и воду в углеводы с помощью энергии солнечного света, и представлен у большей части наземных растений [3]. Хлорофилл «b» служит вспомогательным светособирающим пигментом, улавливая и передавая световую энергию в реакционные центры фотосистем. На его долю приходится примерно 15-25% от общего содержания хлорофиллов [12; 21]. Хлорофилл «b» обладает уникальным физико-химическим свойством поглощением света в коротковолновой области (425-475 нм). Хлорофилл «b» значительно увеличивает светосбор при пониженной освещённости, особенно в условиях взаимного затенения, что важно при уплотнённых схемах посадки плодовых растений [13; 25]. Так же хлорофилл «b» участвует в передаче на хлорофилл «а» примерно 50% поглощённой каротиноидами энергии [17]. При высокой интенсивности светового потока молекулы хлорофиллов участвуют в противоположном светозабору процессе – рассеивании потенциально опасного для растения избытка поглощённой энергии света в виде тепла (нефотохимическое тушение). Для тушения триплетных состояний хлорофилла максимальное значение имеет хлорофилл «b». При недостатке хлорофилла «b» растения могут испытывать сильный окислительный стресс, в первую очередь из-за высокой продукции синглетного кислорода [14]. Недавно открыта функция хлорофилла «b», связанная с регуляцией фаз онтогенеза у растений, например, своевременного цветения и предотвращения преждевременного старения растений [24].

Согласно литературным источникам, соотношение между хлорофилла-

ми может характеризовать потенциальную фотохимическую активность, соотношение хлорофилла «а» к хлорофиллу «b» составляющее 3:1, считается нормальным [4]. Ещё одним важным фотопигментом поглощающим энергию в растениях являются каратиноиды. Каратиноидов в хлоропластах обычно в три раза меньше, чем хлорофиллов (отношение хлорофиллов к каратиноидам равно 4). Отношение хлорофиллов к каратиноидам отражает устойчивость к внешним неблагоприятным факторам, в том числе засухоустойчивость, а также – показатель экологической пластичности растений [11]. Концентрация фотосинтетических пигментов зависит от погодных условий вегетационного периода [8] и является сортоспецифичной для каждой культуры [4;10].

Поэтому целью наших исследований является определение особенностей накопления хлорофилла и каратиноидов в листьях различных сортов абрикоса в связи с погодными условиями, а также изучение соотношений между различными группами пигментов.

Материал и методы исследований. В качестве объектов исследования взяты листья пяти перспективных сортов абрикоса, входящих в генофондовую коллекцию Никитского ботанического сада. Контролем служил районированный и широко возделываемый сорт абрикоса – Крымский Амур. Исследования проводили в 2024-2025 гг. Методические данные предоставлены агрометеостанцией «Никитский сад».

Накопление хлорофиллов и каратиноидов изучали в динамике, образцы отбирали ежемесячно с июня по август ежегодно. При определении содержания пигментов фотосинтеза (хлорофиллов «а», «b» и каратиноидов) использовали навеску из измельчённой листовой пластинки массой 0,5 г ($n=3$), тщательно растирали в фарфоровой ступке с небольшим количеством C_2H_5OH (2-3 мл) с добавлением мела. Затем экстракт фильтровали с использованием вакуумного диафрагменного насоса GM-0.50PIIUltimateVacuum (Китай). Содержание хлорофиллов «а», «b» и каратиноидов в полученном экстракте определяли на спектрофотометре КФК-3КМ по методике В.Ф. Гавриленко с соавт. [1]. Статистическую обработку результатов эксперимента осуществляли с помощью программы MSExcel 2010. Достоверность различий между вариантами рассчитывали по t-критерию Стьюдента при 5% уровне значимости.

Результаты и обсуждение. По данным агрометеостанции «Никитский сад» погодные условия 2024-2025 гг. были неблагоприятными для рассматриваемой плодовой культуры. В весенние месяцы и первую половину лета температура воздуха в 2024 году значительно превышала средне многолетнюю (на $2,0-5,8^{\circ}C$). Во второй половине лета 2024 года отмечали засушливую погоду с положительными температурами, которые превышали средние многолетние на $3,2^{\circ}C - 5,7^{\circ}C$. (рис 1).

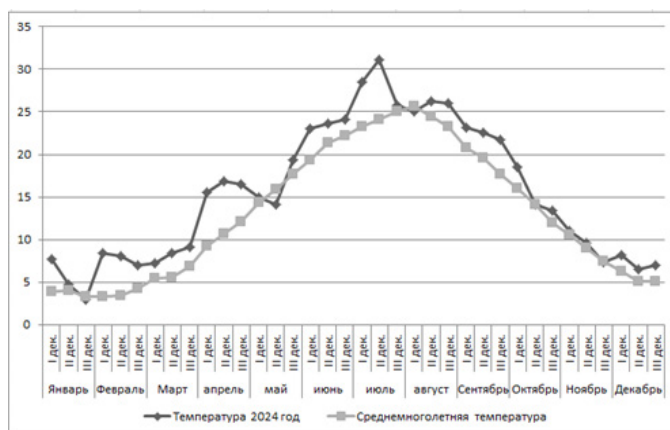


Рисунок 1. Показатели среднедекадной температуры в 2024 году

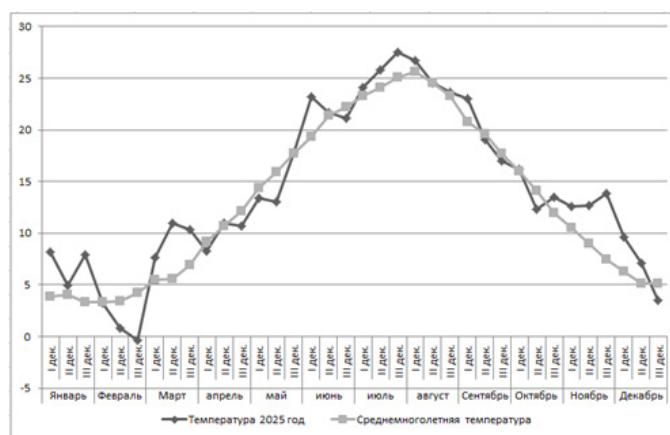


Рисунок 2. Показатели среднедекадной температуры в 2025 году

Общая оводнённость листьев абрикоса составила от 63,1 до 68,5%. Водный дефицит у большинства сортов абрикоса изменялся от 3,5 до 11,5%. у контрольного сорта Крымский Амур он составил 6,7% [5]. В 2025 г. отмечено превышение среднемесячной температуры воздуха в начале весны (на 4,3°C) относительно среднемноголетней. Во второй половине лета 2025 года также отмечали засушливую погоду с положительными температурами, которые превышали средние многолетние на 1,0°C – 3,0°C (рис. 2, 3). Из-за нехватки осадков в июле и августе у многих сортов и форм отмечали осыпание и сморщивание плодов.

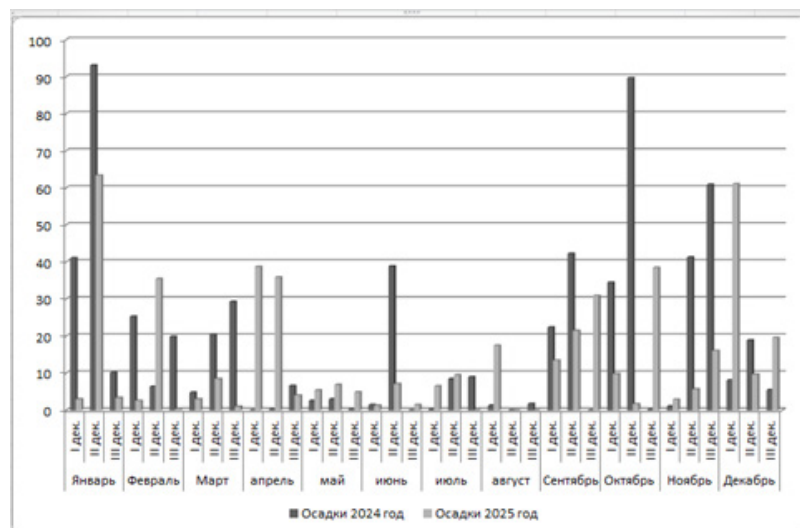


Рисунок 3. Сумма осадков по декадам за 2024-2025 годы

В проведённых опытах изменение общей оводнённости листьев абрикоса у большинства сортов изменялось в пределах от 60,5% до 67,9%. Водный дефицит в 2025 году у сорта Крымский Амур доходил до 15,6% [5].

По результатам изучения содержания хлорофилла «а» в листьях различных сортов абрикоса в 2024 году они были разделены на две группы. К первой группе отнесены сорта Олимп, Олис и Казачок, у которых содержание пигмента превысило 4 мг/г сырого веса. Ко второй группе, с содержанием хлорофилла «а» менее 4 мг/г сырого веса отнесён контрольный сорт Крымский Амур и сорт армянской селекции Вардагуйн Вагдаас. Максимальное накопление пигмента отмечено в период созревания плодов – июль, а его снижение после плодоношения – в августе (рис. 4). Это косвенно подтверждает данные полученные другими исследователями, что содержание пигментов фотосинтеза является одним из основных показателей потенциальной продуктивности растений и непосредственно влияет на урожайность [2; 4].

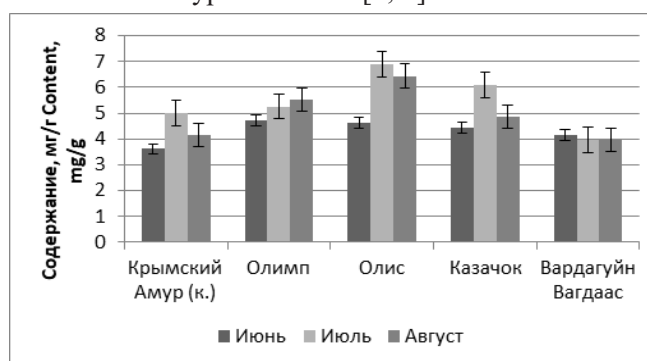


Рисунок 4. Содержание хлорофилла «а» в листьях различных сортов абрикоса в 2024 году

При определении содержания хлорофилла «b» в листьях этих же сортов в 2024 году установлена иная тенденция. Максимальное количество накапливалось в листьях сортов Олисс и Казачок, а минимальное – Вардагуйн Вагдаас. Остальные сорта распределились между ними (рис. 5). Увеличение содержания хлорофилла «b» отмечено в августе. В августе 2024 года сложились наиболее стрессовые условия для растений. Во второй половине лета 2024 года отмечали засушливую погоду с положительными температурами, которые превышали средние многолетние на $3,2^{\circ}\text{C}$ – $5,7^{\circ}\text{C}$. Осадков выпало 3,1 мм вместо положенных 31 мм (рис. 1, 3). Одной из функций хлорофилла «b» является рассеивание потенциально опасного для растений избытка поглощённой энергии при высокой интенсивности светового потока и защита растения от внешних неблагоприятных факторов [9]. Возможно, этим и объясняется значительное увеличение его содержания в листьях изучаемых сортов абрикоса в августе.

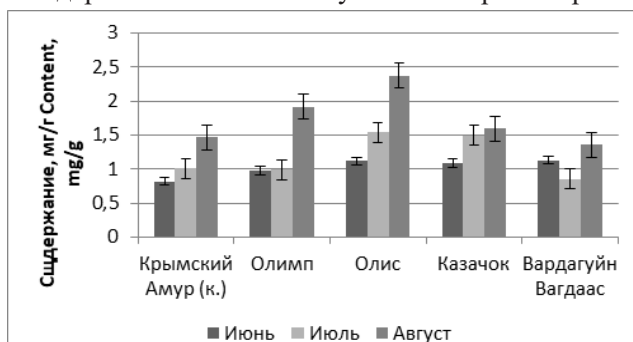


Рисунок 5. Содержание хлорофилла «b» в листьях различных сортов абрикоса в 2024 году

В 2025 году содержание фотосинтетического пигмента «a» в листьях пяти сортов абрикоса несколько отличалось от данных полученных в 2024 году, но общая тенденция его распределения в сортах сохранялась. По первой группе отмечали снижение общего содержания хлорофилла «a» в сортах Олимп, Олисс и увеличение в сорте Казачок. Во второй группе у контрольного сорта содержание изменилось незначительно, а у сорта Вардагуйн Вагдаас снизилось на 1,32-1,46 мг/г (рис. 6).

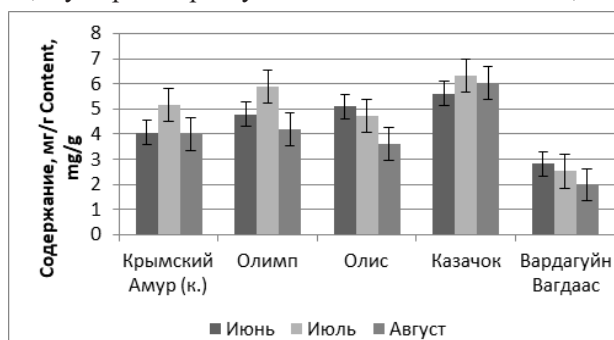


Рисунок 6. Содержание хлорофилла «a» в листьях различных сортов абрикоса в 2025 году

Содержание хлорофилла «b» около 1,5 мг/г отмечено в листьях сортов Олис и Казачок. Минимальное его содержание выявлено у сорта Вардагуйн Вагдаас от 0,5 до 1,09 мг/г. Максимальное накопление хлорофилла «b» отмечено в июле 2025 года (рис. 7). В этот период наблюдали засушливую погоду с положительными температурами, которые превышали средние многолетние на 1,0°C – 3,0°C. Из-за нехватки осадков в июле и августе у многих сортов и форм также осыпались и сморщивались плоды (рис 2, 3). Полученные данные согласуются с результатами работ других исследователей, которые отмечают влияние климатических условий года на содержание пигментов в листьях растений [8; 16].

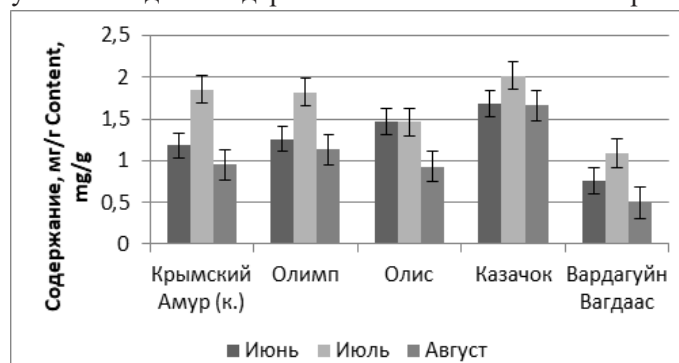


Рисунок 7. Содержание хлорофилла «b» в листьях различных сортов абрикоса в 2025 году

Установлено, что суммарное содержание хлорофиллов «a» и «b» в листьях различных сортов абрикоса зависело от их сортовых особенностей, климатических условий года и находилось в пределах от 2,49 до 8,81 мг/г в пересчёте на сырой вес. Согласно полученным результатам по высокому содержанию хлорофиллов обеих групп отобраны сорта селекции Никитского ботанического сада Олимп, Олис и Казачок (4,55–8,81 мг/г). Минимальная концентрация пигментов выявлена в сорте ирано-кавказского происхождения – Вардагуйн Вагдаас (2,49–5,34). Повышение содержания хлорофилла «b» в листьях может сигнализировать об увеличении состояния стресса растения и усилении влияния на него негативных внешних факторов.

Одним из показателей, характеризующим высокую фотосинтетическую активность листьев плодовых культур, являлся индекс соотношения хлорофилла «a» к хлорофиллу «b» (a/b) [4]. За время исследований в содержании накопления фотосинтетических пигментов проявились сортовые отличия. По результатам анализов 2024–2025 гг. наиболее высокое соотношение a/b выявлено у сорта Олимп, которое сопоставимо с контрольным сортом Крымский Амур. Отмечена тенденция повышения индекса при превышении температуры воздуха своих среднемноголетних показателей. Так в 2024 году в июне и июле индекс соотношения хлорофилла a/b составил от 3,7 до 5,1, а в августе снизился до 2,7–3,0. Эту же тенденцию наблюдали и в 2025 году. В июне и августе, в

период повышения температуры воздуха выше среднегодовых значений индекс возрос до 3,1-4,2, а в июле снизился до 2,3-3,1 (см. табл. 1). С учётом полученных выше данных, согласно которым содержание хлорофилла «b» увеличивалось в августе 2024 года и июле 2025, а индекс соотношения хлорофиллов снижался в эти месяцы, можно предположить, что именно в эти периоды растение испытывало максимальный стресс, хотя соотношение и было нормальным согласно результатам работ других учёных. Принято, что нормальное отношение хлорофилла «a» к хлорофиллу «b» составляет 3:1 [7].

Таблица 1. Индекс соотношения хлорофиллов и сумма каротиноидов в 2024-2025 гг.

№ п/п	Сорт, форма	Индекс хлороф. a/b	Сумма кароти-ноидов мг/г на сырой вес	Индекс хлороф. a/b	Сумма кароти-ноидов мг/г на сырой вес
		04.06.2024		04.06.2025	
1	Крымский Амур (к.)	4,4±0,02	1,69±0,01	3,1±0,3	1,94±0,01
2	Олимп	4,8±0,06	1,12±0,01*	3,5±0,3	2,18±0,01*
3	Олис	4,2±0,04	1,04±0,01*	3,4±0,1	1,73±0,01*
4	Казачок	4,2±0,10	1,32±0*	3,2±0,1	2,38±0*
5	ВардагуйнВагдаас	3,7±0,07*	1,25±0,01*	3,1±0,7	1,19±0,01*
НСР ₀₅		0,5	0,01	0,5	0,01
		03.07.2024		03.07.2025	
1	Крымский Амур (к.)	5,0±0,1	1,65±0,01	2,8±0,06	2,19±0
2	Олимп	5,1±0,2	1,64±0,01	3,2±0,07	2,53±0*
3	Олис	4,5±0,03*	2,31±0*	3,1±0,1	2,09±0,01
4	Казачок	4,1±0,01*	2,05±0*	3,1±0,06	2,77±0,01*
5	Вардагуйн Вагдаас	4,6±0,04*	1,33±0,003	2,3±0	1,16±0*
НСР ₀₅		0,3	0,04	0,5	0,01
		05.08.2024		04.08.2025	
1	Крымский Амур (к.)	2,9±0,1	1,53±0,01	4,2±0	1,98±0,2
2	Олимп	2,8±0,03	1,91±0,01*	3,8±0,04	2,27±0,3
3	Олис	2,7±0,1*	2,28±0,01*	3,8±0,05	1,80±0,3
4	Казачок	3,0±0,01	1,80±0*	3,7±0,03*	2,68±0,1*
5	Вардагуйн Вагдаас	2,9±0,1	1,37±0*	3,9±0,03	1,01±0,2*
НСР ₀₅		0,1	0,04	0,4	0,3

Примечание: * – существенные различия при P = 0,95

Считается, что устойчивые к биотическим факторам сорта менее восприимчивы к изменениям природной среды, и чем больше соотношение хлорофиллов a/b, тем интенсивнее проходит фотосинтез, а также накопление кароти-

ноидов, которые выполняют ряд очень важных функций в организме растений – антиоксидантная способность, защита растений от фотоокислительного стресса, укрепление иммунной системы, устойчивость к болезням, вредителям и абиотическим факторам среды, а также они помогают растению адаптироваться к новому месту произрастания [6, 23].

Анализируя полученные результаты исследования определили, что максимальное количество каратиноидов накапливают листья сортов Олимп (1,12-2,53 мг/г) и Казачок (1,32-2,77 мг/г), минимальное – сорта Вардагуйн Вагдаас (1,01-1,37 мг/г) (табл. 1).

Таким образом, содержание каратиноидов в листьях различных сортов абрикоса является сортоспецифичным признаком. Полученные данные согласуются с исследованиями других специалистов, которые также указывают на межсортные различия в наличии каратиноидов в листьях растений [4]. Согласно результатам работы E. Formaggio, G. Cinque, R. Bassi хлорофилл «b» участвует в передаче примерно 50% поглощённой каратиноидами энергии [17]. Соответственно, можно предположить, что при повышении содержания в листьях каратиноидов должно увеличиваться и количество хлорофилла «b». Это было отмечено в нашем опыте. Коэффициент корреляции между этими признаками составил 0,7.

Соотношение содержания суммы хлорофиллов с каратиноидами является показателем устойчивости к внешним неблагоприятным факторам, в том числе засухоустойчивости, а также экологической пластичности растений. Каратиноидов в хлоропластах обычно в три раза меньше, чем хлорофиллов (отношение хлорофиллов к каратиноидам равно 3) [4, 11].

В 2024 году все исследуемые сорта имели высокую степень устойчивости к неблагоприятным факторам (рис. 8).

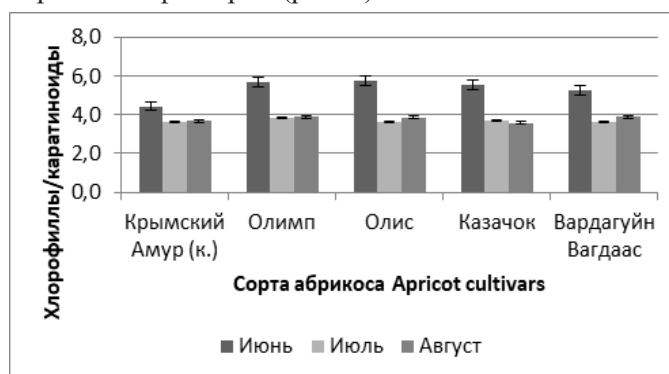


Рисунок 8. Отношение содержания хлорофиллов к каратиноидам в листьях сортов абрикоса в 2024 году

В 2025 году соотношение содержания суммы хлорофиллов с каратиноидами было ниже у всех включённых в опыт сортов (рис. 9), так как температурные показатели летнего периода этого года были ниже, чем в 2024 году. В июне и июле отмечено максимальное их накопление. С уровнем оптимального

соотношения отобраны сорта Олис, Казачок и Вардагуйн Вагдаас. В августе у всех исследуемых растений соотношение было ниже оптимального. По этому показателю отобрано три сорта. Два из них селекции Никитского ботанического сада: Олис и Казачок, один интродуцент – Вардагуйн Вагдаас.

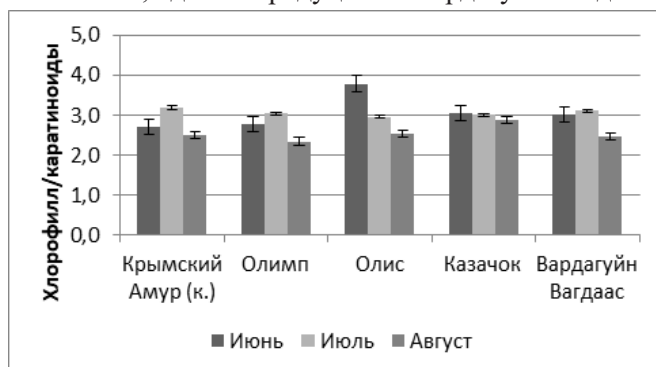


Рисунок 9. Отношение содержания хлорофиллов к каротиноидам в листьях сортов абрикоса в 2025 году.

С целью определения влияния субстрата на содержание фотосинтетических пигментов в листьях абрикоса в 2025 году был заложен опыт *in vitro* в оптимальных для растений контролируемых условиях температуры и влажности (фитокапсула с $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 16-часовым фотопериодом, интенсивностью освещения $37,5 \text{ мкМ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ и холодным белым светом люминесцентных ламп). Было подобрано пять питательных сред различного состава, наиболее часто используемых для плодовых и орехоплодных культур: MS [20], DKW [15], B5 [18], SMM [22] и WPM [19], содержащих $0,5 \text{ мг/л}$ 6-БАП (6-бензиламинопурин). В качестве объекта исследования служили культивируемые в стерильных условиях микропобеги гибридной формы абрикоса, полученной в результате скрещивания сортов селекции НБС.

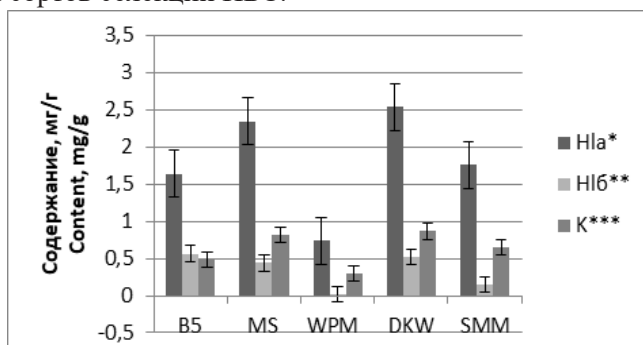


Рисунок 10 Содержание фотосинтетических пигментов в листьях абрикоса на различных питательных средах

Примечание: Са* – хлорофилл а, Сб** – хлорофилл б, Ск*** – каротиноиды

В результате проведённого опыта было установлено, что содержание пигментов в контролируемых условиях было в два раза ниже, чем в открытом грунте. Состав питательной среды, также оказал значительное влияние. Так на средах В5 и WPM соотношение хлорофилла «а» к «b» было 3:1, а на средах MS, DKM и SMM оно было значительно выше (рис. 10). Содержание каратиноидов в зависимости от состава питательной среды изменялось в пределах 0,30-0,87 мг/г сырого веса листа. Таким образом, состав питательной среды оказывает значительное влияние на накопление хлорофиллов и каратиноидов в листьях культуры. Полученные результаты согласуются с данными других исследователей, которые также нашли зависимость между содержанием фотосинтетических пигментов и субстратом на котором произрастают растения [10].

Выводы. 1. В результате проведённого анализа качественного и количественного состава содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каратиноидов) в листьях каждого из пяти сортов абрикоса установлена их сортоспецифичность.

2. На основании проведённого эксперимента в динамике отмечено влияние метеоусловий года и субстрата на накопление хлорофиллов «а» и «b», а также каратиноидов. Установлено, что суммарное содержание хлорофиллов «а» и «b» в листьях растений абрикоса в зависимости от сорта и климатических условий года находится в пределах 5,53-8,81 мг/г в пересчёте на сырой вес. С высоким содержанием суммы хлорофиллов отобраны сорта селекции Никитского ботанического сада Олимп, Олис и Казачок.

Выявили, что максимальное количество каратиноидов накапливают листья сортов Олимп (1,12-2,53 мг/г) и Казачок (1,32-2,77 мг/г), минимальное – Вардагуйн Вагдаас (1,01-1,37 мг/г). При повышении содержания в листьях каратиноидов увеличивается и количество хлорофилла «b». Коэффициент корреляции между этими признаками составил 0,7. Повышение содержания хлорофилла «b» в листьях может сигнализировать об увеличении состояния стресса растения и усилении влияния на него негативных внешних факторов.

3. Изучено соотношение между различными группами пигментов. По отношению хлорофилла «а» к хлорофиллу «b» высокой потенциальной фотохимической активностью обладают все включённые в опыт сорта, максимальной – Олимп.

4. Соотношение содержания хлорофиллов с каратиноидами у абрикоса является показателем устойчивости к высоким температурам в летний период. По этому показателю отобраны два сорта селекции Никитского ботанического сада Олис и Казачок, и один армянской селекции – Вардагуйн Вагдаас.

5. По комплексу изученных показателей выделен сорт Казачок, который можно отнести к наиболее устойчивым к воздействию негативных абиотических факторов среды.

Благодарности: исследование выполнено в рамках государственных заданий FNNS-2025-0005 и FNNS-2025-0003 ФГБУН «НБС-НИЦ РАН».

Исследования выполнены на оборудовании ЦКП «Физиолого-биохимические исследования растительных объектов» (ФБИ РО) ФГБУН "НБС-ННЦ" (Ялта, Россия); Уникальной научной установки «ФИТОБИОГЕН» (Ялта, Россия).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Список использованных источников:

1. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. Учебное пособие. – М.: «Высш. школа», 1975. – 392 с.
2. Даштоян Ю.В. Состав и содержание пигментов фотосинтеза в пластинке листьев пшеницы // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. – 2012. – №10. – С. 224-233.
3. Дымова О.В., Головки Т.К. Фотосинтетические пигменты в растениях природной флоры таёжной зоны европейского северо-востока России // Физиология растений. – 2019. – Т. 66, №3. – С. 198-206.
4. Калинина А.В., Лящёва С.В. Состав и содержание пигментов фотосинтеза в листьях проростков озимой мягкой пшеницы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т.20, №2 (2). – С. 286-290.
5. Корзин В.В., Горина В.М., Саплев Н.М. Отбор сортов абрикоса как источников засухоустойчивости для селекционной работы // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2025. – №3(176). – С. 62-71.
6. Кунина В.А., Белоус О.Г. Состав фотосинтетических пигментов листьев древесных растений в условиях городской среды // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Том. 6

References:

1. Gavrilenko V.F., Ladygina M.E., Khandobina L.M. A comprehensive practical guide to plant physiology. Photosynthesis. Respiration. A tutorial.. – M.: «Higher School», 1975. – 392 p.
2. Dashtoyan Y.V. Composition and content of photosynthetic pigments in the leaf blade of wheat // Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University, 2012. – №10. – P. 224-233.
3. Dimova O.V., Golovko T.K. Photosynthetic pigments in native plants of the taiga zone at the European Northeast Russia // Russian Journal of Plant Physiology, 2019. – Vol. 66, №3. – P. 198-206.
4. Kalinina A.V., Lyashcheva S.V. Structure and the maintenance of pigments of photosynthesis in leaves of sprouts of winter soft wheat // News of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences, 2018. – Vol.20, №2 (2). – P. 286-290.
5. Korzin V.V., Gorina V.M., Saplev N.M., Marchuk N.Y. Selection of apricot cultivars as sources of drought resistance for breeding // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation, 2025. – No3 (176). – P. 64-73.
6. Kunina V.A., Belous O.G. State of photosynthetic pigments leaves of woody plants in an urban environment // Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry, 2020. – Vol. 6 (72). – № 2. – P. 108-118.
7. Lebedeva T.S., Sytnik K.M. Pigments

(72). – № 2. – С. 108-118.

7. Лебедева Т.С., Сытник К.М. Пигменты растительного мира. – К., 1986. – 83 с.

8. Плугатарь Ю.В., Палий И.Н., Титов В.В., Губанова Т.Б. Динамика содержания хлорофилла и фотосинтетической активности у видов *Quercus* L. в условиях в связи с жаро- и засухоустойчивостью // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2025. – №2(175). – С. 7-18.

9. Тютерева Е. В., Дмитриева В. А., Войцеховская О. В. Хлорофилл b как источник сигналов, регулирующих развитие и продуктивность растений // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Том 52, №5. – С. 843-855.

10. Шестакова Е.О., Ероненко Ф.В., Сторчак И.Г., Оганян Л.Р. и Черновой И.В. Влияние различных элементов технологии возделывания на содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы и её урожайность // Аграрный вестник Урала. – 2020. – №05 (196). – С. 27-37.

11. Якушкина Н.И. Физиология растений: Учебное пособие для студентов. – М.: Просвещение, 1980. – 303 с.

12. Beale S.I. Enzymes of chlorophyll biosynthesis // Photosynthesis Research. – 1999. – 60. – P. 43-73.

13. Croce R., Muller M.G., Bassi R., Holzwarth A.R. Carotenoid-to-chlorophyll energy transfer in recombinant major light-harvesting complex (LHCII) of higher plants. I. Femtosecond transient absorption measurements // Biophysiological Journal. – 2001. – 80. – P. 901-915.

14. Dall'osto L., Cazzaniga S., Havaux M., Bassi R. Enhanced

of the plant world. – K., 1986. – 83 p.

8. PlugatarYu.V., Paliy I.N., Titov V.V., Gubanova T.B. Dynamics of chlorophyll content and photosynthetic activity in *Quercus* L. species under conditions related to heat and drought resistance // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation, 2025. – No 2 (175). – P. 7-18.

9. Tyutereva E.V., Dmitrieva V.A., Voitsekhovskaja O.V. Chlorophyll b as a source of signals steering plant development // Agricultural Biology, 2017. – Vol. 52, №5. – P. 843-855.

10. Shestakova E.O., Eroshenko F.V., Storchak I.G., Oganyan L.R., Chernoval V. Influence of various elements of cultivation technology on the chlorophyll content in winter wheat plants and its yield // Agrarian Bulletin of the Urals, 2020. – №05 (196). – P. 27-37.

11. Yakushkina N.I. Plant Physiology: A textbook for students. – M.: Edukation, 1980. – 303 p.

12. Beale S.I. Enzymes of chlorophyll biosynthesis // Photosynthesis Research. – 1999. – 60. – P. 43-73.

13. Croce R., Muller M.G., Bassi R., Holzwarth A.R. Carotenoid-to-chlorophyll energy transfer in recombinant major light-harvesting complex (LHCII) of higher plants. I. Femtosecond transient absorption measurements // Biophysiological Journal. – 2001. – 80. – P. 901-915.

14. Dall'osto L., Cazzaniga S., Havaux M., Bassi R. Enhanced photoprotection by protein-bound vs free xanthophyll pools: a comparative analysis of chlorophyll b and xanthophyll biosynthesis mutants // Molecular Plant. – 2010. – 3. – P. 576-593.

photoprotection by protein-bound vs free xanthophyll pools: a comparative analysis of chlorophyll b and xanthophyll biosynthesis mutants // *Molecular Plant*. – 2010. – 3. – P. 576-593.

15. Driver J.A., Kuniyuki A.H. In vitro propagation of Paradox walnut rootstock // *HortScience*, 1984. – 19. Vol. 4. – P. 507-509.

16.Dymova O., Golovko T. Plant pigments: Biological, ecological, and evolutionary aspects (an overview) // *Journal of General Biology*. – 2025. – V. 86. – Issue number 5 C. 361-380.

17.Formaggio E., Cinque G., Bassi R. Functional architecture of the major light-harvesting complex from higher plants // *Journal of Molecular Biology*. – 2001. – 314. – P. 1157-1166.

18. Gamborg O.L., Eveleigh D.E. Culture methods and detection of glucanases in suspension cultures of wheat and barley // *Can. J. Biochem*, 1968. – Vol. 46. № 5. – P. 417-421.

19. Lloyd G., McCown B. Commercially feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture // *Proceedings of the International Plant Propagators' Society*, 1980. – Vol. 30. – P. 421-427.

20. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures // *Physiological Planting*, 1962. – Vol. 15. №3. –P. 473-497.

21.Nakagawara E., Sakuraba Y., Yamasato A., Tanaka R., Tanaka A. Clp protease controls chlorophyll b synthesis by regulating the level of chlorophyllide a oxygenase // *Plant Jurnal*. – 2007. – 49. – P. 800-809.

22. Petri C., Albuquerque N.,

15. Driver J.A., Kuniyuki A.H. In vitro propagation of Paradox walnut rootstock // *HortScience*, 1984. – 19. Vol. 4. – P. 507-509.

16.Dymova O., Golovko T. Plant pigments: Biological, ecological, and evolutionary aspects (an overview) // *Journal of General Biology*. – 2025. – V. 86. – Issue number 5 C. 361-380.

17.Formaggio E., Cinque G., Bassi R. Functional architecture of the major light-harvesting complex from higher plants // *Journal of Molecular Biology*. – 2001. – 314. – P. 1157-1166.

18. Gamborg O.L., Eveleigh D.E. Culture methods and detection of glucanases in suspension cultures of wheat and barley // *Can. J. Biochem*, 1968. – Vol. 46. № 5. – P. 417-421.

19. Lloyd G., McCown B. Commercially feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture // *Proceedings of the International Plant Propagators' Society*, 1980. – Vol. 30. – P. 421-427.

20. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures // *Physiological Planting*, 1962. – Vol. 15. №3. –P. 473-497.

21.Nakagawara E., Sakuraba Y., Yamasato A., Tanaka R., Tanaka A. Clp protease controls chlorophyll b synthesis by regulating the level of chlorophyllide a oxygenase // *Plant Jurnal*. – 2007. – 49. – P. 800-809.

22. Petri C., Albuquerque N., Burgos L. Apricot (*Prunus armeniaca* L.). In *Agrobacterium Protocols: Methods in Molecular Biology*. K. Wang (Ed.). New York: Springer, 2014. –P. 111-119.

23.SairaBanu, Prem P. Yadav

Burgos L. Apricot (*Prunus armeniaca* L.). In *Agrobacterium Protocols: Methods in Molecular Biology*. K. Wang (Ed.). New York: Springer, 2014. – P. 111-119.

23. Saira Banu, Prem P. Yadav Chlorophyll: the ubiquitous photocatalyst of nature and its potential as an organophotocatalyst in organic syntheses // *Organic & Biomolecular Chemistry*. – 2022. – Nov 16; 20(44). – P. 8584-8598.

24. Simpson G.G., Dean C. Arabidopsis, the rosetta stone of flowering time? // *Science*. – 2002. – 296. – 285-289.

25. Walla P.J., Yom J., Krueger B.P., Fleming G.R. Two-photon excitation spectrum of light-harvesting complex II and fluorescence upconversion after one- and two-photon excitation of the carotenoids // *The Journal of Physical Chemistry B*. – 2000. – 104. – p. 4799-4806.

Chlorophyll: the ubiquitous photocatalyst of nature and its potential as an organophotocatalyst in organic syntheses // *Organic & Biomolecular Chemistry*. – 2022. – Nov 16; 20(44). – P. 8584-8598.

24. Simpson G.G., Dean C. Arabidopsis, the rosetta stone of flowering time? // *Science*. – 2002. – 296. – 285-289.

25. Walla P.J., Yom J., Krueger B.P., Fleming G.R. Two-photon excitation spectrum of light-harvesting complex II and fluorescence upconversion after one- and two-photon excitation of the carotenoids // *The Journal of Physical Chemistry B*. – 2000. – 104. – p. 4799-4806.

Сведения об авторах:

Корзин Вадим Валерьевич, заведующий отделом плодовых культур ФГБУН "НБС-ННЦ", кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории южных плодовых и орехоплодных культур, ФГБУН Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, e-mail: 298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, ул. Никитский спуск, 52;

Горина Валентина Милентьевна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории южных плодовых и орехоплодных культур, ФГБУН Никитский ботанический сад – Национальный на-

Information about the authors:

Korzin Vadim Valerievich, Head of the Department of Fruit Crops, Candidate of Agricultural Science, Researcher, Federal State Funded Institution of Science "The Labor Red Banner Order Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS", e-mail: korzinv@rambler.ru., 298648, Republic of Crimea, Yalta, Nikita urban-type settlement, Nikitsky descent street, 52;

Gorina Valentina Milentievna, Doctor of Agricultural Sciences, leading Scientist, Federal State Funded Institution of Science "The Labor Red Banner Order Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS", e-mail: valgorina@yandex.ru, 298648, Republic

учный центр РАН, e-mail: valgorina@yandex.ru, 298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, ул. Никитский-спуск, 52;

Корзина Наталья Васильевна, заведующая лабораторией морфогенеза и депонирования растений invitro ФГБУН "НБС-ННЦ", кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, e-mail: natali.korz@yandex.ru, 298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, ул. Никитский-спуск, 52.

of Crimea, Yalta, Nikita urban-type settlement, Nikitsky descent street, 52;

Korzina Natalia Vasilievna, Head of the Laboratory of Morphogenesis and Deposition of Plants in Vitro, Candidate of Biological Science, Researcher, Federal State Funded Institution of Science "The Labor Red Banner Order Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS", e-mail: korzinv@rambler.ru., 298648, Republic of Crimea, Yalta, Nikita urban-type settlement, Nikitsky descent street, 52.

УДК 633.34:631.51:631.8:631.67(477.7)

**УРОЖАЙНОСТЬ СОИ В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ
СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И
УДОБРЕНИЙ В ОРОШАЕМОМ
СЕВООБОРОТЕ В УСЛОВИЯХ
СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ**

**SOYBEAN YIELD
DEPENDING ON THE SYSTEM OF
PRIMARY SOIL CULTIVATION
AND FERTILIZERS IN
IRRIGATED CROP ROTATION IN
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, «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"

В статье установлены закономерности формирования урожайности сои в зависимости от влияния обработки почвы и удобрений при выращивании в орошаемых условиях Северного Причерноморья. Многолетними полевыми исследованиями установлено, что за две ротации севооборота урожайность сои в значительной степени зависела от применения системы обработки почвы. Так, при первой ротации (2011-2015 гг.) при разнотравной безотвальной

The article establishes patterns of soybean yield formation depending on the influence of tillage and fertilizers when grown in irrigated conditions of the Northern Black Sea region. Long-term field studies have established that over two crop rotations, soybean yield significantly depended on the use of the tillage system. Thus, during the first rotation (2011-2015), with variable-depth no-till tillage, a slight increase in yield of 1.2 c/ha was recorded (with LSD₀₅ - 1.4 c/ha) compared to the control. At the same time, the use

почвенной обработке зафиксировано незначительное увеличение урожайности на 1,2 ц/га (при НСР₀₅ – 1,4 ц/га) по сравнению с контролем. В то же время применение мелкой безотвальной обработки почвы на глубину 12-14 см увеличило урожайность сои по сравнению с контролем на 4,5%, а наименьшая продуктивность культуры (32,2-35,8 ц/га) сформировалась на варианте, где проводили сев в предварительно необработанную почву. Прирост урожайности при увеличении дозы азотных удобрений с N₉₀ до N₁₀₅ на 1 га севооборотной площади, в среднем по фактору, составил 3,1 ц/га. Дальнейшее увеличение дозы внесения азотно-фосфорных удобрений до N₁₂₀P₄₀ не обеспечили прибавки урожая и является не целесообразной. Анализ показателей урожайности сои за вторую ротацию севооборота (2016-2019 гг.), показал, что применение разноглубинной безотвальной обработки почвы в орошаемом севообороте сформировало практически одинаковый уровень урожайности сои по сравнению с контролем. Использование системы безотвальной мелкой дисковой обработки обеспечило получение максимальной урожайности сои, которая, в среднем по фактору, составила 37,0 ц/га, что было больше контроля на 1,7 ц/га. Наименьший уровень урожайности был сформирован при нулевой обработке почвы, где они были меньше, в среднем, на 10,2%. Увеличение дозы удобрений до N₁₀₅P₄₀ + сидерат привело к увеличению урожайности на 3,2 ц/га или на 9,1%. Однако дальнейшее увеличение дозы азотных удобрений, в среднем по се-

of shallow no-till tillage to a depth of 12-14 cm increased soybean yield by 4.5% compared to the control, and the lowest crop productivity (32.2-35.8 c/ha) was formed in the variant where sowing was carried out in previously untreated soil. The yield increase with an increase in the nitrogen fertilizer rate from N₉₀ to N₁₀₅ per 1 ha of crop rotation area, on average by factor, amounted to 3.1 c/ha. A further increase in the nitrogen-phosphorus fertilizer rate to N₁₂₀P₄₀ did not provide a yield increase and is not advisable. Analysis of soybean yield indicators for the second crop rotation (2016-2019) showed that the use of variable-depth no-till tillage in an irrigated crop rotation resulted in virtually the same soybean yield level compared to the control. The use of a no-till shallow disc tillage system ensured the maximum soybean yield, which, on average by factor, amounted to 37.0 c/ha, which was 1.7 c/ha higher than the control. The lowest yield level was formed with no-tillage, where they were lower, on average, by 10.2%. Increasing the fertilizer dose to N₁₀₅P₄₀ + green manure resulted in a yield increase of 3.2 c/ha, or 9.1%. However, a further increase in the nitrogen fertilizer dose, on average across the crop rotation, was not accompanied by an increase in soybean plant productivity. The use of green manure increased the yield against a background of mineral nutrition, on average, by 5.1 c/ha or 16.4%. The maximum share in the formation of soybean yield is contributed by the background of mineral nutrition of the crop (50.2%), as well as the primary tillage system (44.1%), with their insignificant interaction at the level of 4.3%.

вообороте, не сопровождалось ростом продуктивности растений сои. Применение сидерации увеличивало урожайность на одном фоне минерального питания, в среднем на 5,1 ц/га или на 16,4%. Максимальное доле участие в формировании урожайности сои имеет фон минерального питания культуры (50,2%), а также система основной обработки почвы (44,1%) при их несущественном взаимодействии на уровне 4,3%.

Ключевые слова: орошение, севооборот, обработка почвы, минеральные удобрения, соя, урожайность.

Key words: irrigation, crop rotation, soil cultivation, mineral fertilizers, soybeans, crop yield.

Введение. Климатические изменения, последствия которых с нарастающей интенсивностью проявляются в разных почвенно-климатических зонах, а особенно в районах с недостаточным и неустойчивым естественным увлажнением, обуславливают необходимость расширения площадей орошения. Однако кроме тенденций изменения по многим причинам также нарастают проблемы дефицита пресной воды, что требует пересмотра подходов по планированию и оперативному управлению режимами орошения. В ближайшие десятилетия прогнозируется увеличение водопотребления на фоне снижения запасов пресной воды, что связано с ростом населения, технологическим и экономическим развитием и быстрым увеличением потребления многих видов ресурсов, усиления процессов деградации земель, опустынивания, нарушения циклов и равномерности выпадения атмосферных осадков. Поскольку орошение является крупнейшим потребителем пресной воды, научные и технологические решения для повышения окупаемости поливной воды изменения этой тенденции должны быть сосредоточены на орошаемом земледелии [1, 2, 3, 4, 5]. Варианты экономии воды, как правило, сосредоточены на орошении, в частности, на усовершенствовании способов поливов (такие как капельное орошение, спринклерное дождевание, аэрозольное искусственное увлажнение и др.), однако недостаточно комплексное применение агроприемов на водный режим с.-х. культур [6, 7, 8, 9].

В современных условиях в агросфере и других отраслях экономики необходимо создавать производственные системы, которые обеспечивают оптимальное управление, развитие и конкурентоспособность предприятий при высоком уровне научного обоснования и обеспеченности кадрами. Главным аспектом в определении продуктивности агропроизводственных систем являются технологии выращивания, которые должны обеспечить высокий и эконо-

мически целесообразный уровень урожайности с.-х. культур, поэтому многие исследования посвящены вопросу влияния различных способов основного возделывания почвы и удобрения на продуктивность растений в условиях орошаемого севооборота. Однако обеспечить высокие показатели эффективности сельскохозяйственной отрасли без потери качества продукции в зоне недостаточного увлажнения возможно только при орошении и научно-обоснованных технологий выращивания с.-х. культур, в том числе важнейших элементах – обработки почвы и удобрений [9, 10, 11, 12, 13].

Научный и практический опыт свидетельствует, что по потенциалу продуктивности с.-х. культуры орошаемых и неполивных севооборотов существенно отличаются. Например, в условиях орошения важно включение в состав севооборотов кукурузы, которая по урожайности зерна и зеленой массы является энергетически ценной культурой и фактически не имеет себе равных в повышении продуктивности севооборота и насыщения почвы органическими веществами. Однако агротехнические мероприятия в условиях изменения климата, глобального потепления и нарушения равномерности выпадения осадков в недостаточной степени способствуют реализации генетического потенциала растений, что отражается на ухудшении агрохимического состояния почв и уменьшении продуктивности полевых культур [14, 15, 16, 17]. Важными приёмами влияния на уровень продуктивности севооборотов являются не только применение орошения, но и использование научно-обоснованных систем основного возделывания почвы и нормирование доз и норм внесения минеральных и органических удобрений с оценкой запасов макро-, мезо- и микроэлементов в почве, величины программируемого урожая, экономической эффективности и окупаемости затрат агресурсов на единицу полученной продукции каждой культуры севооборота [18, 19, 20, 21].

Интенсивные технологии возделывания с.-х. культур имеют негативное влияние на экосистемы, которое проявляется в снижении плодородия, уничтожении микроорганизмов в почве, эрозии, вторичном осолонцевании поливных земель и др. Поэтому необходимо на уровне севооборотов активно внедрять в производство альтернативные технологии, базирующиеся на элементах биологизации, минимизации и дифференциации обработки почвы, снижение доз внесения минеральных удобрений с их заменой на органические, а также включение в севообороты бобовых культур, которые в симбиозе с клубеньковыми бактериями обеспечивают накопление биологического азота для следующих культур в севообороте, что имеет важнейшее экологическое и экономическое значение [22, 23, 24, 25, 26].

Экологическое значение обработки почвы и нормирования внесения минеральных удобрений с моделированием эффективности использования агресурсов на уровне севооборота является одним из главных направлений обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли. Комплексный подход, основанный на научном понимании закономерностей продукционно-

го процесса и взаимодействия агроценозов с окружающей средой, позволяет минимизировать негативное воздействие на экосистемы и повысить их продуктивность. Традиционная глубокая вспашка может приводить к нарушению агрегатного состава почвы, разрушению почвенных пор и увеличению риска водной и ветровой эрозии. Наоборот, применение расчетных норм органических и минеральных удобрений, минимальной обработки почвы, сидератов, мульчирования, обязательного включения в севообороты бобовых культур – способствует накоплению и сохранению органического вещества, что обеспечивает сохранение плодородия почвы, предотвращает деградацию земель, снижение поступления взвешенных частиц и загрязняющих веществ в водоемы. Избыточное внесение азотных удобрений приводит к их вымыванию и смыву в поверхностные и грунтовые воды. Это вызывает нарушение биологического баланса в водоёмах и приводит к быстрому росту водорослей, что снижает содержание в воде кислорода и вызывает гибель рыбы. Неправильное и чрезмерное внесение синтетических минеральных удобрений может нарушить естественный баланс макро-, мезо- и микроэлементов в почве, привести к их блокировке или токсичности для с.-х. культур. Севооборот, включающий бобовые культуры (естественные азотфиксаторы), и точное нормирование позволяют поддерживать оптимальное соотношение питательных веществ, обеспечивающее быстрое развитие и формирование урожая, а также экономическую целесообразность и экологическую безопасность на уровне каждого поля, севооборота и хозяйства в целом [27, 28, 29, 30, 31].

Материал и методы исследований. Целью исследований было изучить влияния разных систем основной обработки почвы, азотно-фосфорных и сидеральных удобрений на урожайность сои при выращивании в орошаемом севообороте в условиях Северного Причерноморья.

Многолетние полевые опыты были проведены на территории опытного хозяйства «Асканийское» Института орошаемого земледелия на протяжении 2009-2019 гг.

В полевых опытах, заложенных по методу расщепленных делянок, изучали четыре системы основной обработки почвы в короткоротационном севообороте, в котором выращивали кукурузу, озимый ячмень, сою и озимую пшеницу. В данной статье приведены результаты полевых опытов с соей.

За контроль была принята общепризнанная для орошаемых земель Северного Причерноморья система дифференцированной основной обработки почвы, где в течение ротации севооборота чередуются глубокие, мелкие и поверхностные способы с оборотом и без оборота пласта. Во втором варианте применялась мелкая одноглубинная безотвальная система основной обработки почвы. В третьем варианте изучалась разноглубинная чизельная обработка почвы с глубиной рыхления от 23-25 до 28-30 см. В четвёртом варианте применяли нулевую обработку – посев в предварительно не обработанную почву. Площадь посевных делянок – 860-920 м², учётных – 38-50 м². При планировании и реализации полевых опытов использовали методику опытного дела в агрономии [32].

Результаты и их обсуждение. Минимальная обработка почвы, по данным многих исследований отечественных ученых [7, 12, 15, 19, 21], способствует после лучших предшественников в севообороте получению практически такой же урожайности, как и при традиционной системе обработки почвы (вспашки с оборотом пласта). Однако, наблюдается существенное повышение урожайности, особенно зерновых культур, на вариантах с применением безотвальной и минимизированной систем основной обработки почвы. В полевых опытах с соей в зависимости от метеорологических условий в разные годы исследований, отмечалась урожайность сои и влияние различных систем основной обработки почвы и удобрения на показатели продуктивности культуры. Так, максимальный уровень средней урожайности в опыте отмечался в 2011 г. – 39,3 ц/га; в 2012 г. – 38,1; 2014 г. – 44,8 ц/га (таблица 1).

Таблица 1. Урожайность сои в зависимости от основной обработки почвы и удобрения в годы проведения исследований, ц/га

Система основной обработки почвы (фактор А)	Система удобрения (фактор В)	Год исследования						
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Дифференцированная 28-30 см (вспашка)	N ₃₀ P ₄₀	29,4	34,7	37,9	37,0	35,0	43,2	34,8
	N ₆₀ P ₄₀	30,9	36,4	39,1	38,1	37,0	45,3	39,8
	N ₉₀ P ₄₀	32,4	36,5	40,2	39,0	38,0	47,0	38,2
Мелкая одноглубинная 12-14 см (дискование)	N ₃₀ P ₄₀	28,9	36,2	39,9	38,9	35,0	46,0	34,0
	N ₆₀ P ₄₀	31,2	41,2	42,4	41,2	41,0	47,3	44,2
	N ₉₀ P ₄₀	32,5	38,9	42,5	41,5	37,9	47,5	37,7
Безотвальная разноглубинная 28-30 см (чизелевание)	N ₃₀ P ₄₀	30,1	39,4	37,9	36,0	33,9	42,5	33,2
	N ₆₀ P ₄₀	33,5	41,2	42,5	41,2	40,1	46,0	39,1
	N ₉₀ P ₄₀	35,0	41,3	41,4	39,6	37,3	46,7	38,0
Нулевая обработка	N ₃₀ P ₄₀	27,0	30,9	34,3	32,8	31,0	40,0	29,5
	N ₆₀ P ₄₀	28,4	32,5	36,0	35,0	33,8	42,2	33,2
	N ₉₀ P ₄₀	30,3	35,0	38,0	37,0	34,5	44,4	31,4
Средняя урожайность по годам		30,8	37,0	39,3	38,1	36,2	44,8	36,1
В среднем по фактору А	Дифференцированная	30,9	35,9	39,1	38,0	36,7	45,2	37,6
	Мелкая одноглубинная	30,9	38,8	41,6	40,5	38,0	46,9	38,6
	Безотвальная разноглубинная	32,9	40,6	40,6	38,9	37,1	45,1	36,8
	Нулевая	28,6	32,8	36,1	34,9	33,1	42,2	31,4
Урожайность в среднем по фактору В	N ₃₀ P ₄₀	28,9	35,3	37,5	36,2	33,7	42,9	32,9
	N ₆₀ P ₄₀	31,0	37,8	40,0	38,9	38,0	45,2	39,1
	N ₉₀ P ₄₀	32,6	37,9	40,5	39,3	36,9	46,4	36,3
НСР ₀₅	А	1,0	1,2	11,3	1,3	1,2	1,5	1,3
	В	2,1	2,2	2,3	2,6	2,4	2,8	2,8

Следует отметить, что в условиях среднего 2009 г. максимальный уровень урожайности был получен при чизельной обработке на глубину 28-30 см в системе разноглубинной безотвальной обработки, где в зависимости от вариантов удобрения уровень продуктивности колебался в пределах 30,1-35,0 ц/га. При дисковой обработке и вспашки получен одинаковый уровень урожайности. Наименьшая продуктивность в опыте была получена на варианте с прямым севом (при нулевой обработке почвы) – 27,0-30,3 ц/га, что меньше контроля на 8,2%. Относительно влияния системы удобрения можно отметить, что наибольший уровень урожайности зерна сои, который в зависимости от систем основной обработки колебался в пределах 30,3-35,0 ц/га, наблюдался на варианте с внесением удобрений в дозе $N_{90}P_{40}$. Снижение уровня азотного питания до N_{60} на фоне применения P_{40} привело к уменьшению урожайности, в среднем, на 5,0%. Дальнейшее снижение дозы удобрений до $N_{30}P_{40}$ также снизило её до 27,0-30,1 ц/га или, в среднем по фактору, на 7,5%.

В 2010 г. отмеченные выше закономерности и тенденции сохранялись. Максимальный уровень урожайности был получен при разноглубинной безотвальной основной обработке почвы – 39,4-41,3 ц/га, что было выше на 13,3% по сравнению с контролем. Снижение продуктивности зафиксировано на вариантах с дисковой и нулевой обработкой почвы. Также было установлено неоднородное влияние системы удобрения на показатели продуктивности сои. Так, по данным 2010 г. получен одинаковый уровень урожайности на вариантах с внесением удобрений дозами $N_{60}P_{40}$ и $N_{90}P_{40}$. На варианте с внесением $N_{30}P_{40}$ сформировалась наименьшая урожайности в опыте, которая в зависимости от систем основной обработки почвы колебалась в диапазоне от 30,9 до 39,4 ц/га.

В 2011 г. проведение исследований показало, что максимальный уровень продуктивности сои, в среднем по фактору А, достигнут при применении чизельной обработки почвы на глубину на 28-30 см – 40,6 ц/га и дисковой мелкой обработке почвы на глубину 12-14 см – 41,6 ц/га, что больше на 3,9%, чем на контроле. Наименьшая урожайность (36,6 ц/га) получена на варианте с прямым посевом в предварительно не обработанную почву (нулевая обработка почвы), что меньше, в среднем по фактору, на 8,2% по сравнению с контрольным вариантом. В то же время, получена практически одинаковая урожайность сформировалась на вариантах с минеральными удобрения в дозах $N_{60}P_{40}$ и $N_{90}P_{40}$, которая составила, в среднем по фактору В, 40,0 и 40,5 ц/га, соответственно. Следует подчеркнуть, что снижение урожайности до 37,5 ц/га проявилось при внесении удобрений минимальной дозой $N_{30}P_{40}$.

В 2012 г. максимальный уровень зерновой продуктивности, в среднем по фактору А, был получен при использовании дисковой обработки – 40,5 ц/га, что выше на 6,6% по сравнению с контролем. Одинаковым уровнем урожайности характеризовались дифференцированная и безотвальная системы основной обработки почвы, которые были равны 38,0 и 38,9 ц/га, соответственно. Минимальная продуктивность сои зафиксирована при нулевой обработке почвы, где

она составила 34,9 ц/га, что меньше на 9,2% по сравнению со вспашкой. Что касается влияния систем удобрения на урожайность исследуемой культуры, то в целом эта тенденция сохранялась.

В условиях среднесухого 2013 г. максимальная урожайность сформировалась при чизельной обработке почвы на глубину 28-30 см, а также дисковой обработки на глубину 12-14 см – 37,1-38,0 ц/га. Наименьший результат (33,1 ц/га) обеспечил вариант с посевом в необработанную почву (нулевая обработка), что было меньше контроля на 10,8%.

В 2014 г. лидировал вариант с дисковой обработкой в системе мелкой одноглубинной обработки, где отмечено существенное увеличение урожайности до 46,9 ц/га. Одинаковый уровень зерновой продуктивности, на уровне 45,2 и 45,1 ц/га получен при дифференцированной и разноглубинной безотвальной системам основной обработки. На варианте с нулевой обработкой зафиксировано её снижение, в среднем, на 7,0%. Применение азотно-фосфорных удобрений дозой $N_{30}P_{40}$ позволило сформировать урожайность 42,9 ц/га. В среднем по фактору В, увеличение дозы азотного питания до N_{60} (на фоне внесения P_{40}) привело к увеличению урожайности до 45,2 ц/га, а максимальная продуктивность получена на варианте с дозой $N_{90}P_{40}$, где урожайность 46,4 ц/га.

В 2015 г. максимальная продуктивность (38,6 ц/га) была получена при дисковой обработке на глубину 12-14 см, что фактически было на уровне контроля. Наименьшая урожайность была получена при нулевой обработке – 3,14 т/га, что было значительно меньше контроля на 19,8%.

В результате анализа усреднённых данных урожайности сои за первую ротацию севооборота (2009-2016 гг.) установлено, что применение вспашки на глубину на 28-30 см (контроль) в системе дифференцированной системы обработки почвы обеспечило формирование данного показателя на уровне 37,6 ц/га (таблица 2).

Таблица 2. Урожайность сои в зависимости от системы основной обработки почвы и удобрения, т/га (2009-2016 гг.)

Система основной обработки почвы	Способ и глубина обработки почвы (фактор А)	Система удобрения (фактор В)			Среднее по фактору А
		$N_{30}P_{40}$	$N_{60}P_{40}$	$N_{90}P_{40}$	
Дифференцированная	28-30 (вспашка)	3,60	3,81	3,88	3,76
Мелкая одноглубинная	12-14 (дискование)	3,70	4,12	3,98	3,93
Безотвальная разноглубинная	28-30 (чизелевание)	3,61	4,05	3,99	3,88
Нулевая обработка		3,22	3,44	3,58	3,41
Среднее по фактору В		3,53	3,86	3,86	
$HCP_{05}(A)=0,14$ т/га; $HCP_{05}(B)=0,16$ т/га					

Замена вспашки глубокой безотвальной чизельной обработкой на глубину 28-30 см привело к незначительному увеличению урожайности на 1,2 т/га, что было меньше НСР₀₅ – 1,4 ц/га. В то же время применение мелкой дисковой безотвальной обработки позволило получить максимальную урожайность сои в полевых опытах – 39,3 ц/га, что превышало контроль со вспашкой на 4,5%. Наименьшие показатели продуктивности (34,1 ц/га) были зафиксированы при условии посева культуры в предварительно необработанную почву (нулевая обработка), что было в среднем по фактору ниже вспашки (контроль) на 10,3%. Максимальная урожайность сои (41,2 ц/га) отмечена при мелкой дисковой обработке при применении системы удобрения N₆₀P₄₀. Дальнейшее увеличение дозы удобрений до N₉₀P₄₀ не изменяло уровень урожайности сои.

В зависимости от метеорологических условий в годы исследований пропорционально изменялась и урожайность в период за 2016-2019 гг. Так, максимальная урожайность наблюдалась в среднем по уровню естественного влагообеспечения 2016 г. и среднесухом 2017 г. – 39,4 и 38,6 ц/га, соответственно. В условиях 2018 и 2019 гг. средняя урожайность снизилась до 35,4 и 35,6 ц/га или на 8,4-11,3%.

В то же время следует отметить, что в среднем 2016 г., применение вспашки на глубину 28-30 см в системе дифференцированной обработки и чизельной обработки почвы на такую же глубину в системе разноглубинного безотвальной обработки обеспечило формирование наибольшей урожайности на уровне 42,0 ц/га. Использование дисковой обработки имело меньший результат – 39,1 ц/га, что ниже контроля на 4,6%. Минимальная продуктивность 35,6 ц/га отмечена при нулевой обработке почвы, при которой зафиксировали снижение урожайности зерна на 5,3 ц/га или 14,9% по сравнению с контролем. Увеличение фона азотных удобрений до N₆₀P₄₀ при взаимодействии с сидеральной культурой привело к увеличению урожайности до 39,2 ц/га, или на 12,3%.

Применение системы удобрения N₉₀P₄₀ + сидерат сформировало максимальную урожайность в среднем по фактору В – 42,4 ц/га, что больше контроля на 7,5 ц/га или 21,5%. В то же время установлено прямое позитивное действие сидеральной культуры на показатели урожайности посевов сои, которое обеспечило прирост на 3,1%.

Данные урожайности сои в среднесухом 2017 г. свидетельствуют, что максимальная продуктивность, в среднем по фактору А, на уровне 42,0 ц/га получена при чизельной безотвальной обработке почвы – это больше контроля (вспашки) на 0,29 т/га.

Одинаковый уровень продуктивности получен при дифференцированной и мелкой одноглубинной дисковой обработки – 39,1 и 40,5 ц/га, соответственно. Наименьшая урожайность сформировалась при нулевой обработке – 33,1 ц/га, что меньше на 18,1%. Доказана положительная роль в увеличении продуктивности повышения дозы азотных удобрений. Дозы минеральных удобрений N₆₀P₄₀ на фоне действия сидератов увеличило урожайность с 36,9 до 39,5 ц/га, или на 7,0%, а дальнейшее увеличение дозы удобрения до N₉₀P₄₀ сформировало максимальные

показатели продуктивности с повышением над контролем на 4,1 ц/га или 11,1%.

В условиях среднесухого 2018 г. практически одинаковый уровень урожайности сои был получен при системах дифференцированного, мелкого одностружечного и безотвальной разностружечной обработки почвы – 36,7; 38,6; 38,1 ц/га, соответственно (таблица 3).

Таблица 3. Урожайность сои в зависимости от основной обработки почвы и удобрения в годы проведения исследований, ц/га

Система основной обработки почвы (фактор А)	Система удобрения (фактор В)	Год исследований			
		2016	2017	2018	2019
Дифференцированная 28-30 см (вспашка)	N ₃₀ P ₄₀ +сидерат	36,4	37,3	32,2	36,6
	N ₆₀ P ₄₀ +сидерат	40,1	38,6	37,8	37,3
	N ₉₀ P ₄₀ +сидерат	44,2	41,3	40,9	35,5
	N ₉₀ P ₄₀	43,0	39,0	36,0	31,5
Мелкая одностружечная 12-14 см (дискование)	N ₃₀ P ₄₀ +сидерат	35,0	38,6	35,8	37,5
	N ₆₀ P ₄₀ +сидерат	38,8	41,6	38,7	42,7
	N ₉₀ P ₄₀ +сидерат	41,8	43,2	43,3	36,8
	N ₉₀ P ₄₀	40,6	38,4	36,6	31,0
Безотвальная разностружечная 28-30 см (чизелевание)	N ₃₀ P ₄₀ +сидерат	37,2	41,1	35,2	34,3
	N ₆₀ P ₄₀ +сидерат	41,7	43,3	36,9	40,3
	N ₉₀ P ₄₀ +сидерат	45,3	44,0	42,0	36,0
	N ₉₀ P ₄₀	43,6	39,5	38,3	31,3
Нулевая обработка	N ₃₀ P ₄₀ +сидерат	31,1	30,7	26,6	34,8
	N ₆₀ P ₄₀ +сидерат	36,0	34,3	28,7	35,8
	N ₉₀ P ₄₀ +сидерат	38,4	35,3	29,7	37,0
	N ₉₀ P ₄₀	37,0	31,9	27,2	31,0
В среднем по фактору А	Дифференцированная	40,9	39,1	36,7	35,2
	Мелкая одностружечная	39,1	40,5	38,6	37,0
	Безотвальная разностружечная	42,0	42,0	38,1	35,5
	Нулевая	35,6	33,1	28,1	34,7
В среднем по фактору В	N ₃₀ P ₄₀ +сидерат	34,9	36,9	32,5	35,8
	N ₆₀ P ₄₀ +сидерат	39,2	39,5	35,5	39,0
	N ₉₀ P ₄₀ +сидерат	42,4	41,0	39,0	36,3
	N ₉₀ P ₄₀	41,1	37,2	34,5	31,2
Средняя урожайность в годы исследований		39,4	38,6	35,4	35,6
НСР ₀₅	А	2,1	2,8	2,3	1,6
	В	1,2	1,6	1,5	1,4

Доказано, что минимальная продуктивность в полевых опытах в условиях орошаемого севооборота была получена при нулевой обработке почвы – 28,1 ц/га, что меньше на 8,6 ц/га, или на 30,6%. Также установлено влияние фона азотного питания (на фоне внесения фосфорных удобрений дозой P_{40}) на показатели урожайности сои. В среднем по фактору В увеличение дозы азотных удобрений до $N_{60}P_{40}$ на фоне действия сидеральной культуры увеличило урожайность с 32,5 до 35,5 ц/га, или на 9,2%, а дальнейшее увеличение дозы удобрения до $N_{90}P_{40}$ – не влияло на данный показатель продуктивности культуры. В то же время установлено позитивное действие сидеральной культуры на показатели урожайности. Так, её использование привело к увеличению средней урожайности на фоне минерального питания на 4,5 т/га или на 13,0%.

В условиях сухого 2019 г. максимальная урожайность сои (37,0 ц/га) была получена при дисковой обработке на глубину 12-14 см, что на 5,1% больше по сравнению с контролем (вспашка). Близкий уровень урожайности – 34,7 и 35,5 ц/га, соответственно, был получен на других вариантах основной обработки почвы с наибольшими показателями по чизельной обработке на глубину 28-30 см в системе безотвальной разноглубинной обработки. Наименьшая продуктивность получена на варианте с прямым посевом в предварительно не обработанную почву (нулевая обработка почвы). В среднем по фактору В, увеличение дозы азотных удобрений до $N_{60}P_{40}$ на фоне действия сидератов увеличило урожайность с 35,8 до 39,0 ц/га, или на 8,9%, однако дальнейшее увеличение дозы удобрения (до $N_{90}P_{40}$) не привело к увеличению урожайности по сравнению с контролем. Использование сидератов привело к значительному росту продуктивности – на 16,3%.

Анализ показателей урожайности сои, в среднем за ротацию севооборота 2016-2019 гг., показал, что при применении вспашки на глубину 28-30 см в системе дифференцированной обработки почвы, в среднем по фактору А, была на уровне 38,0 ц/га. Близкий уровень зерновой продуктивности (39,4 ц/га) был получен при чизельной обработке, а также при дисковой обработке на глубину 12-14 см (38,8 ц/га). Наименьший уровень урожайности на уровне 33,0 ц/га был получен при нулевой обработке, что было меньше на 5,0 ц/га или на 15,2% по сравнению с контролем (рисунок 1).

В то же время, необходимо отметить влияние системы удобрения на показатели продуктивности сои. В среднем по фактору В, на фоне внесения удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$ совместно с сидератами и корне-познивными остатками урожайность сои сформировалась на уровне 35,0 ц/га. Увеличение дозы азотного питания до N_{60} на фоне применения P_{40} + сидерат + корне-познивные остатки обеспечило повышение продуктивности исследуемой культуры на 3,3 ц/га, или на 9,4%, в то же время дальнейшее увеличение дозы азотного питания до N_{90} обеспечило рост урожайности до 39,8 ц/га.

Применение сидеральных удобрений на фоне внесения минеральных удобрений дозой $N_{90}P_{40}$ совместно с корне-познивными остатками при дифферен-

цированной системе основной обработки почвы сформировала урожайность на уровне 40,5 ц/га, а без сидерации снизилась до 37,4 ц/га, то есть была меньше на 8,3%. На фоне мелкой дисковой обработки на 12-14 см в системе мелкой одноглубинной безотвальной обработки почвы урожайность возросла на 4,6 ц/га, или на 12,5%. В целом применение сидерации обеспечило прирост урожайности на 4,5 ц/га или на 10,5% по сравнению с вариантами, где сидеральная культура не использовалась.

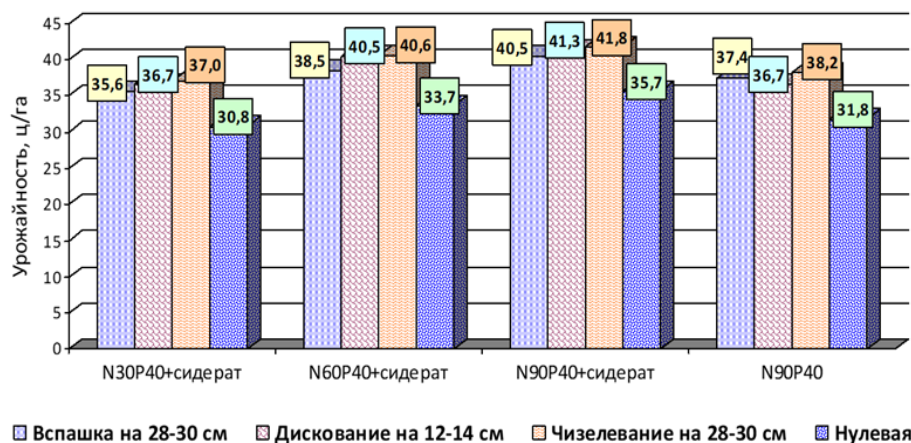


Рисунок 1. Урожайность зерна сои при разных обработках почвы и дозах минеральных удобрений, ц/га, 2016-2019 гг.

Дисперсионным анализом определена доля участия исследуемых факторов разной (глубины и способов основной возделывания почвы и удобрений) на урожайность сои в орошаемых условиях Северного Причерноморья (рисунок 2).

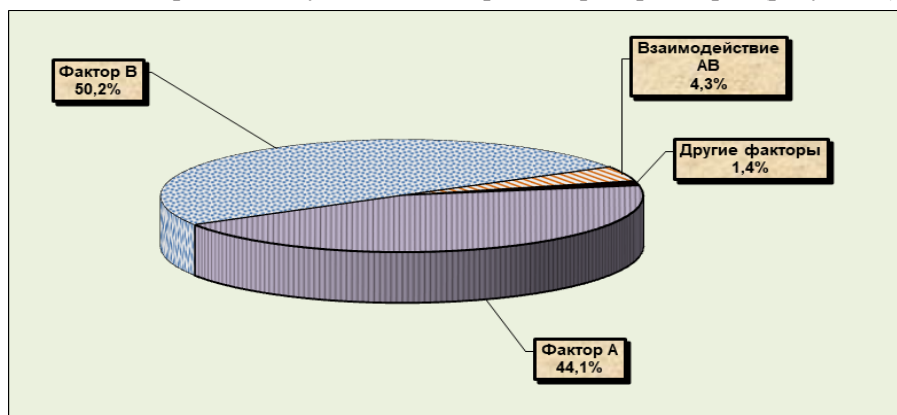


Рисунок 2. Доля участия исследуемых факторов на урожайность сои в зависимости от системы основной обработки почвы (фактор А) и удобрения (фактор В), %

Дисперсионный анализ данных урожайности, в среднем за ротацию севооборота, свидетельствуют, что наибольшее влияние на урожайность сои имеет

фон минерального питания культуры (фактор В) – ее долевое участия составляет 50,2%. Система основной обработки почвы также существенно влияет на продуктивность культуры – на уровне 44,1%, при общем взаимодействии факторов АВ – 4,3%.

Выводы. Многолетними полевыми исследованиями установлено, что за две ротации севооборота урожайность сои в значительной степени зависела от применения системы обработки почвы. Так, при первой ротации (2011-2015 гг.) при разноглубинной безотвальной почвенной обработке зафиксировано незначительное увеличение урожайности на 1,2 ц/га (при НСР₀₅ – 1,4 ц/га) по сравнению с контролем. В то же время применение мелкой безотвальной обработки почвы на глубину 12-14 см увеличило урожайность сои по сравнению с контролем на 4,5%, а наименьшая продуктивность культуры (32,2-35,8 ц/га) сформировалась на варианте, где проводили сев в предварительно необработанную почву. Прирост урожайности при увеличении дозы азотных удобрений с N₉₀ до N₁₀₅ на 1 га севооборотной площади, в среднем по фактору, составил 3,1 ц/га. Дальнейшее увеличение дозы внесения азотно-фосфорных удобрений до N₁₂₀P₄₀ не обеспечили прибавки урожая и является не целесообразной.

Анализ показателей урожайности сои за вторую ротацию севооборота (2016-2019 гг.), показал, что применение разноглубинной безотвальной обработки почвы в орошаемом севообороте сформировало практически одинаковый уровень урожайности сои по сравнению с контролем. Использование системы безотвальной мелкой дисковой обработки обеспечило получение максимальной урожайности сои, которая, в среднем по фактору, составила 37,0 ц/га, что было больше контроля на 1,7 ц/га. Наименьший уровень урожайности был сформирован при нулевой обработке почвы, где они были меньше, в среднем, на 10,2%. Увеличение дозы удобрений до N105P40 + сидерат привело к увеличению урожайности на 3,2 ц/га или на 9,1%. Однако дальнейшее увеличение дозы азотных удобрений, в среднем по севообороту, не сопровождалось ростом продуктивности растений сои. Применение сидерации увеличивало урожайность на одном фоне минерального питания, в среднем на 5,1 ц/га (при НСР₀₅ – 1,4 ц/га) или на 16,4%. Максимальное долевое участие в формировании урожайности сои имеет фон минерального питания культуры (50,2%), а также система основной обработки почвы (44,1%) при их незначительном взаимодействии на уровне 4,3%.

Список использованных источников:

1. The influence of farming activities on seeds productivity of winter wheat varieties in the conditions of the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. Y. Zaporozhchenko, G. V. Karashchuk [et al.] // Research

References:

1. The influence of farming activities on seed productivity of winter wheat varieties in the conditions of the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. Y. Zaporozhchenko, G. V. Karashchuk [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical,

Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Vol. 10, No. 1. – P. 449-456.

2. Адамень, Ф. Ф. Влияние гидротермических факторов на продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости в орошаемых условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 32(195). – С. 18-29.

3 Адамень Ф. Ф., Вергунов В. А., Лазер П. Н., Вергунова И.Н. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине / - К.: Аграрная наука, 2006. - 456 с.

4 Коковихин, С. В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия / С. В. Коковихин, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 39(202). – С. 80-99.

5 Adamey F.F. Theoretical substantiation of the mineral nutrition of soybean plants in the conditions of southern Ukraine. 1995 – 140 p .

6 Вожегова, Р. А. Агрометеорологическое обоснование режимов орошения сельскохозяйственных культур / Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 187-192.

7 Коковихин, С. В. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв / С. В. Коковихин, В. П. Василько, А. Ф.

Biological and Chemical Sciences. - 2019. - Vol. 10, No. 1. - P. 449-456.

2. Adamen, F. F. Influence of hydrothermal factors on the productivity of corn hybrids of different maturity groups in irrigated conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of the agricultural science of Tavrida. - 2022. - No. 32 (195). - P. 18-29.

3 Adamen F. F., Vergunov V. A., Laser P. N., Vergunova I.N. Agrobiological features of soybean cultivation in Ukraine / - K.: Agrarna nauka, 2006. - 456 p.

4. Kokovikhin, S. V. Optimization of irrigated crop rotations and agroecological justification of climate-oriented farming systems / S. V. Kokovikhin, A. A. Makarenko, T. V. Logoida // News of the agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 39 (202). - P. 80-99.

5 Adamey F.F. Theoretical substantiation of the mineral nutrition of soybean plants in the conditions of southern Ukraine. 1995 – 140 p .

6. Vozhegova, R. A. Agrometeorological justification of irrigation regimes for agricultural crops / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. - 2017. - No. 1 (65). - P. 187-192.

7. Kokovikhin, S. V. Optimization of farming systems in the Northern Black Sea region under changing climate conditions and the ecological and meliorative state of soils / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. F. Stashkina // Bulletin of the agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 36 (199). - P. 71-89.

8. Vozhegova, R. A. Modeling and agro-ameliorative justification for crop

Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 71-89.

8 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.

9 Адамень, Ф. Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических факторов при выращивании основных сельскохозяйственных культур в условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 34-43.

10 Шашкова, Н. И. Цифровое государственное управление: роль, риски и новые парадигмы развития / Н. И. Шашкова // Вестник экономики, права и социологии. – 2023. – № 3. – С. 55-59.

11 2. Environmental and resource components in the development of subregions of the tourist territory / N. Shashkova, Ye. Lukyanova, M. Shulga [et al.] // BIO Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference “Development and Modern Problems of Aquaculture” (AQUACULTURE 2023), Divnomorskoe, 27 сентября – 04 2023 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2024. – P. 01028.

12 Shashkova, N. Integrated information and communication system as a basis for strategic partnership in agribusiness / N. Shashkova, A. Soloviov,

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 Agrarian Sciences. - 2016. - No. 23. - P. 110-120.

9. Adamen, F. F. Efficiency of artificial humidification, taking into account meteorological factors, when growing the main agricultural crops in the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // Bulletin of agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 33 (196). - P. 34-43.

10. Shashkova, N. I. Digital public administration: role, risks and new development paradigms / N. I. Shashkova // Bulletin of Economics, Law and Sociology. - 2023. - No. 3. - P. 55-59.

11. 2. Environmental and resource components in the development of subregions of the tourist territory / N. Shashkova, Ye. Lukyanova, M. Shulga [et al.] // BIO Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference “Development and Modern Problems of Aquaculture” (AQUACULTURE 2023), Divnomorskoe, September 27 – April 2023. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2024. – P. 01028.

12. Shashkova, N. Integrated information and communication system as a basis for strategic partnership in agribusiness / N. Shashkova, A. Soloviov, K. Syniakova // CEUR Workshop Proceedings : 14, Kyiv, May 14–17, 2018. – Kyiv, 2018. – P. 263-277.

13. Shashkova, N. I. Investment management : Tutorial / N. I. Shashkova, I. A. Bukreev, E. Yu. Lukyanova. –

К. Syniakova // CEUR Workshop Proceedings : 14, Kyiv, 14–17 мая 2018 года. – Kyiv, 2018. – P. 263-277.

13 Шашкова, Н. И. Инвестиционный менеджмент : Учебное пособие / Н. И. Шашкова, И. А. Букреев, Е. Ю. Лукьянова. – Херсон-Симферополь : ФГБОУ ВО «Херсонский государственный педагогический университет», ООО "Издательство Типография "Ариал", 2024. – 156 с.

14 Domestic experience of unmanned aerial vehicles for forest conditions monitoring / N. Shashkova, Ye. Lukyanova, A. Kazak [et al.] // Bio web of conferences : International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions (Forestry Forum 2023), Voronezh, Russian Federation, 23–25 октября 2023 года. – Les Ulis: EDP Sciences, 2024. – P. 01028.

15 Макаренко, А. А. Моделирование орошаемых севооборотов с использованием эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических параметров агропредприятий / А. А. Макаренко, С. В. Коковихин, Е. С. Бойко // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 36(199). – С. 6-20.

16 Адамьен, Федор Федорович. Разработка комплекса агротехнических приемов получения высоких урожаев сои при орошении в условиях степного Крыма : диссертация ... кандидата сельскохозяйственных наук : 06.01.14. - Симферополь, 1984. - 209 с. : ил.47.

17 Makukha, O. The impact of biopreparations and sowing dates on the productivity of fennel (*Foeniculum*

Kherson-Simferopol: FGBOU VO "Kherson State Pedagogical University", LLC "Publishing House Typography "Arial", 2024. – 156 p.

14. Domestic experience of unmanned aerial vehicles for forest conditions monitoring / N. Shashkova, Ye. Lukyanova, A. Kazak [et al.] // Bio web of conferences : International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions (Forestry Forum 2023), Voronezh, Russian Federation, October 23–25, 2023. – Les Ulis: EDP Sciences, 2024. – P. 01028.

15 Adamen, Fyodor Fedorovich. Development of a complex of agrotechnical techniques for obtaining high yields of soybeans during irrigation in the steppe Crimea : dissertation ... Candidate of Agricultural Sciences : 06.01.14. - Simferopol, 1984. - 209 p. : ill.47.16. Ecological justification of the fertilization system of irrigated crop rotation depending on the primary tillage system / E. G. Berdnikova, A. A. Makarenko, V. N. Gladkov [et al.] // Ecological Bulletin of the North Caucasus. - 2025. - Vol. 21, No. 4. - P. 37-47.

17. Makukha, O. The impact of biopreparations and sowing dates on the productivity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) / O. Makukha // Journal of Ecological Engineering. - 2020. - Vol. 21, No. 4. – P. 237-244.

18. The impact of seeding dates and depth on the productivity of common fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine / O. Makukha, O. Markovska, H. Mynkina, Y. Chernyshova // Research

vulgare Mill.) / O. Makukha // Journal of Ecological Engineering. – 2020. – Vol. 21, No. 4. – P. 237-244.

18 The impact of seeding dates and depth on the productivity of common fennel (*foeniculum vulgare mill.*) under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine / O. Makukha, O. Markovska, H. Mynkina, Y. Chernyshova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 1075-1083.

19 Чернышова, Е. О. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от сроков посева и системы защиты растений от болезней и вредителей в условиях орошения Северного Причерноморья / Е. О. Чернышова, О. В. Макуха, С. В. Коковихин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 37(200). – С. 26-46.

20 Бердникова, Е. Г. Формирование урожайности зерна пшеницы озимой в зависимости от режимов орошения, удобрения, погодных условий Юга Украины / Е. Г. Бердникова // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства : Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой году экологии в России, с. Солёное Займище, 18–19 мая 2017 года / Составители Н.А. Щербакова, А.П. Селиверстова. – с. Солёное Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2017. – С. 773-776.

21 Коковихин, С. В. Кластерный анализ качественных показателей поливной воды рек Ингулец и Днепр,

Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2018. - Vol. 9, No. 6. - P. 1075-1083.

19. Chernyshova, E. O. Productivity of corn hybrids depending on sowing dates and plant protection systems from diseases and pests under irrigated conditions of the Northern Black Sea region / E. O. Chernyshova, O. V. Makukha, S. V. Kokovikhin // News of the agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 37 (200). - P. 26-46.

20. Berdnikova, E. G. Formation of winter wheat grain yield depending on irrigation regimes, fertilization, and weather conditions in the South of Ukraine / E. G. Berdnikova // Scientific and practical ways to improve environmental sustainability and socio-economic support for agricultural production: Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the Year of Ecology in Russia, Solenoe Zaimishche village, May 18–19, 2017 / Authors N. A. Shcherbakova, A. P. Seliverstova. – Solenoe Zaimishche village: Caspian Research Institute of Arid Agriculture, 2017. – Pp. 773–776.

21. Kokovikhin, S. V. Cluster analysis of qualitative indicators of irrigation water of the Ingulets and Dnieper rivers used for irrigation in the conditions of the Northern Black Sea region / S. V. Kokovikhin, F. F. Adamen, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 35 (198). - P. 69-81.

22. The influence of moisture supply, mineral nutrition and planting density on the yield of seeds of self-pollinated corn lines / S. V. Kokovikhin, P. V. Pisarenko, V. G. Pilyarsky, E. A. Pilyarskaya //

используемых для орошения в условиях Северного Причерноморья / С. В. Коковихин, Ф. Ф. Адамень, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 35(198). – С. 69-81.

22 Влияние влагообеспечения, минерального питания и густоты стояния на урожайность семян самоопыленных линий кукурузы / С. В. Коковихин, П. В. Писаренко, В. Г. Пилярский, Е. А. Пилярская // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2013. – № 2(10). – С. 78-88.

23 Коковихин, С. В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия / С. В. Коковихин, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 39(202). – С. 80-99.

24 Эффективность применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы после разных предшественников / С. В. Коковихин, В. П. Василько, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 113-124.

25 Адамень, Ф. Ф. Научное обоснование агротехнологий на неполивных и орошаемых землях Северного Причерноморья в современных эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических условиях / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 38(201). – С. 180-198.

26 Adamen F.F. and others. Soybeans: industrial processing, feed

Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. - 2013. - No. 2 (10). - P. 78-88.

23. Kokovikhin, S. V. Optimization of irrigated crop rotations and agroecological substantiation of climate-oriented farming systems / S. V. Kokovikhin, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // News of agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 39 (202). - P. 80-99.

24. Efficiency of using biopreparations in growing winter wheat after different predecessors / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. A. Makarenko, T. V. Logoyda // Transactions of the Kuban State Agrarian University. - 2024. - No. 112. - P. 113-124.

25. Adamen, F. F. Scientific substantiation of agricultural technologies on non-irrigated and irrigated lands of the Northern Black Sea region in modern ecological-ameliorative and economic conditions / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 38 (201). - P. 180-198.

26. The influence of primary tillage systems on the efficiency of moisture use by agricultural crops of irrigated crop rotation in the conditions of the Northern Black Sea region / E. G. Berdnikova, N. I. Bardak, S. S. Terekhova [et al.] // News of agricultural science of Tavrida. - 2025. - No. 43 (206). - P. 54-78.

27. Programming the corn yield under irrigation conditions depending on the intensity of PAR and the thermal regime / Yu. A. Lavrinenko, V. V. Bazaliy, S. V. Kokovikhin, P. V. Pisarenko // Collection of scientific works of the Uman National University of Gardening. – 2011. – No. 75-1. – pp. 91-101.

additives, food products. – Kiev: Nora-print, 2003. – 475 p. Программирование урожая кукурузы в условиях орошения в зависимости от интенсивности ФАР и термического режима / Ю. А. Лавриненко, В. В. Базалий, С. В. Коковихин, П. В. Писаренко // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2011. – № 75-1. – С. 91-101.

27 Возделывание кукурузы на юге Украины / Р. А. Вожегова, Ю. А. Лавриненко, С. В. Коковихин, П. В. Писаренко // Кормопроизводство. – 2012. – № 11. – С. 35-36.

28 Моделирование показателей подвижных форм микроэлементов в почвах при длительном орошении и агроэкологическое обоснование мероприятий сохранения их плодородия / О. В. Макуха, А. А. Макаренко, Л. О. Великанова [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 37(200). – С. 55-75.

29 Макуха, О. В. Влияние агротехнических приемов на азотное питание фенхеля обыкновенного / О. В. Макуха // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. – 2018. – № 3(27). – С. 4.

30 Бердникова, Е. Г. Формирование урожайности зерна пшеницы озимой в зависимости от режимов орошения, удобрения, погодных условий Юга Украины / Е. Г. Бердникова // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию образования ВолГАУ, Волгоград, 28–30 января 2014 года. Том 2. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный

28. Cultivation of corn in the south of Ukraine / R. A. Vozhegova, Yu. A. Lavrinenko, S. V. Kokovikhin, P. V. Pisarenko // Feed production. – 2012. – No. 11. – P. 35-36.

29. Modeling of indicators of mobile forms of microelements in soils under long-term irrigation and agroecological justification of measures to preserve their fertility / O. V. Makukha, A. A. Makarenko, L. O. Velikanova [et al.] // News of agricultural science of Tavrida. – 2024. – No. 37 (200). – P. 55-75.

30. Makukha, O. V. Influence of agrotechnical practices on nitrogen nutrition of common fennel / O. V. Makukha // Aekonomika: economics and agriculture. – 2018. – No. 3 (27). – P. 4.

31. Berdnikova, E. G. Formation of winter wheat grain yield depending on irrigation regimes, fertilization, and weather conditions in the South of Ukraine / E. G. Berdnikova // Scientific foundations of the strategy for the development of the agro-industrial complex and rural areas in the WTO context: Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the foundation of VolGAU, Volgograd, January 28–30, 2014. Vol. 2. – Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2014. – P. 7–10.

32. Ushkarenko V. A., Lazarev N. N., Goloborodko S. P., Kokovikhin S. V. Dispersion and correlation analysis in crop production and meadow management: monograph. – M.: Publ. RGAU - Moscow Agricultural Academy named after. K.A. Timiryazeva, 2011. – 336 p.

университет, 2014. – С. 7-10.

31 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:

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 Фёдоровна 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 582.477:630.228

**ПЛОСКОВЕТОЧНИК
ВОСТОЧНЫЙ В
ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ
НАСАЖДЕНИЯХ СТЕПНОГО
КРЫМА**

**PLATYCLADUS
ORIENTALIS IN FOREST
MELIORATION
PLANTATIONS OF THE
STEPPE CRIMEA**

Салогуб Р.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Захаренко Г.С., доктор биологических наук, профессор;

Севастьянов В.Е., кандидат биологических наук, доцент,

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

Salogub R.V., Candidate of Agricultural Sciences, Docent;

Zakharenko G.S., Doctor of Biological Sciences, Professor;

Sevastyanov V.E., Candidate of Biological Sciences, Docent

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

На территории степного Крыма плосковеточник восточный, произрастающая в сухих условиях на различных, в том числе умеренно засоленных почвах, в возрасте 30-49 лет формирует жизнеспособные насаждения высотой 4,3-6,6 м, при диаметре стволов 5,6-9,5 см. Определенное влияние на функциональность создаваемых с участием плосковеточника насаждений оказывает форма кроны растений, которая изменяется от одноствольного дерева до многоствольного кустарника. Повышению продуктивности лесных культур из плосковеточника может способствовать плюсовая селекция, основанная на выделении и последующем размножении лучших деревьев и насаждений данного вида, а также оптимизация площади питания растений посредством рубок ухода в процессе их роста и развития.

Ключевые слова: плосковеточник

In the Crimean steppe, the Platycladus orientalis, growing in dry conditions on various soils, including moderately saline ones, forms viable stands 4.3-6.6 m tall at 30-49 years of age, with trunk diameters of 5.6-9.5 cm. The functionality of Platycladus plantations is significantly influenced by the crown shape of the plants, which varies from a single-stemmed tree to a multi-stemmed shrub. Positive selection, based on the finding and subsequent propagation of the best trees and stands of this species, as well as optimization of the plant's feeding area through thinning during their growth and development, can contribute to increasing the productivity of Platycladus forest plantations.

Key words: *Platycladus orientalis*,

восточный, рост и развитие, внутривидовая изменчивость, лесомелиорация, почвенные условия.

growth and development, intraspecific variability, forest melioration, soil conditions.

Введение. Плосковеточник восточный (*Platycladus orientalis* (L.) Franco) был интродуцирован в Западную Европу в 1737 году. На территории России его выращивание начато в 1809 году в Акклиматизационном саду Каразина на территории Харьковской области, а с 1813 года – в Крыму (Деревья и кустарники..., 1971).

Плосковеточник относится к долгоживущим древесным породам. В городских насаждениях Пекина насчитывается большое число деревьев этого растения, которые по достижению 1000-летнего возраста не утратили своей жизненности и декоративности (Zhiyan and oth., 1992).

Оценка адаптивного потенциала плосковеточника восточного по результатам изучения ширины и перекрытия ниш доминантов в его природных насаждениях в заповеднике Яньшань в провинции Шаньси на основе индексов Шеннона-Винера и Петрайтиса показало, что данный вид отличается наивысшими показателями конкурентоспособности и адаптивных возможностей среди других древесных пород, образующих его естественные сообщества (Tian-liang, 2015). Благодаря широкому биоэкологическому потенциалу, плосковеточник находит широкое применение в ландшафтной мелиорации в засушливых районах Китая. Выявленная в результате многолетней культуры широкая амплитуда внутривидовой изменчивости по габитусу кроны и другим признакам, а также невысокая требовательность к плодородию почвы, условиям увлажнения и зимним температурам обеспечили возможность выращивания плосковеточника на всех континентах планеты в районах с теплоумеренным климатом (Li and oth., 2016).

В настоящее время плосковеточник, представленный в культуре более чем 50 декоративными культиварами (сортами), является одним из наиболее широко используемых в декоративном садоводстве, особенно в районах с засушливым климатом (Krüsmann, 1985; Растения для декоративного садоводства Таджикистана, 1986). В Согдийской области Таджикистана в районе города Ура-Тюбе (современное название Истаравшан) его дерево достигло 21 м в высоту и 2 м в диаметре ствола (Колесников, 1974). Этот вид рекомендован без ограничения для выращивания во всех дендроклиматических районах Крыма (Григорьев, 1980).

Важными характеристиками древесных растений, используемых в лесном хозяйстве, наряду с их высотой и устойчивостью к лимитирующим факторам района выращивания, также являются форма роста и строение крон, особенно при конструировании лесных полос. Изучение особенностей роста, строения и характера формирования кроны также представляет интерес для ведения целенаправленной селекции, направленной на выведение сортов и форм лесных древесных пород для создания насаждений различного функционального назначения – от производства деловой древесины до ландшафтной лесомелиора-

ции и декоративного садоводства (Ромедер, Шёнбах, 1962).

Примером успешной селекционной работы с лесными породами является создание в нашей стране большого числа высокопродуктивных сортов тополя, а в Венгрии – ряда сортов робинии псевдоакации (*Robinia pseudoacacia* L.) с одним полндревесным стволом, хорошо очищающимся от сучьев по мере роста в лесных насаждениях. Это позволило венгерским лесоведам в промышленных масштабах получать высококачественную деловую древесину, используемую как внутри страны, так и отправляемую на экспорт в переработанном виде.

Согласно ботаническому описанию, приведенному в издании «Флора Китая» (Fu and oth., 1999), в естественных насаждениях плоскочетчик представляет собой дерево, достигающее высоты свыше 21 м при диаметре ствола более 1 м. По данным исследований, проведенных в природных насаждениях в районе Ксиан Шан (Xian Shan), плоскочетчик в условиях оптимума растёт как высокое дерево, а в неблагоприятных лесорастительных условиях приобретает кустовидную форму (Silba, 1996).

Плоскочетчик восточный входит в число лесобразующих пород, используемых при создании лесомелиоративных насаждений в степных и предгорных районах Крыма. По состоянию на 2013 год площадь чистых и смешанных насаждений с его преобладанием на землях государственного лесного фонда составляла 549 га. В возрастном отношении насаждения представлены лесными культурами, созданными в шестидесятых–восемидесятых годах прошлого столетия. Наибольшие площади лесных насаждений этой породы (383 га) сосредоточены в Евпаторийском лесничестве (Салогуб, 2017).

Другим не менее важным направлением использования плоскочетчика в ландшафтной лесомелиорации в Крыму является создание защитных насаждений плоскочетчика возле шоссежных дорог и железнодорожных путей. Долевое участие плоскочетчика в защитных лесных полосах железнодорожной дистанции в степном Крыму по данным базового лесоустройства 1985 года составляло 13% от их общей площади, равной 1858,6 га.

Наличие относительно больших площадей лесомелиоративных насаждений различного функционального назначения в степных районах и массовое использование плоскочетчика в озеленении населённых мест открывает возможности для его углублённого биоэкологического изучения. Описанное в естественных насаждениях варьирование формы роста от дерева до куста в зависимости от условий произрастания, а также наличие большого числа декоративных форм, в том числе по форме роста и габитусу кроны, указывает на возможность прогнозирования успешности выращивания этой породы при создании лесных массивов и лесомелиоративных насаждений на юге нашей страны. Продолжительный период массового выращивания в декоративных и лесомелиоративных насаждениях в различных почвенно-климатических условиях Крымского полуострова позволяет выявить связи между особенностями роста и морфогенеза кроны и условиями произрастания, оценить возможно-

сти селекционной работы по получению и практическому использованию этой древесной породы в лесном хозяйстве в степных и предгорных районах Крыма и засушливых условиях юга России.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования служили насаждения плосковеточника восточного на землях лесного фонда, в полевых защитных полосах и в защитных насаждениях в полосах отвода земель железной и шоссейных дорог в различных районах Крыма и декоративных насаждениях на территории г. Симферополь. Для получения более полной картины роста рассматриваемой породы пробные площади (ПП) закладывались в насаждениях, имеющих возраст старше 30 лет и в характерных для района исследований типах условий произрастания – сухих сложным субориях (C_1) и сухим дубравах (D_1). На каждой пробной площади измеряли от 200 до 280 растений.

Показатели роста плосковеточника деревьев определяли методами, общепринятыми в таксации лесных насаждений. Кроме того, у каждого растения плосковеточника на пробных площадях подсчитывали число стволов. Почвенные условия в насаждениях изучали путём измерения мощности генетических горизонтов в специально сделанных почвенных разрезах на глубину до подстилающей материнской породы. Измерения генетических горизонтов на почвенных разрезах сопровождалось их фотографированием и зарисовкой. В работе также использованы имеющиеся в лесничествах данные учёта приживаемости лесных культур и материалы лесоустройства.

Полученный цифровой материал обработан статистическими методами.

Результаты исследований и обсуждение. Анализ имеющихся в лесных хозяйствах Крыма лесоустроительных материалов и проведенные исследования показали, что лесные насаждения плосковеточника, созданные во второй половине прошлого столетия в степных районах полуострова, представляют собой чистые и смешанные лесополосы, в которых он высажен в смеси с сосной крымской, а также такими лиственными породами как орех грецкий, гледичия трёхколючковая, софора японская, ясень пенсильванский, дуб черешчатый и др. (табл. 1).

Таблица 1. Сведения о пробных площадях плоскочеточника восточного в лесомелиоративных насаждениях в степных районах Крыма

№ п/п	Район	Тип насаждения	Доля участия пород в насаждении, %	Тип условий произрастания	Возраст, лет
1	Симферопольский	Лесополоса	70 – клён татарский, 30 – плоскочеточник; кустарниковый ярус – бирючина обыкновенная	D ₁	39
2	Сакский	Массив	100 – плоскочеточник	C ₁	35
4	Сакский	Массив	100 – плоскочеточник	C ₁	41
5	Сакский	Массив	80 – сосна крымская, 20 – плоскочеточник	C ₁	41
9	Белогорский	Лесополоса	70 – плоскочеточник, 30 – орех грецкий	D ₁	49
12	Раздольненский	Массив	100 – плоскочеточник	D ₁	37
19	Сакский	Массив	100 – плоскочеточник	C ₁	30
20	Красногвардейский	Лесополоса	40 – гледичия трёхколючковая, 20 – софора японская, 20 – ясень пенсильванский, 10 – дуб черешчатый, 10 – плоскочеточник	D ₁	44
21	Джанкойский	Лесополоса	40 – гледичия трёхколючковая, 30 – робиния псевдоакация, 10 – ясень пенсильванский, 10 – абрикос обыкновенный, 10 – плоскочеточник	D ₁	43
22	Джанкойский	Лесополоса	40 – гледичия трёхколюч- ковая, 30 – робиния псевдоакация, 10 – ясень пенсильванский, 10 – абрикос обыкновенный, 10 – плоскочеточник	D ₁	33

Результаты изучения роста плосковеточника (табл. 2) показали, что в возрастной группе от 30 до 39 лет средняя высота насаждений варьирует от $5,5\pm 0,05$ м (ПП № 1, тип условий D_1) до $6,6\pm 0,10$ м (ПП № 21, тип условий D_1), а в группе от 40 до 49 лет в ещё более широких пределах – от $4,3\pm 0,05$ м (ПП № 9 тип условий D_1) до $6,6\pm 0,10$ м (ПП № 21, тип условий D_1). Деревья с абсолютным максимальным значением высоты равным 9,3 м обнаружены на ПП № 5 (возраст 41 год, тип условий C_1) и ПП № 21 (возраст 43 года, тип условий D_1). В этих же возрастных группах средний диаметр ствола на высоте 1,3 м соответственно составляет от $5,6\pm 0,12$ см (ПП № 12, тип условий D_1) до $9,5\pm 0,19$ см (ПП № 19, тип условий C_1) и от $6,3\pm 0,10$ см (ПП № 20, тип условий D_1) до $8,2\pm 0,21$ см (ПП № 19, тип условий C_1) в группе насаждений старше 40 лет. Дерево с максимальным абсолютным значением диаметра ствола в изученных насаждениях обнаружено в 35-летнем насаждении на ПП № 2 (тип условий C_1).

Таблица 2. Показатели роста плосковеточника восточного в лесомелиоративных насаждениях в степных районах Крыма

№ ПП	Высота дерева, м			Диаметр ствола, см			Количество стволов у дерева, шт.			Сохранность, %
	$H\pm m$	Lim. H	C, %	$D\pm m$	Lim. D	C, %	$N\pm m$	Lim. N	C, %	
1	$5,5\pm 0,05$	2,5–8,7	14	$6,5\pm 0,11$	1,0–12,5	26	$6,5\pm 0,24$	1–18	52	54,6
2	$6,4\pm 0,05$	3,2–7,6	10	$8,7\pm 0,18$	3,8–18,6	29	$3,5\pm 0,16$	1–11	61	15,4
4	$6,4\pm 0,07$	1,3–7,3	17	$8,1\pm 0,17$	2,0–18,2	32	$1,6\pm 0,09$	1–8	82	42,9
5	$6,3\pm 0,11$	1,8–9,3	27	$8,2\pm 0,21$	1,0–17,1	38	$1,8\pm 0,09$	1–9	74	28,6
9	$4,3\pm 0,05$	1,3–5,9	17	$7,7\pm 0,17$	1,0–16,1	33	$2,5\pm 0,11$	1–10	65	87,1
12	$5,7\pm 0,05$	3,1–7,3	13	$5,6\pm 0,12$	1,0–12,6	40	$3,9\pm 0,15$	1–15	61	37,8
19	$6,6\pm 0,07$	2,9–8,5	17	$9,5\pm 0,19$	2,7–18,0	32	$1,7\pm 0,17$	1–9	70	18,2
20	$6,3\pm 0,10$	2,7–9,1	22	$6,3\pm 0,10$	1,0–10,8	26	$7,3\pm 0,23$	2–20	46	38,7
21	$6,6\pm 0,10$	2,3–9,3	22	$7,1\pm 0,10$	1,0–16,0	38	$2,7\pm 0,12$	1–10	66	18,2
22	$5,9\pm 0,07$	2,7–8,2	18	$6,5\pm 0,15$	2,5–15,2	35	$3,0\pm 0,12$	1–9	59	40,2

У плосковеточника, как и у других хвойных пород, варьирование высоты растений на пробных площадях характеризуется более низкими уровнями изменчивости, чем диаметр ствола. Высота растений варьирует на уровнях от низкого ($C = 10\%$, ПП №2) до повышенного ($C=27\%$, ПП № 5), в то время как диаметру ствола свойственны уровни изменчивости от повышенного ($C\geq 21-30\%$) до высокого ($C\geq 30-40\%$).

Анализ данных не выявил связи между средними показателями высоты и диаметра ствола плосковеточника с одной стороны и породным составом насаждений с другой. Вместе с тем отметим, что абсолютные максимальные значения высоты (более 9,0 м) обнаружены у деревьев этой породы в смешанных насаждениях, а диаметра ствола (18,0 см и более) – в чистых культурах.

Успешность создания лесных культур определяется не только показателя-

ми роста растений, но и их сохранностью, оцениваемой долей живых растений в процентах от числа высаженных на участке. По данным обследования насаждений сохранность лесных культур на изученных пробных площадях варьирует в широких пределах – от 15,4% (ПП №2) до 87,1% (ПП № 9). Изучение плоскосточника в различных условиях произрастания, в насаждениях разных типов и породного состава, позволяет видеть определённое влияние данных показателей на сохранность исследуемой породы. Так, в условиях сухой дубравы (D_1) средняя сохранность лесных культур плоскосточника оказалась почти в два раза выше, чем в условиях сухой сложной субори – 47,8% против 26,3%. Такое же численное соотношение показателя сохранности плоскосточника наблюдается при сравнении лесополос и массивов – 47,8% против 26,3 %. В смешанных же насаждениях она значительно выше, чем в чистых однопородных – соответственно 44,5% против 28,6%.

Корреляционный анализ данных о росте и сохранности насаждений показал достоверную отрицательную связь между средней высотой и сохранностью насаждений ($r = -0,927$) и её менее чёткое влияние на среднее значение диаметра ствола ($r = -0,305$).

Результаты двухвыборочного сравнения насаждений плоскосточника по данным измерения высоты и диаметра деревьев по критерию t_{St} , приведенные в таблице 3, показывают, что по средней высоте ствола (левая сторона таблицы) достоверно отличаются от остальных насаждения на ПП №1 (возраст 39 лет), ПП №9 (возраст 49 лет), ПП №12 (возраст 37 лет) и ПП № 22 (возраст 33 года), произрастающие в условиях D_1 . Средние значения высоты этих насаждений соответственно составляют $5,5 \pm 0,05$ м, $4,3 \pm 0,05$ м, $5,7 \pm 0,05$ м и $5,9 \pm 0,07$ м, в то время как другие насаждения, растущие в условиях C_1 и D_1 , имеют среднюю высоту более 6 м. Сравнение данных по диаметру ствола (табл. 3, правая сторона таблицы) выявило, что по этому параметру достоверно отличаются от остальных насаждения только на ПП №12, ПП №19 и ПП № 21 (возраст 43 года) в условиях произрастания D_1 . Средние значения диаметра стволов деревьев на этих пробных площадях соответственно составляют $5,6 \pm 0,12$ см, $9,5 \pm 0,19$ см и $7,1 \pm 0,10$ см, т.е. охватывает всю шкалу полученных данных от минимальных до максимальных значений этого статистического показателя вне связи с типом условий произрастания всех изученных лесомелиоративных насаждений.

Таблица 3. Результаты анализа различий по критерию t_{st} показателей высоты (левая часть таблицы, прямой шрифт) и диаметра ствола (правая часть таблицы, курсив) разновозрастных лесомелиоративных насаждений плосковеточника восточного в степных районах Крыма *)

№ ПП	1	2	4	5	9	12	19	20	21	22
1	-	9,214	6,083	6,542	5,688	4,390	10,407	0,956	2,546	0,446
2	11,249	-	2,825	1,497	3,391	12,880	2,259	10,069	5,616	8,695
4	7,612	0,731	-	1,083	0,510	9,881	5,021	6,930	2,895	5,841
5	5,186	1,082	1,482	-	1,569	9,863	3,552	7,271	3,692	6,353
9	16,651	29,832	20,694	14,774	-	9,618	5,610	5,562	2,463	5,461
12	1,684	10,435	6,673	4,368	19,895	-	14,877	4,124	6,287	3,748
19	10,751	1,999	2,227	2,251	24,847	9,935	-	12,260	6,678	10,758
20	6,912	0,495	0,127	0,560	18,416	6,026	1,894	-	3,309	0,349
21	9,444	2,394	2,593	1,648	20,249	8,608	0,720	2,301	-	2,662
22	3,647	5,552	3,793	2,479	77,786	2,446	6,340	3,576	6,035	-

Примечание: Данные, выделенные жирным шрифтом, указывают на то, что различия насаждений по рассматриваемому признаку математически недостоверны при критическом значении критерия $t_{st} < 1,649$.

Анализ данных, приведенных в таблицах 2 и 3, с учётом сведений о приживаемости плосковеточника на пробных площадях, позволяет видеть, что в сухих условиях произрастания эта порода к 30-40 годам достигает средней высоты, незначительно изменяющейся в последующие годы, а дальнейший рост растений связан с утолщением ствола, ростом и ветвлением боковых побегов или увеличением числа ортотропных побегов, развивающихся из спящих почек в прикорневой зоне.

Важными характеристиками интродуцированных древесных пород являются форма роста, морфологические особенности ствола и строение кроны, определяющие возможность их использования как для плантационного лесоразведения и получения деловой древесины, так и для создания лесомелиоративных и декоративных насаждений.

Данные о числе стволов у деревьев плосковеточника в насаждениях на пробных площадях, приведенные в таблице 2, свидетельствуют о выраженной индивидуальной изменчивости деревьев по этому признаку как в отдельно взятом насаждении (от 1-8 до 2-20 стволов у дерева), так и по среднестатистическому числу стволов у деревьев на пробных площадях (от $1,6 \pm 0,09$ стволов на ПП №4 до $7,3 \pm 0,23$ стволов на ПП №20).

Морфологический анализ строения кроны у плосковеточника восточного показал, что растения с 2-4 стволами, отходящими от прикорневой зоны кроны, можно однозначно относить к многоствольным деревьям. Если с отнесением растений с 1-4 стволами к деревьям сомнений не вызывает, то отнесение отдельных высоких растений с большим числом равновысоких ортотропных

побегов, растущих, в большинстве случаев, от основания дерева, вызывает определённые трудности. При наличии большого количества разновысоких вертикально растущих ветвящихся побегов-стволов растения представляют собой кусты различной высоты, наиболее мощно развитые из которых не уступают по высоте, но имеют меньшие диаметры стволов по сравнению с одноствольными деревьями. Так, на пробных площадях № 4 и № 12 кустообразно растущие деревья с чётко выраженными семью стволами имели среднюю высоту соответственно $6,4 \pm 0,46$ м и $5,8 \pm 0,17$ м при диаметре ствола $5,8 \pm 0,71$ и $4,8 \pm 0,32$ см. У одноствольных же деревьев на этих пробных площадях средние высоты составляли соответственно $6,5 \pm 0,09$ м и $5,5 \pm 0,17$ м, а диаметры ствола – $8,7 \pm 0,21$ см и $8,1 \pm 0,44$ см.

Данные о количестве стволов у растений указывают на высокий полиморфизм плоскосточника восточного по этому признаку как в пределах однотипных по условиям произрастания и возрасту насаждений, так и между пробными площадями. Вариабельность признака количества стволов у отдельных растений в насаждениях всех пробных площадей характеризуется коэффициентом изменчивости $C \geq 46-82\%$.

Полученные результаты позволяют рассматривать различия по количеству стволов и форме роста растений в однотипных условиях произрастания на пробной площади как проявление индивидуальной изменчивости, связанной с неоднозначной нормой реакции генотипов растений, слагающих насаждения на близкие условия местопроизрастания. На это указывает и тот факт, что с возрастом у растений кустовидной формы роста в менее благоприятных условиях произрастания сложная сухая суборь (C_1) проявляется положительная корреляция между числом ортотропных побегов-стволов и возрастом насаждения – $r=0,521$, в то время как в условиях сухой дубравы (D_1) корреляция между этими показателями математически не доказана ($r=0,017$).

Несколько иной трактовки требуют большие различия пробных площадей по среднему показателю числа стволов у слагающих их деревьев (от $1,6 \pm 0,09$ стволов с пределами варьирования 1-8 стволов на ПП №4 до $7,3 \pm 0,09$ и варьированием от 2 до 20 стволов на ПП №20) (табл. 2). Есть основание полагать, что это связано с наследственными качествами посадочного материала, который использован для закладки насаждений. На это указывает тот факт, что при заготовке семян не учитывается форма роста материнских растений. Наиболее легко массовую заготовку семян вести с кустообразных растений с низкоопущенной кроной и свойственным этому виду обильным формированием шишек в периферической части кроны, в то время как сбор большого количества семян с его древовидных форм затруднен.

Сопоставление данных о росте плоскосточника с характеристиками почвенного покрова (рис. 1) не выявило чёткой зависимости между типом почвы, мощностью гумусированных горизонтов и размерами растений. В комплексе с другими факторами на ростовые процессы плоскосточника большое вли-

яние оказывает такой показатель, как сохранность насаждения и неразрывно связанная с ним площадь питания, приходящаяся на одно растение. Так, минимальную среднюю высоту ($4,3 \pm 0,05$ м при диаметре $7,7 \pm 0,17$ см) имеет наиболее возрастное (49 лет) насаждение на ПП №9, где глубина чернозёма южного мицелярно-карбонатного составляет около 40 см. В то же время на ПП №19 на менее глубокой почве, относящейся к чернозёмам карбонатным, более молодое насаждение (возраст 30 лет) имеет заметно лучшие средние показатели роста: $6,6 \pm 0,07$ м в высоту, при диаметре ствола $9,5 \pm 0,19$ см. Показатели сохранности насаждений на данных участках, равные соответственно 87,1% и 18,2 %, указывают на то, что эти различия обусловлены неодинаковой площадью питания деревьев: на ПП №19 она более чем в 4 раза превышает этот показатель на ПП №9. Бóльшая площадь питания в насаждениях способствует лучшей обеспеченности растений не только органоминеральным питанием, но и почвенной влагой, что особенно важно в засушливых условиях степи.

Влияние условий увлажнения на рост плосковetchника восточного очень чётко показали результаты измерения деревьев данного вида в близких по возрасту городских насаждениях Симферополя (табл. 4).

Изучение 40-50-летних насаждений плосковetchника во внутриквартальном озеленении и в Центральном парке культуры и отдыха имени Юрия Гагарина показали, что в городских условиях данная порода значительно превосходит по скорости роста близкие по возрасту лесомелиоративные насаждения, заложенные в степном Крыму (табл. 4). В придомовых и парковых насаждениях в условиях произрастания D2 деревья плосковetchника имеют почти в два раза большую среднюю высоту и в 2-3 раза больший диаметр ствола. При этом отметим, что деревья, проявляющие тенденцию к многостволости, заметно уступают как по диаметру ствола, так и по высоте одностовольным растениям. Это хорошо видно на фотографии аллеи посадки (рис. 2), где двустовольное дерево и деревья с невыраженными центральными стволами отстают от рядом растущих одностовольных деревьев по высоте и диаметру ствола.

Сравнение условий роста плосковetchника в лесомелиоративных насаждениях в степных районах и городских условиях предгорной зоны позволяет видеть, что бóльшие средние и абсолютные значения размеров деревьев плосковetchника в городских условиях связаны с лучшим режимом их увлажнения за счёт дополнительного поступления осадков с крыш зданий, тротуаров и парковых дорожек.

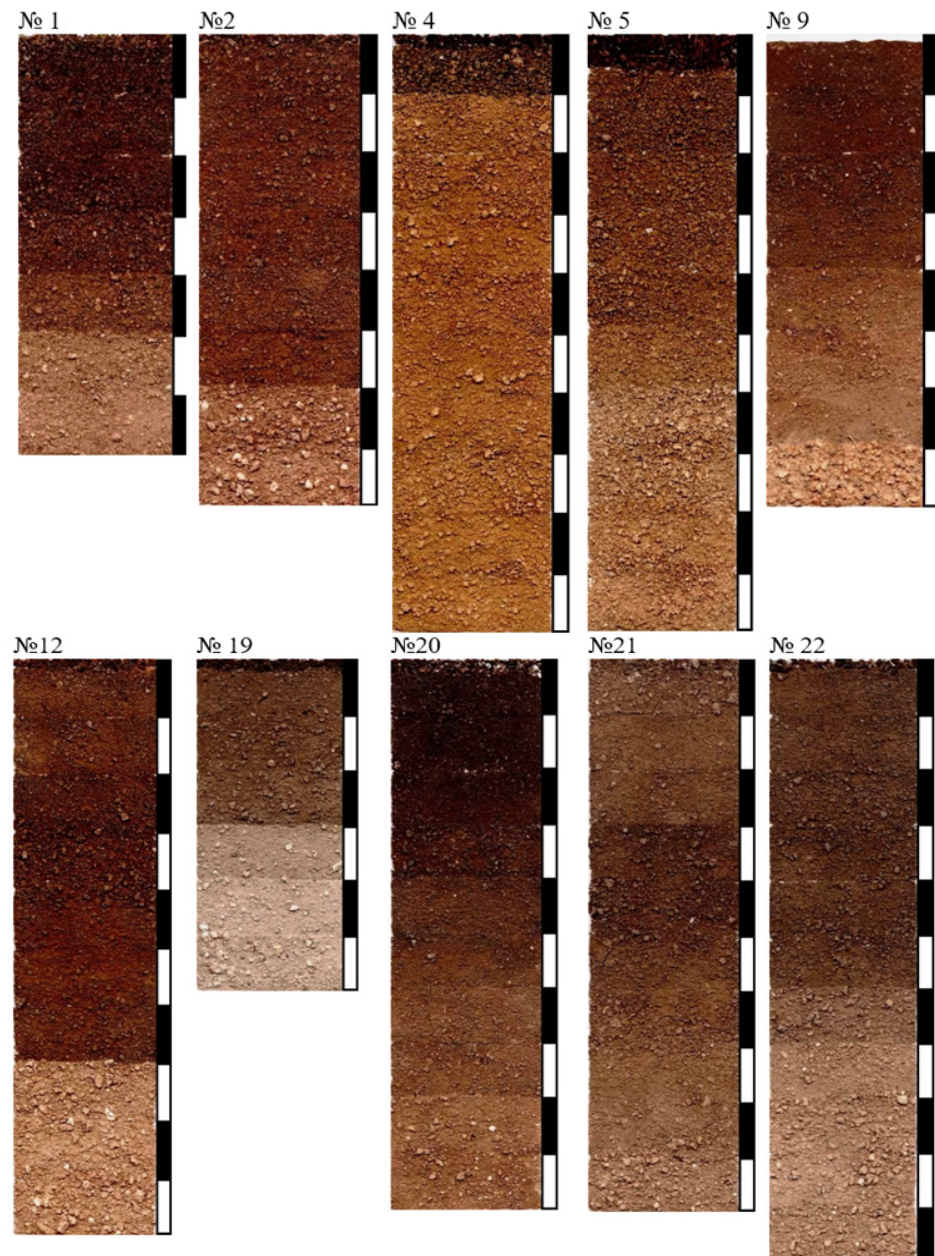


Рисунок 1. Строение почвенного профиля в насаждениях на пробных площадях плосковещного восточного в степных районах Крыма. Цена деления масштабной линейки – 10 см. ПП 1; 2; 4; 5; 9; 20 – чернозем южный мицеллярно-карбонатный на красно-бурых глинах; ПП 12; 21; 22 – темно-каштановые солонцеватые почвы и солонцы на майкопских глинах; ПП 19 – черноземы карбонатные на элювии и делювии карбонатных пород.

**Таблица 4. Показатели роста плосковеточника восточного
в декоративных насаждениях г. Симферополь**

Место произрастания	Высота дерева, м			Диаметр ствола, см		
	H±m	Lim. H	C, %	D±m	Lim. D	C, %
Городские насаждения	11,2±0,46	7,5–15,5	18	24,3±1,48	9,0–34,0	27
ЦПКиО имени Ю.А. Гагарина	10,4±0,33	5,1–14,0	20	17,6±0,64	9,0–18,0	23
Придорожная аллея в пос. Молодёжное	8,3±0,41	6,8 – 11,5	23	14,7±0,79	9,0 – 25,5	28



**Рисунок 2. Рядовая посадка плосковеточника восточного
50-летнего возраста в уличном насаждении г. Симферополь.**

Анализ полученных результатов позволяет видеть, что основным лимитирующим фактором, ограничивающим рост плосковеточника восточного в лесных и лесомелиоративных насаждениях в степных районах Крыма, является недостаток влаги. Вследствие этого растения плосковеточника в лесомелиоративных насаждениях в условиях ограниченной влагообеспеченности относительно быстро замедляют рост в высоту и по диаметру ствола, ограничиваясь образованием новых боковых побегов в системе ветвления кроны растений как древовидных, так и кустарниковых форм роста.

Выводы. 1. В лесомелиоративных насаждениях в степных районах Крыма плосковеточник восточный в сухих условиях произрастания C_1 и D_1 на всех видах почвенных разностей способен образовывать устойчивые насаждения старше 30-40-летнего возраста без признаков снижения жизненности.

2. Плосковеточник восточный в лесных культурах и декоративных насаждениях отличается высоким уровнем изменчивости по форме роста и представлен здесь одно или многоствольными деревьями и высокими кустарниками, не имеющими выраженного центрального ствола. Высокий уровень

изменчивости в однотипных почвенных условиях свидетельствует о наследственной обусловленности формы роста конкретных растений.

3. В лесных культурах растения плосковetchника кустарниковой формы роста на пробных площадях в одинаковых типах условий произрастания незначительно уступают по высоте 1-4-ствольным деревьям этой породы.

4. Основным фактором, лимитирующим рост плосковetchника в степном Крыму, является недостаток почвенной влаги. Одним из приёмов улучшения режима водопотребления в создаваемых лесных культурах может быть оптимизация площади питания растений путём своевременных рубок ухода.

Список использованных источников

1. Григорьев, А. Г. Методические рекомендации по подбору деревьев и кустарников для озеленения степного и предгорного Крыма / А. Г. Григорьев. – Симферополь, 1980. – 227 с.

2. Деревья и кустарники. Голосеменные / Под ред. Л. И. Рубцова и И. И. Гордиенко – Киев : Наукова думка, 1971. – 156 с.

3. Колесников, А. И. Декоративная дендрология / А. И. Колесников. – М. : Лесная промышленность, 1974. – 704 с.

4. Растения для декоративного садоводства Таджикистана / Под ред. П. И. Лапина. – М. : Наука, 1986. – 496 с.

5. Ромедер, Э. Генетика и селекция лесных пород / Э. Ромедер, Г. Шёнбах. Перевод с немецкого С. М. Зепалова и Х. Я. Бронзовой. С предисловием А. С. Яблокова. – М. : Сельхозиздат, 1962. – 268 с.

6. Салогуб, Р. В. Использование плосковetchника восточного (*Platycladus orientalis*) в защитном лесоразведении степного Крыма / Р. В. Салогуб // Актуальные проблемы ботаники и охраны природы: сборник научных статей Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г. Ф. Морозова (г. Симферополь,

References

1. Grigoriev, A. G. Methodological recommendations for the selection of trees and shrubs for landscaping the steppe and foothills of Crimea / A. G. Grigoriev. – Simferopol, 1980. – 227 p.

2. Trees and shrubs. Gymnosperms / Ed. L. I. Rubtsov and I. I. Gordienko – Kyiv : Naukova Dumka, 1971. – 156 p.

3. Kolesnikov, A. I. Ornamental dendrology / A. I. Kolesnikov. – Moscow : Lesnaya Promyshlennost', 1974. – 704 p.

4. Plants for ornamental gardening in Tajikistan / Ed. P. I. Lapin. – Moscow : Nauka, 1986. – 496 p.

5. Romeder, E. Genetics and Breeding of Forest Species / E. Romeder, G. Schönbach. Translated from German by S. M. Zepalov and H. Ya. Bronzova. With a preface by A. S. Yablokov. – Moscow : Sel'khozizdat, 1962. – 268 p.

6. Salogub, R. V. Use of *Platycladus orientalis* in protective afforestation of the Crimean steppe / R. V. Salogub // Actual problems of botany and nature conservation: collection of scientific articles from the International scientific conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of Professor G. F. Morozov (Simferopol, November 28-30, 2017). – Simferopol : IT "ARIAL", 2017. – P. 247-251.

28-30 ноября 2017 г.). – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2017. – С. 247-251.

7. Fu, Ligu. Cupressaceae / Ligu Fu, Yongfu Yu, R. Mill. Robert // In Flora of China. Vol. 4. – Beijing : Science Press; St. Louis : Missouri Botanical Garden, 1999 (<http://www.efloras.org>).

8. Krüsmann, G. Manual of Cultivated Conifers / Gerd Krüsmann. – Portland : Timber Press, 1985. – 361 p.

9. Li, Guoqing. Mapping the climatic suitable habitat of Oriental Arborvitae (for introduction and cultivation at a global scale / Guoqing Li, Sheng Du, Zhongming Wen // Scientific Reports. – 2016. – Vol. 6. – P. 1-9.

10. Silba, J. Noteworthy conifers in the Xian Shan region of Beijing, China / J. Silba // American Conifer Society Bulletin. – 1996. – Vol. 13 (1). – P. 8-12.

11. Tian-liang, Z. Niche characteristics of dominants in Platycladus orientalis forests in Yanshan Nature Reserve, Shanxi / Zhao Tian-liang // Journal of Beijing Forestry University. – 2015. – Vol. 37, iss. 8. – P. 24-30.

12. Zhiyan, S. Famous ancient Trees in Beijihg / Sun Zhiyan, Qi Tinglu, Jin Cheng, Wang Zuqing. – Beijihg : Publishing House, 1992. – 126 p.

7. Fu, Ligu. Cupressaceae / Ligu Fu, Yongfu Yu, R. Mill. Robert // In Flora of China. Vol. 4. – Beijing : Science Press; St. Louis : Missouri Botanical Garden, 1999 (<http://www.efloras.org>).

8. Krüsmann, G. Manual of Cultivated Conifers / Gerd Krüsmann. – Portland : Timber Press, 1985. – 361 p.

9. Li, Guoqing. Mapping the climatic suitable habitat of Oriental Arborvitae (for introduction and cultivation at a global scale / Guoqing Li, Sheng Du, Zhongming Wen // Scientific Reports. – 2016. – Vol. 6. – P. 1-9.

10. Silba, J. Noteworthy conifers in the Xian Shan region of Beijing, China / J. Silba // American Conifer Society Bulletin. – 1996. – Vol. 13 (1). – P. 8-12.

11. Tian-liang, Z. Niche characteristics of dominants in Platycladus orientalis forests in Yanshan Nature Reserve, Shanxi / Zhao Tian-liang // Journal of Beijing Forestry University. – 2015. – Vol. 37, iss. 8. – P. 24-30.

12. Zhiyan, S. Famous ancient Trees in Beijihg / Sun Zhiyan, Qi Tinglu, Jin Cheng, Wang Zuqing. – Beijihg : Publishing House, 1992. – 126 p.

Сведения об авторах:

Салогуб Роман Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства и ландшафтного строительства института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «В.И. Вернадский» Крымский федеральный университет, e-mail: cupressus@inbox.ru Институт

Information about the authors:

Salogub Roman Vasilevich – Candidate of Agricultural Sciences, Docent of the Department of Forestry and Landscape Construction of the Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: cupressus@inbox.ru, Institute "Agrotechnological

"Агротехнологическая академия" ФГАОУ ВО "Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского", с. Аграрное, Симферополь, Республика Крым, 295492, Россия;

Захаренко Геннадий Сергеевич – доктор биологических наук, профессор кафедры лесного хозяйства и ландшафтного строительства института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «В.И. Вернадский» Крымский федеральный университет», e-mail: cupressus@inbox.ru Институт "Агротехнологическая академия" ФГАОУ ВО "Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского", с. Аграрное, Симферополь, Республика Крым, 295492, Россия;

Севастьянов Виктор Евгеньевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры лесного хозяйства и ландшафтного строительства института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «ВШЭ». Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», e-mail: cupressus@inbox.ru Институт "Агротехнологическая академия" ФГАОУ ВО "Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского", с. Аграрное, Симферополь, Республика Крым, 295492, Россия.

academy" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia;

Zakharenko Gennadiy Sergeevich – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Forestry and Landscape Construction of the Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: cupressus@inbox.ru, Institute "Agrotechnological academy" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia;

Sevastyanov Victor Evgenyevich – Candidate of Biological Sciences, Docent of the Department of Forestry and Landscape Construction of the Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: cupressus@inbox.ru, Institute "Agrotechnological academy" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

УДК 633.854.54:631.53

**УСЛОВИЯ
ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ,
РОСТ, РАЗВИТИЕ И
УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ЛЬНА
МАСЛИЧНОГО В СТЕПНОЙ
ЗОНЕ КРЫМА**

Арсланова Л.Э., кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель, Ордена Трудового Красного Знамени агропромышленный колледж имени Э.А. Верновского (филиал) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Сташкина А.Ф., кандидат сельскохозяйственных наук, Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФИЦ ИнБЮМ

Представлены результаты опытов влияния условий влагообеспеченности на рост, развитие и урожайность, а также динамика химического состава по двум сортам льна масличного Южная ночь и Дебют в зависимости от сроков посева, сорта, густоты стояния и влагообеспеченности.

Ключевые слова: лен масличный, сорт, орошение, без орошения, срок сева, норма высева, урожайность, жир.

**MOISTURE
CONDITIONS, GROWTH,
DEVELOPMENT, AND YIELD
OF OIL FLAX VARIETIES IN THE
STEPPE ZONE
OF CRIMEA**

Arslanova L.E., Candidate of Agricultural Sciences, lecturer, Order of the Red Banner of Labor Agro-Industrial College named after E.A. Vernovsky (branch) of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Stashkina A.F., Candidate of Agricultural Sciences, T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the Russian Academy of Sciences – Branch of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas

The article presents the results of experiments examining the influence of moisture conditions on growth, development, and yield, as well as the dynamics of the chemical composition of two oil flax varieties, Yuzhnaya Noch and Debut, depending on sowing time, variety, plant density, and moisture availability.

Key words: oil flax, variety, irrigation, without irrigation, sowing time, sowing rate, yield, fat.

Введение. За многовековую историю своего существования человечество, обогащая свою память новыми знаниями, эволюционно совершенствовалось не только само, но и оказывало постоянное воздействие на окружающую его природу, приспособлявая для себя отдельные виды растений, вводя в культуру и, наконец, защищая их в постоянно продолжающейся борьбе за жизненное пространство в многогранном мире матушки природы. Среди многих растений, которые использовались человеком в далеком прошлом, можно смело назвать и лен

культурный (*Linum usitatissimum* L.). В диком виде культурный лен не известен.

Лен масличный относится к культурам ранних сроков сева (март-апрель), с коротким периодом вегетации (80-115 дней), что дает возможность собирать лен в конце июля. Он является хорошим предшественником для большинства сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы. Эти особенности делают его идеальной страховой культурой в случае гибели озимых и позволяют формировать планируемые урожаи даже в засушливых условиях за счет эффективного использования зимних запасов влаги. Кроме того, большим преимуществом льна по сравнению с зерновыми колосовыми является его устойчивость к осыпанию [1;2;3]. Сниженная влажность почвы отрицательно влияет на те или иные признаки растений льна в любой период их развития. Даже в период от всходов до начала быстрого роста стебля дефицит влаги подавляет ростовые процессы, поэтому к созреванию побеги у таких растений оказывались короче. Однако при оптимальной влажности почвы в последующие периоды онтогенеза засуха до периода интенсивного роста стеблей вызывает усиление таких характерных для льна масличного признаков как увеличение числа ветвей и коробочек в соцветии и повышение урожая семян по сравнению с контролем у большинства сортов на 10-13% в основном за счет увеличения продуктивности главных стеблей и массы 1000 семян с боковых побегов.

В условиях Южной Степи гидротермический коэффициент находится в диапазоне 0,60-0,47, поэтому своевременность появления всходов нередко решает судьбу урожая. В практике бывают случаи значительной задержки появления всходов, что приводит к угнетению развития растений, уменьшению их производительности, увеличению засоренности посевов, а иногда и к необходимости пересева. Так в 2019 году в некоторых хозяйствах Крыма из-за отсутствия осадков и быстрого нарастания высоких температур сопровождающиеся суховеями всхожесть составляла 27-35%. Кроме того, полученные всходы отличались неодновременностью. Такие посевы пришлось пересеять другими яровыми культурами.

В общей структуре посевов льна в мире преобладает лен масличный, который занимает около 84% всех площадей, и только 16% приходится на долю сортов льна-долгунца, возделываемых преимущественно для производства волокна. Мировое производство семян льна масличного в 2022 г. достигло одного из самых высоких в истории уровней в 3,9 млн. тонн, увеличившись на 18,3% по сравнению с 2021 г. Однако ввиду значительного снижения валовых сборов в ряде ключевых центров выращивания льна (в первую очередь — в России и Казахстане), в 2023 г., согласно оценкам, общемировой объем производства семян льна существенно сократился относительно уровня 2022 г. Урожай 2024 г. — второй в истории (после рекорда 2022 г.). Рост на ~17% к 2023 г. благодаря расширению площадей до 1,67 млн. га (+18%) и высокой конъюнктуре экспорта. Средняя урожайность льна в 2024 — ~0,84 т/га, что оставляет потенциал для роста. Лидеры по сбору льна: Алтайский край, Омская, Курганская, Ростовская и Челябинская обл. (совокупно ~47% урожая).

Ведущим мировым производителем семян льна масличного является Россия. В 2022 г. валовой сбор данной культуры в стране достиг 1,7 млн. тонн или около 44,0% общемирового показателя. Согласно данным Росстата, в 2023 г. производство семян льна масличного в России сократилось по сравнению с уровнем 2022 г. на 33,5% до 1,2 млн тонн на фоне уменьшения посевных площадей под данную культуру. [5].

Материал и методы исследований. Цель исследований – выявить реакцию воздействия условий выращивания на рост, развитие и урожайность сортов льна масличного. Наши исследования проводились с двумя сортами льна масличного Южная ночь и Дебют. Исследования проводились в суходольных и орошаемых условиях в трехфакторных экспериментах. В них изучалась продуктивность двух сортов льна масличного Южная ночь и Дебют при двух сроках сева (1. температура почвы 4-6 °С, 2. температура почвы 6-8 °С) и трех нормах посева (1. 2,5 млн. шт./га; 2. 4,0 млн. шт./га; 5,5 млн. шт./га).

Результаты и их обсуждение. Лён масличный сравнительно засухоустойчивое растение и сравнительно хорошо переносит засуху, потому что имеет хорошо развитую корневую систему способную использовать влагу глубоких горизонтов почвы. Однако погодные условия, которые складываются, и наличие влаги, в почве существенно влияют на продуктивность растений. Особенно возрастает потребность во влаге льна масличного в период от появления всходов до цветения [6,7].

За период жизненного цикла лён проходит следующие основные фазы развития: лестницы, «елочка», цветения, созревания. По внешнему виду, темпом роста и образованием новых органов можно сравнительно легко определить ту или иную фазу роста льна. Первые две фазы характеризуются медленным ростом стебля и быстрым ростом корневой системы, третья – быстрым ростом и накоплением надземной массы растений. В начале цветения рост в высоту замедляется, а в конце – совсем останавливается. В фазе созревания заканчивается формирование семян и происходит быстрое одревеснение стебли. Эти особенности развития являются специфическими для культуры льна и их необходимо учитывать при проведении соответствующих агромероприятий по уходу за посевами

Орошение способствовало росту растений льна масличного всех исследуемых сортов, по срокам и нормам посева в сравнении с неорошаемыми условиями.

При действии неблагоприятных условий снижение физиологических процессов и функций может достигать критических уровней, не обеспечивающих реализацию генетической программы онтогенеза, нарушаются энергетический обмен, системы регуляции, белковый обмен и другие жизненно важные функции растительного организма. Однако в пределах конкретного срока увеличение густоты стояния растений, как в богарных условиях, так и в орошаемых высота растений с увеличением нормы посева изменялась не существенно (табл. 1).

Таблица 1. Изменение важнейших признаков и свойств исследуемых сортов льна масличного по важнейшим признакам и свойствам под воздействием условий выращивания (среднее за 2016-2018 гг.)

Водонепонижающие условия выращивания (среднее за 2010-2016 гг.)						
Срок сева	Сорт	Норма высева, млн. шт./га	Густота стояния растений, млн. шт./а	Высота растений, см.	Количество коробочек на 1 растении, шт.	Масса 1000 шт. семян, г.
1	2	3	4	5	6	7
Без орошения						
Первый (t почвы 4-6 °С)	Южная ночь	2,5	1,6	45,7	14,1	8,1
		4,0	2,7	46,4	9,9	7,9
		5,5	3,3	46,0	7,9	7,8
	Дебют	2,5	1,4	45,0	17,2	7,8
		4,0	2,7	46,5	10,6	7,7
		5,5	3,2	46,2	8,7	7,8
Второй (t почвы 6-8 °С)	Южная ночь	2,5	1,4	43,2	15,6	7,8
		4,0	2,5	43,9	11,0	7,5
		5,5	2,9	44,0	8,9	7,5
	Дебют	2,5	1,2	43,0	19,1	7,7
		4,0	2,4	44,0	11,3	7,5
		5,5	3,0	43,6	8,9	7,4
Орошение						
1	2	3	4	5	6	7
Первый (t почве 4-6 °С)	Южная ночь	6,0	3,8	51,9	8,6	7,8
		9,0	5,9	51,4	6,7	7,7
		12,0	7,7	50,8	4,9	7,7
	Дебют	6,0	3,8	52,3	8,9	7,9
		9,0	6,0	51,0	6,6	7,8
		12,0	7,6	50,4	5,3	7,6
Второй (t почве 6-8 °С)	Южная ночь	6,0	3,3	51,0	9,7	7,4
		9,0	5,5	50,6	6,7	7,4
		12,0	7,2	49,3	5,0	7,3
	Дебют	6,0	3,4	50,2	9,5	7,4
		9,0	5,3	50,0	7,3	7,3
		12,0	7,3	48,7	5,2	7,2

По всем срокам и нормам высева орошение обеспечило лучшее развитие, чем на суходоле, всех сортов. Прирост высоты растений составил 3,8-5,0 см (табл. 1.).

Количество коробочек на одном растении и масса 1000 семян на орошении не превышало показатели без поливов за счет большой густоты посева на первом фоне и сильной конкуренции.

Наибольшая влажность поверхностного слоя почвы наблюдается всегда при физической спелости почвы, а распределение атмосферных осадков невозможно предусмотреть, то для гарантированного получения всходов льна масличного сев целесообразно проводить только при физической спелости почвы. Дальнейшая задержка с севом приводит к тому, что при быстром пересыхания посевного слоя почвы, не удастся получить равномерные и дружные всходы, а это в свою очередь сказывается на весь следующий ход развития растения.

В условиях орошения на растениях льна масличного при сгущении посевов коробочек формируется меньше, чем в условиях суходола. В то же время этот показатель у сортов в условиях суходола при первом сроке сева снижается значительно с 14,1 шт. на одно растение при густоте 2,5 млн./га до 7,9 шт. при густоте 5,5 млн./га.

Наибольшее снижение отмечено у сорта Дебют в первом сроке с 17,2 до 8,7 шт. на растение, и с 19,1 до 8,9 шт. на растение во втором сроке или на 49,4% и 54,4% меньше. У сорта Южная ночь снижение количества коробочек в первый срок с 14,1 до 7,9, во второй – с 15,6 до 8,9 шт. на растение или соответственно на 44,0-43,0% меньше.

Таким образом, изучение элементов структуры урожая льна масличного в условиях орошения и суходола позволило выявить корреляционную зависимость и установить основные признаки влияния изучаемых факторов на рост и развитие растений. При определении агромероприятий на повышение урожайности надо в первую очередь обращать внимание на такие признаки, как количество коробочек и семян на растении, а также на массу 1000 семян.

Загущение посевов, как на богаре, так и на поливе приводило к уменьшению продуктивности одного растения, уменьшалась и крупность семян. На участках без орошения количество коробочек на одно растение при увеличении нормы высева с 2,5 до 5,5 млн. шт./га уменьшалась почти в два раза, на орошении в 1,7-1,6 раза. Крупность семян уменьшалась в пределах 0,3-0,4 г/тыс. семян на богаре соответственно в первом и во втором сроках сева и на 0,2 г/тыс. семян на орошении.

Однако такие выводы нельзя абсолютизировать, потому что отдельные элементы структуры урожая не однозначны по влиянию на продуктивность разных сортов. Повышение урожайности сортов, у которых больше положительных признаков структуры продуктивности и меньше отрицательных наблюдалось в годы, когда проявление отрицательных признаков максимально ослабляется.

Как правило, урожайность определяется количеством растений на единице площади посева и их производительностью (табл. 2).

Таблица 2. Влияние условий выращивания на урожайность льна масличного

Срок посева	Сорт	Норма высева, млн. шт./га	Урожайность, т/га			Среднее
			2016	2017	2018	
Без орошения						
Первый (t почвы 4-6 °С)	Южная ночь	2,5	0,97	2,02	0,84	1,28
		4,0	1,02	2,25	0,99	1,42
		5,5	1,00	2,18	0,86	1,35
	Дебют	2,5	0,99	2,07	0,97	1,34
		4,0	1,13	2,28	1,11	1,51
		5,5	1,06	2,21	1,03	1,43
Второй (t почвы 6-8 °С)	Южная ночь	2,5	0,89	1,93	0,80	1,21
		4,0	1,00	2,27	0,93	1,40
		5,5	0,93	2,04	0,87	1,28
	Дебют	2,5	0,92	1,98	0,89	1,26
		4,0	1,01	2,18	0,99	1,39
		5,5	0,97	2,10	0,93	1,33
НСР ₀₅			0,18	0,25	0,20	1,10
Орошение						
Первый (t почвы 4-6 °С)	Южная ночь	6,0	1,49	2,31	1,34	1,71
		9,0	1,64	2,57	1,61	1,94
		12,0	1,37	2,43	1,47	1,76
	Дебют	6,0	1,50	2,46	1,31	1,76
		9,0	1,73	2,61	1,65	2,00
		12,0	1,56	2,55	1,53	1,88
Второй (t почвы 6-8 °С)	Южная ночь	6,0	1,47	2,13	1,22	1,61
		9,0	1,60	2,35	1,37	1,77
		12,0	1,26	2,20	1,29	1,58
	Дебют	6,0	1,43	2,19	1,22	1,61
		9,0	1,62	2,37	1,51	1,83
		12,0	1,40	2,22	1,32	1,65
НСР ₀₅			0,15	0,22	0,18	0,98

Одновременность появления всходов – одно из условий высокого урожая льна. Всходы, которые появляются дружно, развиваются одновременно, что снижает внутривидовую конкуренцию. Это облегчает процесс формирования площади питания растений льна, уход за посевами и уборку, а также повышает качество продукции. Одним из агромероприятий регулирования полевой всхожести является срок сева.

Исследования показали, что ранний срок сева (по физической спелости почвы) отличается самым высоким показателем полевой всхожести семян. Так среднее значение этого показателя. при более позднем сроке) происходило

снижение полевой всхожести семян и Густота стояния растений.

Следует отметить, что эффективность орошения при выращивании льна масличного снижается в неблагоприятные по погодным условиям годы. В нашем случае таким оказался 2017 год. Урожайность составила: без орошения у сорта Южная ночь – 2,02-2,25 т/га, у сорта Дебют – 2,07-2,28 т/га; на орошении у сорта Южная ночь – 2,31-2,57 т/га, у сорта Дебют – 2,46-2,61 т/га. Снижение семенной продуктивности льна в 2016 и 2018 гг. были связаны с более засушливыми погодными условиями в эти годы во время вегетации. Оптимальная норма высева без орошения была 4,0 млн. шт./га, в условиях орошения – 9,0 млн. шт./га. Урожайность у сорта Южная ночь составила 1,42 т/га и 1,94 т/га, а у сорта Дебют – 1,51 т/га и 2,00 т/га соответственно. Увеличение нормы высева до 5,5 млн. шт./га, или уменьшение до 2,5 млн. шт./га без орошения и увеличения до 12,0 млн. шт./га, или уменьшение до 6,0 млн. шт./га на орошении приводило к значительному снижению урожайности изучаемых сортов.

Подобные нашим исследованиям результаты получены и у других исследователей [1;4;7].

Основное направление выращивания льна масличного в настоящее время заключается в получении растительного жира (льняное масло) и белка в виде шротов после извлечения жира. Данный опыт показал, что между содержанием жира и белка у льна масличного, по-видимому, имеется корреляция. Обычное содержание жира у льна масличного составляет 45-5%, белка 35-44%. Методами статистики можно доказать, что между содержанием жира и белка у льна существует межсортовая и внутрисортовая отрицательная корреляция [9].

Данные, иллюстрирующие зависимость между содержанием жира и белка у двух сортов льна масличного, сведены в таблицу 3.

В условиях суходола снижение содержания жира в семенах льна масличного наблюдалось с каждым повышением нормы высева с 42,2 до 41,5% сорта Южная ночь и с 42,5 до 41,3% сорта Дебют, причем наблюдалась четкая закономерность повышения масличности и снижения содержания белка в семенах льна масличного, выращиваемого в условиях орошения. Во втором сроке посева содержание масла в семенах снижалось на 1,7-0,8% по сравнению с первым как на суходоле, так и на орошении.

Обеспечение растений льна влагой в период, когда проходят цветение, оплодотворение и формируются семена, привело к значительному повышению содержания жира в семенах более чем на 4% в первом сроке и на 2% во втором сроке, но одновременно и снизило содержание белка в семенах. Однако максимальный сбор протеина с гектара на орошении было получено благодаря высокому урожаю семян. Между содержанием жира, белка в семенах и урожайностью в наших исследованиях не обнаружена отрицательная корреляция. Возможно, взаимосвязь между этими признаками может отсутствовать или принимать положительные значения.

Таблица 3. Динамика химического состава льна масличного в зависимости от сроков сева, сорта, густоты стояния (млн. шт./га) и влагообеспеченности

Срок посева	Сорт	Густота, млн.шт./га	Содержание в %				
			Жир	Белок	Углеводы	Зола	Влага
Без орошения							
Первый (t почвы 4-6 °C)	Южная ночь	2,5	42,2	21,1	24,1	5,2	7
		4,0	41,9	22,1	23,3	5,1	7
		5,5	41,5	22,5	23,2	5,8	7
	Дебют	2,5	42,5	21,6	22,7	5,2	7
		4,0	41,7	22,1	22,5	6,7	7
		5,5	41,3	22,3	22,5	6,9	7
Второй (t почвы 6-8 °C)	Южная ночь	2,5	41,7	22,2	22,4	6,6	7
		4,0	41,5	22,5	22,9	6,1	7
		5,5	41,3	23,0	22,3	6,4	7
	Дебют	2,5	41,1	22,5	23,2	6,1	7
		4,0	41,4	22,7	22,3	6,6	7
		5,5	41,2	23,0	22,1	6,7	7
Орошение							
Первый (t почвы 4-6 °C)	Южная ночь	6,0	44,6	20,2	23,7	4,5	7
		9,0	44,5	20,2	23,5	4,7	7
		12,0	44,5	20,1	23,6	4,8	7
	Дебют	6,0	45,7	20,0	23,4	3,9	7
		9,0	45,6	20,1	23,4	3,9	7
		12,0	45,6	19,9	23,5	4,3	7
Второй (t почвы 6-8 °C)	Южная ночь	6,0	43,3	21,0	23,3	4,2	7
		9,0	43,3	21,1	23,4	4,3	7
		12,0	43,1	21,4	23,5	3,8	7
	Дебют	6,0	43,2	21,9	23,7	4,1	7
		9,0	43,1	22,1	23,5	4,3	7
		12,0	42,9	22,3	23,6	4,2	7

Данные таблицы 4. свидетельствуют, что масличность в среднем за 2016 2018 гг. в опыте без орошения была в пределах 47,5-48,2% у сорта Южная ночь и 47,1 48,3% у сорта Дебют.

**Таблица 4. Масличность и выход жира с единицы площади
у льна масличного (2016-2018 гг.)**

Срок сева	Сорт	Норма высева, млн. шт./га	Масличность, %	Выход жира,кг/га
1	2	3	4	5
Без орошения				
Первый (t почвы 4-6 °С)	Южная ночь	2,5	48,2	549
		4,0	47,9	605
		5,5	47,5	571
	Дебют	2,5	47,5	566
		4,0	47,7	641
		5,5	48,3	615
Второй (t почвы 6-8 °С)	Южная ночь	2,5	47,7	514
		4,0	47,5	592
		5,5	47,6	542
	Дебют	2,5	47,1	528
		4,0	47,1	583
		5,5	47,2	559
Орошение				
Первый (t почвы 4-6 °С)	Южная ночь	6,0	48,6	740
		9,0	48,7	841
		12,0	47,9	750
	Дебют	6,0	47,7	747
		9,0	47,8	851
		12,0	47,8	800
Второй (t почвы 6-8 °С)	Дебют	6,0	46,7	669
		9,0	47,1	767
		12,0	46,9	689

В условиях орошения – 47,1-48,7% у сорта Южная ночь и 46,7-47,8% у сорта Дебют. Установлено, что содержание жира в семенах изученных сортов мало зависело от густоты посева, срока сева и орошения. Выход жира на единицу площади зависел в основном от уровня урожайности семян льна масличного. Сбор жира с единицы площади посевов у изучаемых сортов составлял: без орошения у сорта Южная ночь 514-605 кг/га и у сорта Дебют 528-641 кг/га; на орошении – в условиях орошения посевы льна масличного способствовали существенному увеличению урожайности и выхода жира.

Наивысшая урожайность и выход жира на единицу площади обеспечиваются при севе на орошении в первый срок при температуре почвы 4-6°С с нормой высева 9,0 млн. шт./га.

При исследовании агротехнических приемов выращивания льна масличного и элементов его продуктивности необходимо учитывать, что эти признаки

находятся как между собой, так и с морфологическими показателями растений в определенной зависимости. Исследованиями были определены характер и плотность этих взаимосвязей. По этим данным сила корреляционных связей без орошения и на орошении немного отличалась. Так высота растений льна масличного без орошения имела тесную корреляционную связь со сроками сева ($r = -0,93$). В то же время, на орошении она зависела, как от сроков сева ($r = -0,68$), так и от нормы высева ($r = 0,65$) (табл. 5).

Таблица 5. Корреляционные связи продуктивности льна масличного и агроприёмов его выращивания

Показатель	Высота растений	Количество коробочек	Масса 1000 шт. семян	Урожайность	Масличность	Выход жира
Без орошения						
Срок сева	-0,93	0,15	-0,73	-0,47	-0,65	-0,54
Сорт	-0,06	0,20	-0,30	0,33	-0,34	0,28
Норма высева	0,24	-0,91	-0,47	0,38	0,03	0,37
Высота растений		-0,44	0,57	0,67	0,67	0,73
Количество коробочек			0,30	-0,52	-0,22	-0,53
Масса 1000 шт. семян				-0,10	0,70	-0,01
Урожай-ность					0,18	0,99
Маслич-ность						0,30
Орошение						
Срок сева	-0,68	0,12	-0,92	-0,64	-0,31	-0,71
Сорт	-0,20	0,06	-0,04	0,23	0,30	0,15
Норма высева	-0,65	-0,98	-0,32	0,14	0,37	0,11
Высота растений		0,54	0,87	0,36	-0,07	0,44
Количество коробочек			0,18	-0,24	-0,31	-0,22
Масса 1000 шт. семян				0,54	0,08	0,61
Урожайность					0,29	0,99
Масличность						0,28

Вероятно, это объясняется требовательностью культуры и отзывчивостью высоты растений льна масличного к влаге. Количество коробочек, как без орошения, так и на орошении имело тесную корреляционную связь с нормой высева семян. Коэффициент корреляции составил соответственно $r = -0,91$ и $r = -0,98$. Между урожайностью и сроком сева: без орошения $r = -0,47$, на орошении $r = -0,64$. Меньшей мерой уровень урожайности зависел от генотипа сорта и нормы высева. Коэффициенты корреляции без орошения составили $r = 0,33$ и $r = 0,38$, на орошении $r = 0,23$ и $r = 0,14$.

Следует отметить тесная позитивная корреляционная связь в условиях суходола массы 1000 штук семян с высотой растений $r = 0,57$ и с маслянистостью $r = 0,70$. В условиях орошения масса 1000 штук семян положительно коррелировала лишь с высотой растений $r = 0,87$.

Следовательно, анализ корреляционных связей продуктивности льна масличного с агроприёмами его выращивания показал, что на основные элементы продуктивности в большей степени повлияли сроки сева и меньшей мерой нормы высева и генотипы сортов.

Выводы. На основании результатов исследований можно отметить, что лен масличный по агробиологическим особенностям является полностью пригодным для выращивания на не орошаемых землях южной Степи, а современные сорта способны формировать урожайность на уровне 1,5-2,0 т/га в ранний срок сева с нормой высева 4,0 млн. шт./га. Коэффициент водопотребления при этом наименьший – 1216 м³/т. Сев льна масличного в поздние сроки приводит к лишней потере влаги почвы.

Применение орошения на посевах льна дает существенное увеличение урожайности и выход масла всех сортов, которые изучались. Наивысшая урожайность и наивысший выход жира из единицы площади получен при первом сроке сева с нормой высева 9,0 млн. шт./га.

Исходя из результатов наших исследований по вопросам корреляции, а также материалов отечественных и зарубежных исследователей, приходим к выводу, что следует заострить внимание не только на корреляции между отдельными факторами урожайности и общей урожайностью, но также и на коррелятивности этих факторов между собой [4; 3; 9].

В среднем за трехлетними данными установлено, применение орошения на посевах льна масличного дает существенное увеличение урожайности и выход жира. Наивысшая урожайность и выход жира с единицы площади обеспечиваются при посеве на орошении в первый срок при температуре почвы 4-6 °С с нормой высева 9,0 млн. шт./га.

Список используемых источников

1. Богдан Т.М. Семенная продуктивность сортообразцов масличного льна / Актуальные проблемы агроно-

References:

1. Bogdan T.M. Seed productivity of oil flax varieties / Actual problems of agronomy and ways of their solution:

мии и пути их решения: Белорус, гос. с.-х. акад., 2005. в. 1. Ч. 2. С. 117-119.

2. Адамень Ф.Ф., Вишневская Ю.С., Арсланова Л.Е., Патраков О.И., Сташкина А.Ф. Крымский лён – история и биология культуры. – Симферополь 2012 – 123 с.

3. Гаркуша С.В., Адаптивные технологии возделывания масличных культур, Краснодар – 2011, с. 182.

4. Ермако А.И. Зависимость химического состава семян льна от условий выращивания в различных почвенно-климатических зонах: труды по приклад, бот., гос. сел. /А.И. Ермаков. —М,-Л.: Госуд. из-во с.-х. лит-ры, 1986. -36-60 с.

5. Официальный дайджест Центра Агроаналитики РФ по масличным (май 2025).

6. Адамень Ф.Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических факторов при выращивании основных сельскохозяйственных культур в условиях Северного Причерноморья / Ф.Ф. Адамень, С.В. Коковихин, А.Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 34-43.

7. Мовчан В.В. Агробиологические особенности выращивания сортов льна масличного в условиях юга степи Украины // Научно-технический бюллетень Всероссийского НИИ маслич. культур, 2001. Вып. 124. С. 156-158.

8. Попов Л.Б., Балашова О.В., Журнал «Хранение и переработка сельхозсырья», № 6, 2007 г.

9. Арсланова Л.Э. Оценка химического состава льна масличного (*Linum Usitatissimum* L.). /Л.Э. Арсла-

Belorus, state agricultural academy, 2005. v. 1. Part 2. pp. 117-119.

2. Adamen F.F., Vishnevskaya Yu.S., Arslanova L.E., Patrakov O.I., Stashkina A.F. Crimean flax – history and biology of the crop. – Simferopol 2012 – 123 p.

3. Garkusha S.V., Adaptive technologies of oilseed crop cultivation, Krasnodar – 2011, p. 182.

4. Ermako A.I. Dependence of the chemical composition of flax seeds on growing conditions in different soil and climatic zones: works on applied, bot., state. sel. /A.I. Ermakov. -M, -L.: State Agricultural Literature Press, 1986. -36-60 p.

5. Official Digest of the Russian Federation Agroanalytics Center on oilseeds (May 2025).

6. Adamen F.F. Efficiency of artificial moisture application taking into account meteorological factors in growing main agricultural crops in the Northern Black Sea region / F.F. Adamen, S.V. Kokovikhin, A.F. Stashkina // News of the agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 33 (196). - P. 34-43.

7. Movchan V.V. Agrobiological features of growing oil flax varieties in the conditions of the southern steppe of Ukraine // Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds. cultures, 2001. Issue 124. Pp. 156-158.

8. Popov LB, Balashova OV, Magazine "Storage and Processing of Agricultural Raw Materials", No. 6, 2007

9. Arslanova LE Evaluation of the chemical composition of oil flax (*Linum Usitatissimum* L.). /L.E. Arslanova. // Innovations in Science and Practice: a collection of articles based on the materials of the III International

нова. // Инновации в науке и практике: сборник статей по материалам III международной научно-практической конференции (10 ноября 2017 г., г. Прага). В 4 ч. Ч.4 / – Уфа: Изд. Дендра, 2017. – 218 с., С. 118 – 125.

10. Тишков Н.М., Бушнев А.С., Журнал "Эффективное животноводство" № 3, марта 2012 год.

11. DeClercq D.R., Daun J.K., Tipples K.H. Quality of western Canadian flaxseed. —1994. 50с.

12. Буряков Ю. П. Масличный лен / Ю. П. Буряков, В. К. Ивановский, П.Ф. Осипов. – М.: Россельхозиздат, 1971. – 111 с.

Scientific and Practical Conference (November 10, 2017, Prague). In 4 parts. Part 4 / - Ufa: Dendra Publishing House, 2017. - 218 p., Pp. 118 - 125.

10. Tishkov NM, Bushnev AS, Magazine "Efficient Animal Husbandry" No. 3, March 2012.

11. DeClercq D.R., Daun J.K., Tipples K.H. Quality of western Canadian flaxseed. —1994. 50 p.

12. Buryakov Yu. P. Oilseed flax / Yu. P. Buryakov, V. K. Ivanovsky, P. F. Osipov. – Moscow: Rosselkhozizdat, 1971. – 111 p.

Сведения об авторах:

Лейля Энверовна Арсланова, кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель, Ордена Трудового Красного Знамени агропромышленный колледж имени Э.А. Верновского (филиал) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Алена Фёдоровна Сташкина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФИЦ ИнБЮМ

Information about the authors:

Leylya Enverovna Arslanova, Candidate of Agricultural Sciences, lecturer, Order of the Red Banner of Labor Agro-Industrial College named after E.A. Vernovsky (branch) of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University

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

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 631.3; 51-74

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АГРЕГАТОВ СИСТЕМ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ, ИМЕЮЩИХ ВНУТРЕННИЙ ИСТОЧНИК КОЛЕБАНИЙ

OPTIMIZATION OF PARAMETERS AND ENSURING SAFETY OF UNITS OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEXES SYSTEMS WITH AN INTERNAL SOURCE OF OSCILLATIONS

Ажермачев С.Г., кандидат технических наук, доцент;

Высоцкая Н.Д., кандидат технических наук, доцент;

Решетник А.А., студентка, группа АИ-б-о-231.2

Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

Azhermachev S.G., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Vysotskaya N.D., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Reshetnik A.A., student, group AI-b-o-231

Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University"

Проблемы безопасности эксплуатации агрегатов систем агропромышленных комплексов, имеющих внутренний источник колебаний, возникают в связи с возможными проявлениями колебательных процессов в несущих конструкциях систем из-за неуравновешенности вращающихся частей двигателя, как части комплексного устройства, расположенного на элементах конструкций агрегатов. Анализ наблюдений показывает, что для агрегатов систем, имеющих внутренний источник колебаний, сохраняется риск возможного перехода в аварийное состояние из-за появляющегося динамического усилия, возникающего из-за неуравновешенности вращающихся частей дви-

Problems of safety of operation of units of agro-industrial complexes with an internal source of vibrations, arise in connection with possible manifestations of oscillatory processes in the supporting structures of systems due to the imbalance of the rotating parts of the engine, as part of a complex device located on the structural elements of the units. An analysis of observations shows that for units of systems with an internal source of vibrations, there remains a risk of possible transition to an emergency state due to the emerging dynamic force arising from the imbalance of the rotating parts of the engine. The transition to an emergency state can be caused by the destabilizing effect of dynamic force due

гателя. Переход в аварийное состояние может быть вызван дестабилизирующим действием динамического усилия из-за недостаточного уравнивания рабочей системы в целом. С целью решения проблемы безопасности необходимо предусмотреть дополнительные мероприятия по регулированию усилий в несущей системе путем введения дополнительных уравнивающих масс. Это мероприятие по дополнительному сбалансированию усилий позволит во время работы двигателя стабилизировать величины опорных реакций, сделать их постоянными во времени и сделать их равными статическим.

Ключевые слова: агрегат, колебательные процессы, критическое состояние, аварийные ситуации, регулирование усилий, динамическое усилие, силы инерции масс, амплитудные значения инерционных сил масс, амплитудные значения динамического усилия, перемещения, резонанс.

to insufficient balancing of the working system as a whole. In order to solve the safety problem, it is necessary to provide additional measures to regulate the forces in the supporting system by introducing additional balancing masses. This additional balancing of forces will allow the values of support reactions to be stabilized during engine operation, making them constant over time and making them equal to static ones.

Key words: unit, oscillatory processes, critical state, emergency situations, force regulation, dynamic force, mass inertial forces, amplitude values of mass inertial forces, amplitude values of dynamic force, displacement, resonance.

Введение. Стабильная урожайность сельскохозяйственных культур может быть обеспечена мероприятиями, обеспечивающими стабильность и безопасность работы агрегатов систем агропромышленного комплекса. Чтобы достичь этих целей расходуются значительные суммы на осуществление соответствующих агротехнических мероприятий. Успешное решение этих задач зависит во многом от рабочего состояния и безопасной функциональности механизированных устройств, применяемых в агропромышленном комплексе. В основе таких агрегатов, как правило, применяются несущие конструкции в виде балок, рам и более сложных стержневых систем, на которых, как правило, закрепляется двигатель с вращающимися частями и другое вспомогательное навесное оборудование, обеспечивающее процедуру совместной работы устройств.

Расчетная схема в виде симметричной двухконсольной балки с центральным расположением двигателя может быть адаптирована для следующих видов сельскохозяйственной техники: дождевальные агрегаты, предназначены для орошения сельскохозяйственных культур и трав; комбайны и уборочные машины, где требуется равномерное распределение веса и устойчивость при

работе с навесным оборудованием; транспортные платформы для перевозки грузов с распределённой нагрузкой; машины для внесения удобрений или пестицидов, где двигатель в центре обеспечивает баланс при работе с распылителями или распределителями.

Комплекс оборудования, имеющий двигатель с неуравновешенными вращающимися частями создает динамическое усилие, которое меняется по синусоидальному закону [1]. Опорные реакции перестают быть постоянными во времени и будут сильно отличаться от статических. Если ситуация выйдет из-под контроля [2], то появляется возможность появления аварийной ситуации со всеми вытекающими последствиями.

Материалы и методы исследований. Чтобы взять ситуацию под контроль и уменьшить риски наступления аварийных ситуаций необходимо провести анализ факторов, оказывающих влияние на колебательные свойства таких систем [3].

Чтобы представить наглядно работу такого типового устройства, можно рассмотреть условную расчетную схему [4], [5], [6], которая может отобразить эти процессы (рисунок 1).

На рисунке 1 изображена симметричная двух консольная балка, на которую из-за неуравновешенности вращающихся частей, установленного на нее двигателя передается динамическое усилие [1]:

$$P(t) = P \cdot \sin(\theta \cdot t),$$

где θ – угловая скорость вращения ротора (рад/с),

t – время.

Обозначим массу двигателя через M . Безопасность работы такой конструкции можно обеспечить путем регулирования усилий в балке. Для этого на ее консолях необходимо установить стабилизирующие массы m . Необходимо определить величину масс на консолях устройства, при которых при включенном двигателе и при его работе опорные реакции балки будут равны статическим и будут постоянны во времени.

Условие неизменности во времени и равенства опорных реакций статическим значениям будет выполняться лишь в том случае, если динамическое усилие $P(t)$ будет уравновешено силами инерции масс $I_1^*(t)$ и $I_2^*(t)$:

$$(2 \cdot I_1^* + I_2^* + P) \cdot \sin(\theta \cdot t) = 0, \quad (1)$$

где $I_1^*(t)$ и $I_2^*(t)$ и P – соответственно амплитудные значения инерционных сил масс m и M и динамического усилия $P(t)$.

Необходимо найти силы инерции масс и для их определения составим систему канонических уравнений [1], которые будут показывать, что перемещения точек присоединения масс будут складываться из перемещений под действием амплитудных значений динамического усилия P и сил инерции масс:

$$\left. \begin{aligned} \left(\delta_{11} - \frac{2}{m \cdot \theta^2} \right) \cdot I_1^* + \delta_{12} \cdot I_2^* + \Delta_{1p} &= 0, \\ \delta_{21} \cdot I_1^* + \left(\delta_{22} - \frac{1}{M \cdot \theta^2} \right) \cdot I_2^* + \Delta_{2p} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где δ_{11} и δ_{12} – соответственно перемещения, которые определяются путем перемножения единичных эпюр изгибающих моментов;

δ_{21} и δ_{22} – соответственно перемещения, которые так же определяются путем перемножения единичных эпюр изгибающих моментов;

Δ_{1p} и Δ_{2p} – соответственно перемещения, которые определяются путем перемножения грузовой эпюры сначала на одну единичную, а затем на другую единичную эпюру изгибающих моментов; эти перемещения носят названия единичных и грузовых коэффициентов [1].

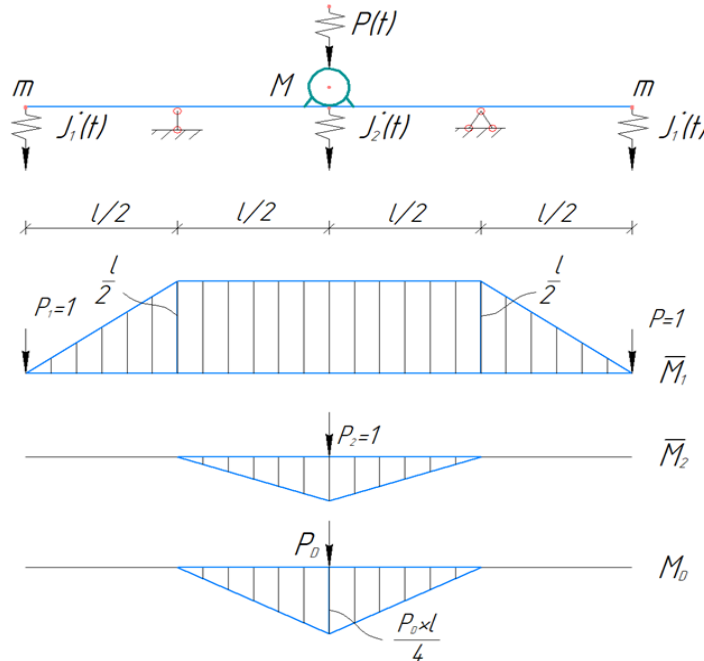


Рисунок 1. Расчетная схема и эпюры моментов

Для уравнения (2) вычислим единичные и грузовые коэффициенты при использовании эпюр на рисунке 1:

$$\begin{aligned}
 \delta_{11} &= \frac{l^3}{3 \cdot EI}; \\
 \delta_{12} = \delta_{21} &= -\frac{l^3}{16 \cdot EI}; \\
 \delta_{22} &= \frac{l^3}{48 \cdot EI}; \\
 \Delta_{1p} &= -\frac{P \cdot l^3}{16 \cdot EI}; \\
 \Delta_{2p} &= -\frac{P \cdot l^3}{48 \cdot EI}.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Подставляем эти коэффициенты в канонические уравнения и упрощаем:

$$\begin{aligned} \left(16 - \frac{96 \cdot EI}{l^3 \cdot m \cdot \theta^2}\right) \cdot I_1^* - 3 \cdot I_2^* &= 3 \cdot P; \\ -3 \cdot I_1^* + \left(1 - \frac{48 \cdot EI}{l^3 \cdot M \cdot \theta^2}\right) &= -P. \end{aligned}$$

Представим последние выражения в виде:

$$\begin{aligned} a_{11} \cdot I_1^* - 3 \cdot I_2^* &= 3 \cdot P; \\ -3 \cdot I_1^* + a_{22} \cdot I_2^* &= -P, \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$\begin{aligned} a_{11} &= 16 - \frac{96 \cdot EI}{l^3 \cdot m \cdot \theta^2}; \\ a_{22} &= 1 - \frac{48 \cdot EI}{l^3 \cdot M \cdot \theta^2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Результаты и обсуждения. Поставленная задача предполагает определение величин дополнительных установленных компенсирующих масс при условии, что система будет иметь опорные реакции, постоянные во времени, равные статическим и что система не войдет в резонанс. Для определения масс необходимо определить силы инерции масс, для этого найдем частное решение уравнения (4).

Решением (4) при условии $(a_{11} \cdot a_{22} - 9) \neq 0$ является:

$$\begin{aligned} I_1^* &= 3 \cdot P \cdot \frac{a_{22} - 1}{a_{11} \cdot a_{22} - 9}; \\ I_2^* &= -P \cdot \frac{a_{11} - 9}{a_{11} \cdot a_{22} - 9}. \end{aligned} \quad (6)$$

Подставляем (6) в (1):

$$\begin{aligned} \left(6 \cdot P \cdot \frac{a_{22} - 1}{a_{11} \cdot a_{22} - 9} - P \cdot \frac{a_{11} - 9}{a_{11} \cdot a_{22} - 9} + P\right) \cdot \sin(\theta \cdot t) &= 0, \\ \left(6 \cdot \frac{a_{22} - 1}{a_{11} \cdot a_{22} - 9} - \frac{a_{11} - 9}{a_{11} \cdot a_{22} - 9} + 1\right) \cdot P \cdot \sin(\theta \cdot t) &= 0, \end{aligned}$$

При $P \cdot \sin(\theta \cdot t) \neq 0$ получим:

$$\begin{aligned} 6 \cdot (a_{22} - 1) - a_{11} + 9 + a_{11} \cdot a_{22} - 9 &= 0, \\ 6 \cdot (a_{22} - 1) + a_{11} \cdot (a_{22} - 1) &= 0, \\ (a_{22} - 1) \cdot (6 + a_{11}) &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

или

$$a_{22} = 1; a_{11} = -6.$$

Физический смысл поставленной нами задачи реализуется при $a_{11} = -6$.

Откуда, согласно зависимости (5), находим значения масс на консолях:

$$m = \frac{96 \cdot EI}{22 \cdot l^3 \cdot \theta^2},$$

т.е.

$$m = \frac{4,36 \cdot EI}{\theta^2 \cdot l^3}.$$

Можно отметить, что при некоторых частных случаях значение массы мо-

жет оказаться таким, что система может попасть в резонанс. В этом случае значение массы можно определить из условия равенства нулю знаменателя в (6):

$$m = \frac{2 \cdot \frac{48 \cdot EI}{\theta^2 \cdot l^3} \cdot \left(M - \frac{48 \cdot EI}{\theta^2 \cdot l^3} \right)}{7M - 16 \cdot \frac{48 \cdot EI}{\theta^2 \cdot l^3}} \quad (8)$$

Если ввести обозначение

$$f = \frac{48 \cdot EI}{\theta^2 \cdot l^3},$$

то

$$m = \frac{2 \cdot f \cdot (M - f)}{7 \cdot M - 16 \cdot f} \quad (9)$$

Выводы. На основании выше изложенного можно заключить следующее:

1) Из-за неуравновешенности вращающихся частей двигателя на систему передаются динамические нагрузки, усилия от которых необходимо регулировать.

2) С целью регулирования усилий в системе устанавливаются дополнительные компенсирующие массы.

3) Аналитическим путем можно определить место установки и величины дополнительных компенсирующих масс, чтобы в результате система с работающим двигателем с неуравновешенными вращающимися частями имела опорные реакции постоянные во времени и равные статическим, а так же чтобы система не вошла в состояние резонанса.

Список использованных источников:

1. Прочность. Устойчивость. Колебания. Справочник в трех томах. Том 1. Под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. – М.: Издательство «Машиностроение», 1968. – 832 с.

2. Масленников А.М. Динамика и устойчивость сооружений: учебник и практикум для вузов / А.М. Масленников. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 366 с. – Серия: Специалист.

3. Чемодуров В.Т. Оптимизация параметров элементов конструкции агрегатов агропромышленного комплекса / В.Т. Чемодуров, С.Г. Ажермачев, Э.В. Литвинова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 32 (195). – С. 139 – 146. eLIBRARY ID: 50252865 EDN: YYIXCL

4. Инженерное обеспечение инно-

References:

1. Strength. Sustainability. Oscillations. Handbook in three volumes. Volume 1. Edited by I.A. Birger and Ya.G. Panovko. – Moscow: Publishing house «Mechanical engineering», 1968. – 832 p.

2. Maslennikov A.M. Dynamics and stability of structures: textbook and workshop for universities / A.M. Maslennikov. – Moscow: Publishing house YUrajt, 2016. – 366 p. – Series: Specialist.

3. Chemodurov V.T. Optimization of parameters of design elements of units of the agro-industrial complex / V.T. Chemodurov, S.G. Azhermachev, E.V. Litvinova // News of agricultural science of Tavrida. – 2022. – № 32 (195). – P. 139 – 146. eLIBRARY ID: 50252865 EDN: YYIXCL

4. Engineering support of innovative technologies in the agro-industrial

вационных технологий в АПК: материалы Международной научно-практической конференции 25-27 октября 2023 года: сб. науч. тр. / под общ. ред. И.П. Криволапова. – Мичуринск: Изд-во ООО «БиС», 2023. – 306 с.

5. Ажермачев С.Г. Повышение надежности морских трубопроводов при экстремальных воздействиях / Сергей Ажермачев // MOTROL. – Commission of motorization and energetics in agriculture : Polish Academy of sciences. – Lublin, 2014. – Vol. 16. – P. 69 – 74.

6. Ажермачев С.Г., Погрибняк Н.С. Корректировка расчетных схем морских сооружений в условиях слабых грунтов. Молодежь в науке: Новые аргументы [Текст]: Сборник научных работ VI Международного молодежного конкурса (Россия, г. Липецк, 30 апреля 2017 г.). Часть I / Отв. ред. А.В. Горбенко. – Липецк: Научное партнерство «Аргумент», 2017. – С. 65 – 71.

complex: materials of the International Scientific and Practical Conference October 25-27, 2023: collection of scientific papers / under the general editorship of I.P. Krivolapova. – Michurinsk: Publishing House LLC «BiS», 2023. – 306 p.

5. Azhermachev S.G. Increasing the reliability of offshore pipelines under extreme impacts / Sergey Azhermachev // MOTROL. – Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin, 2014. – Vol. 16. – P. 69 – 74.

6. Azhermachev S.G., Pogribnyak N.S. Adjustment of design schemes for offshore structures in soft soil conditions. Youth in science: New arguments [Text]: Collection of scientific works of the VI International Youth Competition (Russia, Lipetsk, April 30, 2017). Part I / Editor-in-chief A.V. Gorbenko. – Lipetsk: Scientific partnership “Argument”, 2017. – P. 65 – 71.

Сведения об авторах:

Ажермачев Сергей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций Института «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: SGA.simf@gmail.com, 295050, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, Киевская улица, 181, Институт «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Высоцкая Наталия Дмитриевна – кандидат технических наук,

Information about the authors:

Azhermachev Sergey Gennadievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of building structures of the Institute "Academy of Construction and Architecture" of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail: SGA.simf@gmail.com, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Kyiv street, 181, Institute "Academy of Construction and Architecture" of the Federal State Autonomous Educational

доцент кафедры общетехнических 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».

Решетник Анастасия Александровна – студентка группы АИ-б-о-231 Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: reshetniknastya2005@gmail.com, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

Vysotskaya Natalia Dmitrievna – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of General Technical Disciplines of the Institute "Agrotechnological Academy" of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: natali.v-v@mail.ru, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe settlement, Institute "Agrotechnological Academy" of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

Reshetnik Anastasia Alexandrovna – student of group AI-b-o-231 of the Institute of Agrotechnological Academy of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail: reshetniknastya2005@gmail.com, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe settlement, Institute of Agrotechnological Academy of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

УДК 631.3

**РАСЧЕТ И ВЫБОР
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ
АМОРТИЗАТОРОВ
ПОД КАБИНУ ТРАКТОРА**

**CALCULATION AND
SELECTION OF GEOMETRIC
PARAMETERS OF
SHOCK ABSORBERS FOR THE
TRACTOR CAB**

Высоцкая Н.Д., кандидат технических наук, доцент;
Ажермачев С.Г., кандидат технических наук, доцент;
Онощенко Г.В., студент, группа АИ-б-о-231,
Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

Vysotskaya N.D., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Azhermachev S.G., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Onoshchenko G.V., student, group AI-b-o-231,
Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University"

Решены задачи о напряженно-деформированном состоянии полых резинометаллических амортизаторов под кабину трактора – конического и коническо-цилиндрического. Расчет проводился на основе метода конечных элементов в трехмерной постановке с применением вычислительного комплекса КОДЕТОМ. Сравнивались результаты геометрически нелинейных и физически нелинейных задач. Отмечается совпадение результатов, полученных с использованием нелинейных законов состояния Линдли и Пенга-Ландела. На основании анализа силовых характеристик конического и коническо-цилиндрического амортизаторов под кабину трактора рекомендовано использовать коническо-цилиндрический амортизатор, так как при одинаковой нагрузке осадка этого амортизатора меньше.

Ключевые слова: амортизатор, эластомер, метод конечных элемен-

Problems on the stress-strain state of hollow rubber-metal shock absorbers under the tractor cabin – conical and conical-cylindrical – have been solved. The calculations were performed using the finite element method in a three-dimensional formulation and the CODETOM computational system. Results from geometrically nonlinear and physically nonlinear problems were compared. Results obtained using the Lindley and Peng-Landel nonlinear laws of state are consistent. Based on an analysis of the force characteristics of conical and conical-cylindrical shock absorbers for tractor cabs, it is recommended to use the conical-cylindrical shock absorber, as it has less settlement under the same load.

Key words: shock absorber, elastomer, finite element method,

тов, осадка, напряжения, ползучесть, *settlement, stress, creep, computational*
вычислительный комплекс, алгоритм. *system, algorithm.*

Введение. Получившие в последнее время широкое распространение эластомерные элементы используются в качестве амортизаторов, виброизоляторов, шарниров, эластомерных подшипников и тому подобных механизмов, в том числе в сфере сельскохозяйственного машиностроения. Применение эластомерных материалов при создании новых и совершенствовании существующих сельскохозяйственных машин и устройств позволяет улучшить их эксплуатационные характеристики и снизить материалоемкость. На сегодняшний день очень мало работ посвящено исследованию процессов деформирования резиноподобных материалов в сельскохозяйственной технике.

Одной из актуальных задач проектирования конструкций и устройств сельскохозяйственных машин и механизмов является исследования по применению эластомеров для совершенствования амортизирующих устройств тракторов на основе метода конечных элементов в трехмерной постановке, с учетом нелинейного вязкоупругого деформирования и слабой сжимаемости материала.

Расчет и выбор геометрических параметров амортизирующих устройств тракторов, исследование влияния релаксационных процессов, геометрической и физической нелинейности, трехмерности объекта на его напряженно-деформированное состояние – цель настоящей работы.

Материалы и методы исследований. Для описания процесса деформирования слабосжимаемых материалов используются метод конечных элементов (МКЭ) и нелинейные законы состояния Линдли и Пенга-Ланделя [1]. Вязкоупругое поведение моделируется на основе упруго-наследственной теории Больцмана-Вольтерра с ядрами релаксации Работнова [2] и Ржаницына [3]. При решении задач о напряженно-деформированном состоянии слабосжимаемых материалов, коэффициент Пуассона которых близок к 0,5, используется пространственный модифицированный квадратичный конечный элемент [4]. При выводе матрицы жесткости конечного элемента компоненты тензора напряжений определяются линеаризованной составляющей закона Пенга-Ланделя и Линдли [5].

В работах [6, 7] описан применяемый алгоритм численных расчетов ползучести и релаксации эластомерных конструкций в трехмерной постановке. Для дискретизации во времени уравнений вязкоупругости используется пространственно-временной конечный элемент. Нелинейная система алгебраических уравнений решается с помощью модифицированного метода Ньютона-Канторовича в сочетании с методом последовательных нагружений и методом взвешенных невязок.

В работе [8] рассмотрено решение некоторых задач упругости и вязкоупругости для тел несложной конфигурации, имеющих аналитическое и численное решение – примеры, иллюстрирующие приемлемость разработанного варианта МКЭ. Также в статье [9] было проведено исследование точности численных решений при расчете цилиндрического амортизатора сжатия.

Для реализации на персональных компьютерах данного алгоритма используется пакет прикладных программ NELVIS [10], входящий в состав вычислительного комплекса КОДЕТОМ [11]. В статье [12] на конкретном примере – исследование напряжений при запрессовке резинометаллического шарнира балансира гусеничного трактора – показана работа программного комплекса при определении напряжений по известным перемещениям.

С применением модифицированного метода Ньютона-Канторовича в сочетании с методом последовательных нагружений выполнен расчет напряженно-деформированного состояния конического и коническо-цилиндрического амортизатора под кабину трактора. В силу симметрии расчет выполнялся для сектора в 90° . Вязкоупругие свойства резинового элемента описывались ядром релаксации Работнова с реологическими параметрами: $\alpha = -0,6$; $\beta = 1,1$; $\chi = 0,64$. Физические константы: коэффициент Пуассона $\nu = 0,49$, модуль сдвига $\mu = 0,94$ МПа.

Рассмотрены три случая расчета с учетом переменной геометрии (рисунки 1...4), которые на рисунках 1 и 3 обозначены цифрами: 1, 2 – использование закона Гука и соответственно линейного или нелинейного тензора деформаций (геометрически нелинейные задачи); 3 – применение закона Линдли или Пенга-Ландела в сочетании с нелинейным тензором деформаций (геометрически и физически нелинейная задача). На рисунках 2 и 4 эти варианты расчетов изображены соответственно пунктирными (1), штрих-пунктирными (2) и сплошными линиями (3).

Задача 1. Расчет напряженно-деформированного состояния полого конического резинометаллического амортизатора под кабину трактора (рисунок 1 а). Размеры резинового элемента: $R_1 = 0,011$ м, $R_2 = 0,015$ м, $h = 0,019$ м, $H = 0,036$ м. Нагрузка $P(t) = 2,95$ кН.

Задача 2. Расчет полого резинометаллического коническо-цилиндрического амортизатора под кабину трактора (рисунок 3 а). Геометрические размеры: $R = 0,0125$ м, $h_1 = 0,015$ м, $h_2 = 0,02$ м, $2H = 0,036$ м. Нагрузка $P(t) = 3,4$ кН.

Результаты и обсуждения. Сопоставим результаты решения геометрически нелинейных (переменная геометрия, нелинейный тензор деформации), а также геометрически и физически нелинейных задач. На рисунке 1 б приведены графики, характеризующие изменение осадки конического амортизатора с течением времени при скорости нагружения $\dot{p} = 2,95$ кН/с. Построены графики распределения напряжений σ^{11} и σ^{22} в сечениях I – I (рисунок 2 а) и II – II (рисунок 2 б) для момента времени $t = 1$ с. Начальная абсцисса графиков $z^2 \cdot I \theta^3 = 11$ м.

Результаты, полученные с использованием закона Линдли и Пенга-Ландела, практически совпадают. Расхождение в результатах при сравнении второго варианта расчета с третьим достигает 17 % по перемещениям и 39 % по напряжениям (рисунок 2 а, σ^{11}), а при сравнении первого варианта с третьим – 4 % по перемещениям и 27 % по напряжениям (рисунок 2 а, σ^{22}). Максимальное расхождение в результатах наблюдается по напряжениям между геометрически нелинейными задачами (первым и вторым вариантами расчетов).

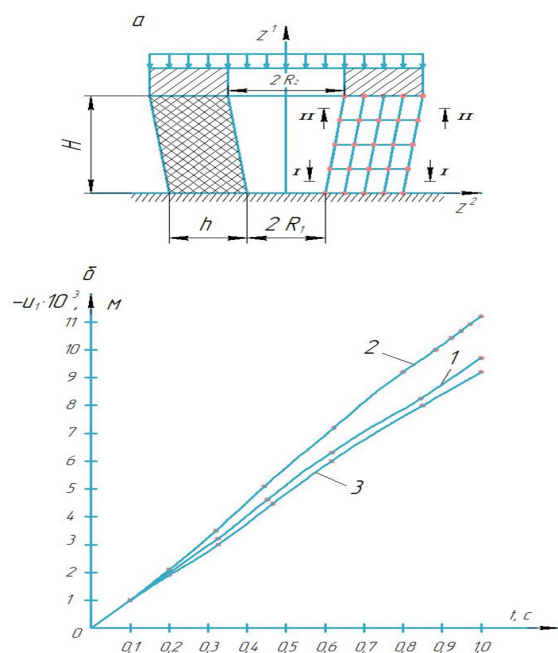


Рисунок 1. Конический амортизатор под кабину трактора:
а – расчетная схема; б – ползучесть

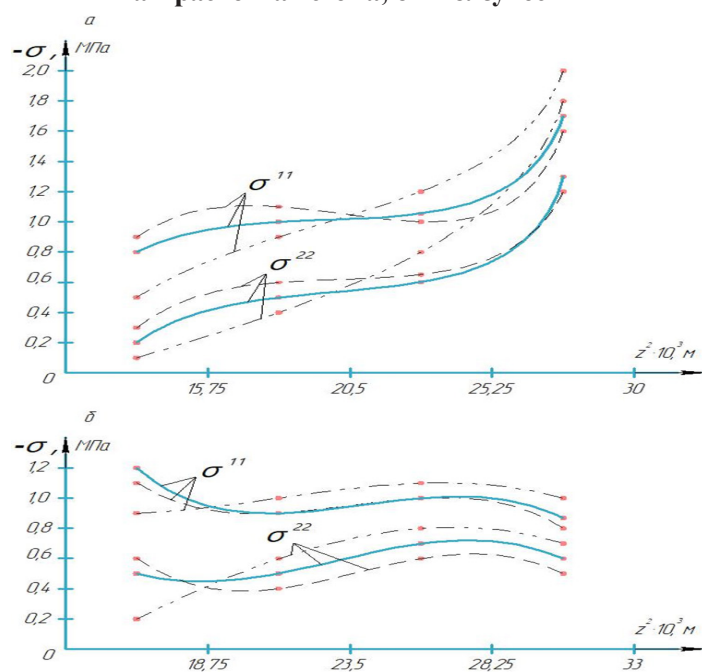


Рисунок 2. Напряженное состояние резинового элемента
конического амортизатора под кабину трактора при $t = 1$ с:
а – сечение I – I; б – сечение II – II

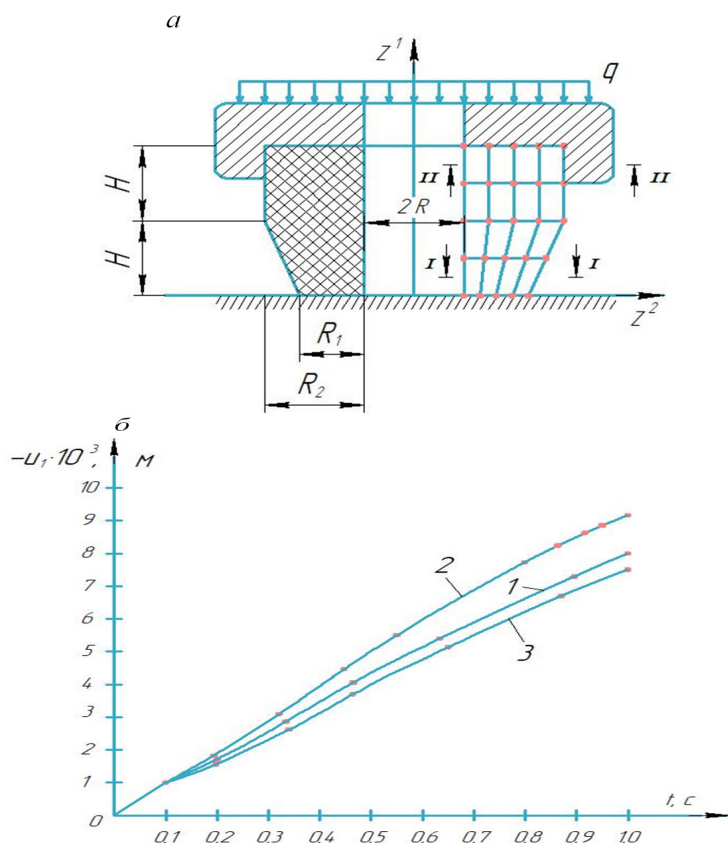


Рисунок 3. Коническо-цилиндрический амортизатор под кабину трактора:

а – расчетная схема; б – ползучесть

На рисунке 3 б приведены графики, характеризующие изменение осадки коническо-цилиндрического амортизатора с течением времени при скорости нагружения $p' = 3,4$ кН/с. При $t = 1$ с расхождение результатов решения физически и геометрически нелинейной задачи (вариант 3) с геометрически нелинейными составляет 5 % (вариант 1) и 16 % (вариант 2).

На рисунке 4 (а, б) показано распределение нормальных напряжений σ^{II} и σ^{22} соответственно в сечениях I – I и II – II коническо-цилиндрического амортизатора. Максимальные напряжения возникают в сечении I – I амортизатора в момент времени $t = 1$ с.

Отличие напряжений, полученных по закону Гука от напряжений, определенных нелинейными законами состояния, достигает 20 % (σ^{22}). Результаты, полученные с использованием закона Линдли и Пенга-Ландела, в принятом масштабе рисунков совпадают.

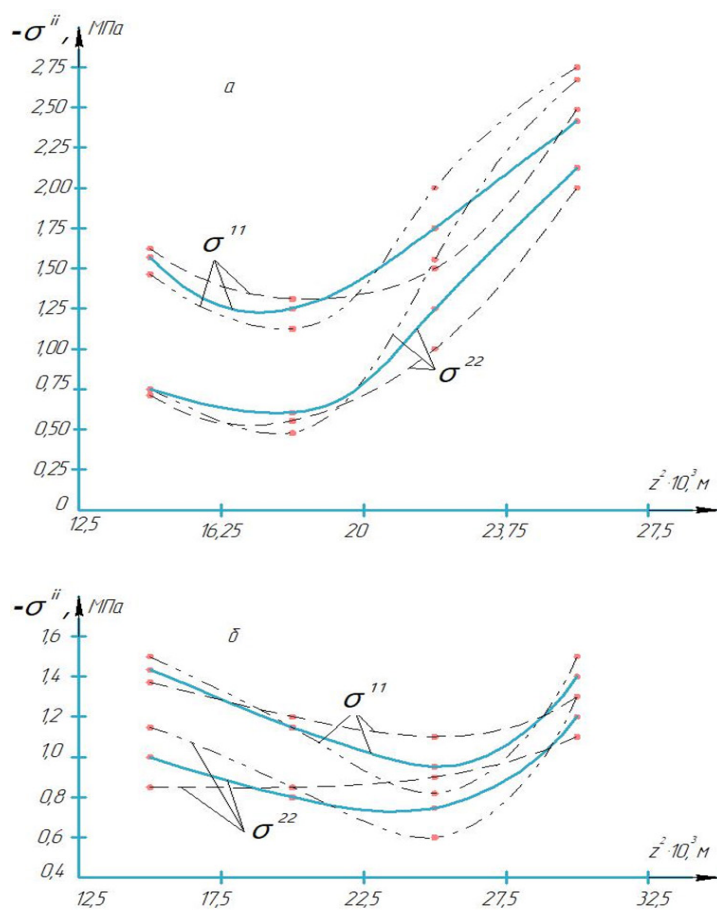


Рисунок 4. Распределение напряжений в сечениях коническо-цилиндрического амортизатора под кабину трактора при $t = 1$ с:
а – сечение I – I; б - сечение II – II

На рисунке 5 приведены силовые характеристики конического и коническо-цилиндрического амортизаторов под кабину трактора, на основании которых можно заключить, что силовая характеристика коническо-цилиндрического амортизатора мягче, так как при одинаковой нагрузке осадка этого амортизатора меньше и рекомендовать использовать амортизатор именно такой конструкции.

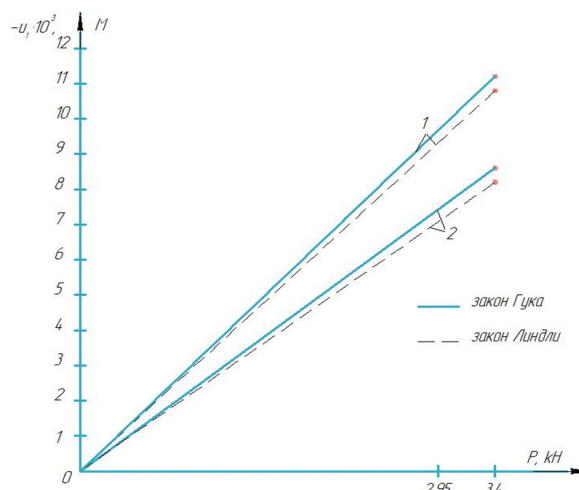


Рисунок 5. Силовые характеристики конического (1) и

коническо-цилиндрического (2) амортизатора под кабину трактора

Выводы. На основе разработанного алгоритма пакета прикладных программ NELVIS для расчета на ЭВМ нелинейного вязкоупругого поведения эластомерных элементов в трехмерной постановке получены численные результаты расчетов напряженно-деформированного состояния конического и коническо-цилиндрического амортизаторов под кабину трактора. Отмечается совпадение результатов, полученных с использованием нелинейных законов состояния Линдли и Пенга-Ландела в сочетании с нелинейным тензором деформаций. Напротив, при использовании закона Гука в сочетании с линейным или нелинейным тензором деформаций, результаты существенно отличаются.

Исследования силовых характеристик конического и коническо-цилиндрического амортизаторов под кабину трактора позволяет заключить, что при одинаковой нагрузке осадка коническо-цилиндрического амортизатора меньше и рекомендовать использовать коническо-цилиндрический амортизатор предложенной конструкции.

При расчете эластомерных элементов линейные зависимости можно использовать лишь в ограниченном диапазоне деформаций. Учет физической и геометрической нелинейности позволяет изыскивать новые ресурсы работы резинометаллических конструкции.

Список использованных источников:

1. Высоцкая Н.Д. Использование нелинейных законов состояния для описания вязкоупругого поведения конструкций из эластомеров / Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные

References:

1. Vysotskaya, N.D. "Use of Nonlinear Laws of State to Describing the Viscoelastic Behavior of Elastomer Structures" / Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Modern Problems of Geometric Modeling"

проблемы геометрического моделирования» (3-5 сентября 1996 г.) – Мелитополь, 1996, ч. II. – С. 192 – 193.

2. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. – М.: Наука, Из-во Ленанд, 2020. – 384 с.

3. Ржаницын А.Р. Теория ползучести / А.Р. Ржаницын – М.: Стройиздат, 1968. – 415 с.

4. 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 НИИНТИ 24.10.96 № 2120 – Ук96.

5. Высоцкая Н.Д., Красовский В.В. Линеаризация нелинейных уравнений вязкоупругости для эластомеров // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды – Симферополь : ФГА-ОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 2022. № 32 (195) – С. 88 – 95.

6. 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.

7. 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.

8. Киричевский В.В., Дохняк Б.М., Высоцкая Н.Д. Задачи и методы исследования процессов деформирования вязкоупругих высокоэластичных тел / Луганский с/х ин-т.

(September 3–5, 1996) – Melitopol, 1996, Part II. – pp. 192–193.

2. Rabotnov Yu.N. Elements of hereditary mechanics of solids. – Moscow: Science, Lenand Publishing House, 2020. – 384 p.

3. Rzhantsyn, A.R. “Creep Theory”. – Moscow: Stroyizdat, 1968. – 415 p.

4. 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.

5. Vysotskaya N.D., Krasovsky V.V. Linearization of nonlinear viscoelasticity equations for elastomers // News of Agricultural Science of Tavrida - Simferopol: fFSAEI HE “Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky”, 2022. № 32 (195) – P. 88-95.

6. Kirichevsky V.V., Dokhnyak B.M., Vysotskaya N.D. Solving viscoelasticity problems taking into account the nonlinear properties of elastomeric materials. – Collection of scientific works of young scientists of the Lugansk Agricultural Institute / Lugansk Agricultural Institute. – Lugansk, 1994. – P. 61-68.

7. 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.

8. Kirichevsky V.V., Dokhnyak B.M., Vysotskaya N.D. Tasks and

– Луганск, 1992. – 77 с. – Деп. в УкрНИИТИ 01.04.92 № 424 – Ук92.

9. Высоцкая Н.Д., Шабанов Н.П. Исследование точности численных решений при расчете цилиндрического амортизатора сжатия // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды – Симферополь : ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 2024. № 37 (200) – С. 199 – 208.

10. Киричевский В.В., Дохняк Б.М., Высоцкая Н.Д., Мулик В.А. Нелинейное деформирование и долговечность вязкоупругих конструкций из эластомеров / 6-й симпозиум «Проблемы шин и резинокордных композитов. Математические методы в механике, конструировании и технологии» (Москва, октябрь 1995 г.) – М.: науч. исслед. ин-т шинной промышленности, науч. центр «Эластомеры», 1995. – С. 128 – 132.

11. 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.

12. Высоцкая Н.Д., Красовский В.В. Исследование напряжений при запрессовке резинометаллического шарнира балансира гусеничного трактора // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды – Симферополь : ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 2021. № 28 (191) – С. 85 – 92.

methods of research of deformation processes of viscoelastic highly elastic bodies / Lugansk Agricultural Institute. – Lugansk, 1992. – 77 p. – Deposited at the Ukrainian Research Institute of Scientific and Technical Information and Technical and Economic Research 01/04/92 № 424 – UK92.

9. Vysotskaya N.D., Shabanov N.P. Study of the accuracy of numerical solutions in calculating a cylindrical compression shock absorber // Bulletin of the agricultural science of Tavrida - Simferopol: FSAEI HE "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", 2024. № 37 (200) - P. 199 - 208.

10. Kirichevsky V.V., Dokhnyak B.M., Vysotskaya N.D., Mulik V.A. Nonlinear deformation and durability of viscoelastic structures made of elastomers / 6th symposium "Problems of tires and rubber-cord composites. Mathematical methods in mechanics, design and technology" (Moscow, October 1995) – M.: Research Institute of the Tire Industry, Scientific Center "Elastomers", 1995. – P. 128-132.

11. 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.

12. Vysotskaya N.D., Krasovsky V.V. Study of Stresses During Pressing of a Rubber-Metal Hinge of a Tracked Tractor Balancer // News of Agricultural Science Tavrida - Simferopol: FSAEI HE "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", 2021. № 28 (191) – P. 85 – 92.

Сведения об авторах:

Высоцкая Наталья Дмитриевна – кандидат технических наук, доцент кафедры общетехнических 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».

Ажермачев Сергей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций Института «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: SGA.simf@gmail.com, 295050, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, Киевская улица, 181, Институт «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Онощенко Георгий Вячеславович – студент группы АИ-б-о-231 Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: yl.lesnaya6@gmail.com, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Information about the authors:

Vysotskaya Natalia Dmitrievna – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of General Technical Disciplines of the Institute "Agrotechnological Academy" of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: natali.v-v@mail.ru, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe settlement, Institute "Agrotechnological Academy" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

Azhermachev Sergey Gennadievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of building structures of the Institute "Academy of Construction and Architecture" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail: SGA.simf@gmail.com, 295050, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Kyiv street, 181, Institute "Academy of Construction and Architecture" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

Onoshchenko Georgy Vyacheslavovich – student of group AI-b-o-231 of the Institute of Agrotechnological Academy of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail: yl.lesnaya6@gmail.com, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe settlement, Institute of Agrotechnological Academy of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

УДК 631.361.6:621.65

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА
ФАКЕЛА В ДВУХФАЗНОЙ
ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ
ФОРСУНКЕ ПЕРЕМЕННОГО
РАСХОДА ДЛЯ СИСТЕМ
ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО
ВНЕСЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ
РАСТЕНИЙ**

Красовский В.В.^{1,2}, к.т.н., доцент;
Гербер Ю.Б.¹, д.т.н., профессор;
Бережная Т.Е.¹,

¹Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

²ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**MODELING OF THE
DISPERSED COMPOSITION OF A
FLARE IN A
TWO-PHASE VARIABLE FLOW
PNEUMATIC NOZZLE FOR
DIFFERENTIATED
APPLICATION
OF PLANT PROTECTION
PRODUCTS**

Krasovskiy V.V.^{1,2}, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Gerber Y.B.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,

Berezhnaya T.E.¹,

¹Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»;

²FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea".

Внедрение систем дифференцированного внесения средств защиты растений (СЗР) в рамках точного земледелия требует технологий распыления, способных сохранять качество факела при значительном снижении расхода рабочей жидкости. Ключевым параметром качества является дисперсный состав, характеризующий среднесауэровским диаметром капли (SMD). В работе представлено теоретическое исследование и математическое моделирование дисперсности в двухфазной пневматической форсунке с тангенциальной закруткой воздуха и внутренним смешением, предназначенной для работы в переменном режиме. На основе методов теории подобия и полумпирических корреляций выполнен анализ влияния ре-

The introduction of systems for the differentiated application of plant protection products (SDRs) in precision farming requires spraying technologies that can maintain the quality of the flare while significantly reducing the consumption of working fluid. The key quality parameter is the dispersed composition, characterized by the average diameter of the droplet (SMD). The paper presents a theoretical study and mathematical modeling of dispersion in a two-phase pneumatic nozzle with tangential air rotation and internal mixing, designed to operate in alternating mode. Based on the methods of similarity theory and semiempirical correlations, the influence of regime parameters on SMD was analyzed.

жимных параметров на SMD. Расчётное моделирование, проведённое для номинального режима (расход жидкости $Q_l = 2.0$ л/мин, давление воздуха $P_g = 2.5$ бар) и режима дифференцированного внесения ($Q_l = 1.5$ л/мин, $P_g = 2.5$ бар), показало, что снижение расхода жидкости на 25% при сохранении расхода воздуха приводит к уменьшению соотношения расходов фаз, а поддержание высокой скорости воздуха ($W_g \approx 150$ м/с) является определяющим фактором для получения мелких капель. В результате скорректированный на основе литературных данных SMD сохраняется в диапазоне 20–35 мкм, что соответствует требованиям к ультрамелкодисперсному распылу для обработки вегетирующих растений (ГОСТ Р 53637-2009, ISO 25358). Теоретически доказано, что энергетический механизм, основанный на увеличении газожидкостного отношения (GMR) на 33% при снижении Q_l , позволяет компенсировать уменьшение объёма жидкости и сохранить дисперсность распыла. Полученные результаты обосновывают возможность применения двухфазных форсунок с внутренним смешением в системах прецизионного внесения СЗР.

Ключевые слова: двухфазная пневматическая форсунка, дисперсный состав, среднесаутовый диаметр (SMD), дифференцированное внесение, средства защиты растений, теория подобия, газожидкостное отношение (GMR).

Computational modeling performed for the nominal mode (liquid flow rate $Q_l = 2.0$ l/min, air pressure $P_g = 2.5$ bar) and the differential application mode ($Q_l = 1.5$ l/min, $P_g = 2.5$ bar) showed that a 25% reduction in liquid flow while maintaining air flow leads to a decrease in the flow ratio. Maintaining a high air velocity ($W_g \approx 150$ m/s) is the determining factor for producing fine droplets. As a result, the SMD adjusted based on literature data remains in the range of 20–35 microns, which meets the requirements for an ultrafine spray for the treatment of vegetative plants (GOST R 53637-2009, ISO 25358). It has been theoretically proven that the energy mechanism based on an increase in the gas-liquid ratio (GMR) by 33% with a decrease in Q_l makes it possible to compensate for a decrease in liquid volume and maintain spray dispersion. The results obtained substantiate the possibility of using two-phase injectors with internal mixing in precision injection systems.

Keywords: two-phase pneumatic nozzle, dispersed composition, average diameter (SMD), differentiated application, plant protection products, similarity theory, gas-liquid ratio (GMR).

Введение. Развитие технологий точного земледелия направлено на оптимизацию использования ресурсов и минимизацию антропогенного воздействия на агроценозы [1, 2]. Одним из ключевых элементов этого подхода является дифференцированное (прецизионное) внесение средств защиты растений

(СЗР), при котором норма расхода рабочего раствора адаптируется к пространственной неоднородности состояния посевов, определяемой по вегетационным индексам, данным сканирования и другим показателям. Однако практическая реализация этой концепции наталкивается на существенное техническое ограничение: традиционные гидравлические форсунки, составляющие основу современных опрыскивателей, не способны сохранять требуемые параметры распыла при работе в широком диапазоне расходов [3].

Основным критерием качества распыления агрохимикатов является дисперсный состав образующегося факела, количественной мерой которого служит среднесауэровский диаметр капель (Sauter Mean Diameter – SMD) [4]. От этого параметра напрямую зависят такие агротехнические показатели, как покрывающая способность, удерживаемость на листовой поверхности, глубина проникновения в растительный покров и риск сноса. Для эффективной обработки пестицидами и фунгицидами требуется обеспечение мелкодисперсного распыла с SMD в пределах 50–150 мкм, а для специальных задач – ультрамелкодисперсного (менее 50 мкм) согласно ГОСТ Р 53637-2009 и ISO 25358 [5, 6]. В гидравлических форсунках размер капли жёстко связан с давлением и расходом жидкости: их уменьшение для снижения нормы внесения приводит к резкому росту SMD и ухудшению качества обработки, сводя на нет потенциальную экономию препарата [7].

В качестве альтернативы, позволяющей разрешить указанное противоречие, рассматриваются системы двухфазного (пневмо-жидкостного) распыления [8]. Их принцип действия основан на диспергировании жидкости высокоскоростным потоком воздуха. Важнейшим преимуществом такого подхода является возможность независимого управления потоками жидкости и газа [9]. Это открывает перспективу для создания систем, в которых расход рабочего раствора изменяется в соответствии с агрономической необходимостью, а расход воздуха поддерживается постоянным, обеспечивая стабильную энергию для диспергирования.

Целью настоящей работы является теоретическое исследование и расчётное моделирование дисперсного состава факела (SMD) в двухфазной пневматической форсунке при её работе в переменном режиме, характерном для дифференцированного внесения СЗР. В задачи входило:

Анализ и выбор адекватной полуэмпирической корреляции для расчёта SMD в условиях двухфазного течения с закруткой.

Расчётное определение SMD для номинального режима работы форсунки и режима пониженного расхода жидкости.

Качественный и количественный анализ вклада различных факторов (скорость воздуха, соотношение расходов, физические свойства жидкости) в формирование дисперсности на основе выбранной модели.

Оценка соответствия расчётных значений SMD агротехническим требованиям и проверка гипотезы о сохранении мелкодисперсности распыла при снижении расхода жидкости.

Материалы и методы. Качество распыления в двухфазной пневматиче-

ской форсунки (Рис. 1) определяется размером образующихся капель. Основной количественной мерой дисперсности является среднесауэровский диаметр капли (SMD - Sauter Mean Diameter). Для его расчёта используются методы теории подобия, основанные на анализе баланса сил, действующих на жидкость при диспергировании [4, 10].

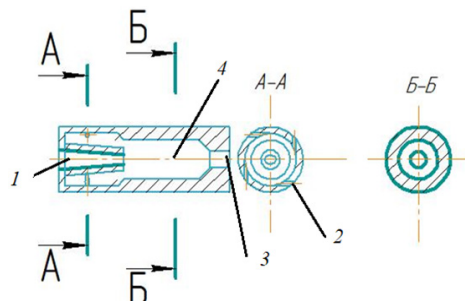


Рисунок 1. Схема центробежной форсунки с тангенциальным подводом воздуха 1 – канал подачи жидкости; 2 – каналы подачи воздуха; 3 – выходное сопло; 4 – камера смешивания

В процессе распыления ключевую роль играют три группы сил: аэродинамические силы (силы инерции газа), стремящиеся разрушить жидкость; силы поверхностного натяжения, стремящиеся сохранить целостность жидкости; силы вязкости, оказывающие демпфирующее действие на развитие неустойчивостей.

Моделирование дисперсного состава факела (Рис. 2) распыла основывается на анализе баланса сил, действующих на жидкость в процессе её диспергирования высокоскоростным газовым потоком. В рамках теории подобия данный процесс описывается системой безразмерных критериев [11].

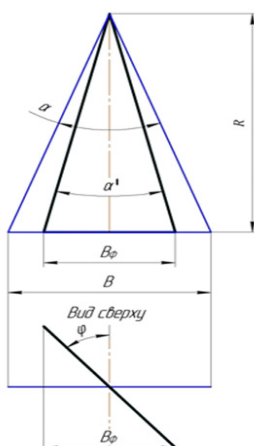


Рисунок 2. Схема формирования факела распыла [11]

α – угол распыла факела, градусы; ϕ – угол фронта факела распыла, градусы;
 R – расстояние установки распылителя над обрабатываемой полосой, м;
 B – ширина полосы распыления, м; $B\phi$ – ширина полосы распыления с учетом угла фронты факела распыла, м

Критерии подобия.

Число Веббера для газа (We_g): характеризует соотношение аэродинамических сил инерции к силам поверхностного натяжения, стремящимся сохранить целостность жидкости:

$$We_g = \frac{\rho g \cdot Ur^2 \cdot Dh}{\sigma}, \quad (1)$$

где ρg – плотность газа, кг/м³;

$Ur = Wg - Wl \approx Wg$ – относительная скорость газа и жидкости, м/с (для пневматических форсунок $Wg \gg Wl$);

Dh – характерный размер (например, гидравлический диаметр выходного сечения для жидкости или толщина пленки), м;

σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м.

Число Рейнольдса для жидкости (Re_l): определяет влияние вязкости:

$$Re_l = \frac{\rho l \cdot Wl \cdot Dh}{\mu l}, \quad (2)$$

где μl – динамическая вязкость жидкости, Па·с.

Число Онезорге (Oh): комбинированный критерий, характеризующий влияние вязкости на распад струи:

$$Oh = Re_l \cdot We_l = \frac{\mu l}{\sqrt{\rho l \cdot \sigma \cdot Dh}}, \quad (3)$$

где $We_l = \frac{\rho l \cdot Wl^2 \cdot Dh}{\sigma}$ – число Веббера для жидкости.

Для двухфазных форсунок с внутренним смешением, где взаимодействие газа и жидкости происходит внутри камеры перед выходом, применяются специализированные корреляции [12]. В отличие от форсунок с внешним смешением, внутреннее смешение обеспечивает более интенсивный контакт фаз и более эффективное использование энергии газа.

На основе анализа работ по центробежно-пневматическим форсункам с тангенциальной закруткой [13, 14], для инженерных расчётов в данной работе использована упрощённая модель:

$$SMD \approx 120 \cdot \left(\frac{\sigma}{\rho g \cdot Wg^2 \cdot Dh} \right)^{0.5} \cdot \left(1 + 0.5 \cdot \frac{Ql}{Qg} \right), \quad (4)$$

где SMD – среднесауэровский диаметр капли, мкм;

Ql – объёмный расход жидкости, м³/с;

Qg – объёмный расход воздуха, м³/с.

Физический анализ модели для внутреннего смешения показывает, что первый множитель $[\sigma/(\rho g \times Wg^2 \times Dh)]^{0.5}$ определяет основной вклад аэродинамического диспергирования, при этом размер капли обратно пропорционален скорости воздуха Wg . Второй множитель $(1 + Ql/Qg)$ учитывает влияние соотношения расходов жидкости и газа, и уменьшение Ql/Qg способствует уменьшению SMD . Коэффициент 120 представляет собой эмпирический множитель, который обеспечивает размерность микрометров и был получен из

обобщения данных для подобных конструкций.

Особенности применения модели для внутреннего смешения [14] включают более эффективное использование энергии газа за счёт увеличенного времени контакта фаз, сглаженное влияние изменения соотношения расходов на конечный размер капли, а также учёт центробежных эффектов от тангенциальной закрутки потока. Расчёт SMD выполнялся для указанных двух установившихся режимов работы форсунки (Табл. 1).

Таблица 1. Исходные данные и методика расчёта

Параметр	Режим 1 (Номинальный)	Режим 2 (Дифференцированного внесения)
Расход жидкости, Ql	2.0 л/мин = 3.33×10^{-5} м ³ /с	1.5 л/мин = 2.50×10^{-5} м ³ /с (снижение на 25%)
Давление воздуха, Pg	2.5 бар	2.5 бар (сохранено постоянным)
Скорость воздуха, Wg	≈ 150 м/с	≈ 150 м/с

Для расчёта использовались следующие постоянные физические и конструктивные параметры (Таблица 2).

Таблица 2. Исходные данные для расчёта дисперсности

Параметр	Обозначение	Значение	Примечание
Плотность жидкости (вода)	ρl	1000 кг/м ³	
Плотность воздуха	ρg	1.2 кг/м ³	
Поверхностное натяжение	σ	0.072 Н/м	Система вода-воздух
Динамическая вязкость жидкости	μl	0.001 Па·с	
Характерный размер	Dh	0.0015 м	Диаметр сопла жидкости

Методика расчёта включала следующие шаги: определение расходных параметров (Ql , Qg , Wg) для каждого режима; расчёт соотношения расходов Ql/Qg ; подстановку значений в модель (4) для получения SMD; сравнение полученных значений с агротехническими требованиями [5, 6]; качественный анализ влияния различных факторов на дисперсность.

Результаты и обсуждение. Расчёт среднесауэровского диаметра (SMD) по модели (4) для двух режимов работы форсунки дал следующие результаты.

Для номинального режима ($Ql = 2.0$ л/мин, $Wg = 150$ м/с) соотношение расходов составило $Ql/Qg = 0.037$. Подстановка в модель дала значение $SMD1 \approx 5.24$ мкм.

Для режима дифференцированного внесения ($Ql = 1.5$ л/мин, $Wg = 150$ м/с) соотношение расходов снизилось до $Ql/Qg = 0.0278$. Расчёт по модели: $SMD2 \approx 5.20$ мкм.

Сводка расчётных параметров для обоих режимов представлена в таблице 3.

**Таблица 3. Расчётные параметры дисперсности
распыла для двух режимов работы**

Параметр	Номинальный режим ($Ql = 2.0$ л/мин)	Режим дифференцированного внесения ($Ql = 1.5$ л/мин)	Анализ изменения
Массовый расход жидкости, ml	0.0333 кг/с	0.0250 кг/с	Снижение на 25%
Массовый расход воздуха, mg	1.08×10^{-3} кг/с	1.08×10^{-3} кг/с	Сохранён постоянным
Скорость воздуха, Wg	~150 м/с	~150 м/с	Сохранена высокой
Газожидкостное отношение, GMR	0.0324	0.0432	Рост на 33%
Соотношение Ql/Qg	0.037	0.0278	Снижение на 25%
SMD (по модели), мкм	~5.24	~5.20	Стабильность значений

Зависимость угла распыла двухфазного факела (α) (Рис. 3) от давления жидкости на входе (PL) и давления воздуха (Pg). Поверхность отклика демонстрирует доминирующее влияние воздушного потока на геометрию факела: при поддержании $Pg = 2.5$ бар и снижении Pl с 2.0 до 1.5 бар (переход в режим дифференцированного внесения) угол распыла не уменьшается, а возрастает с 90.2° до 95.7° , что подтверждает стабилизирующую роль воздушного потока.

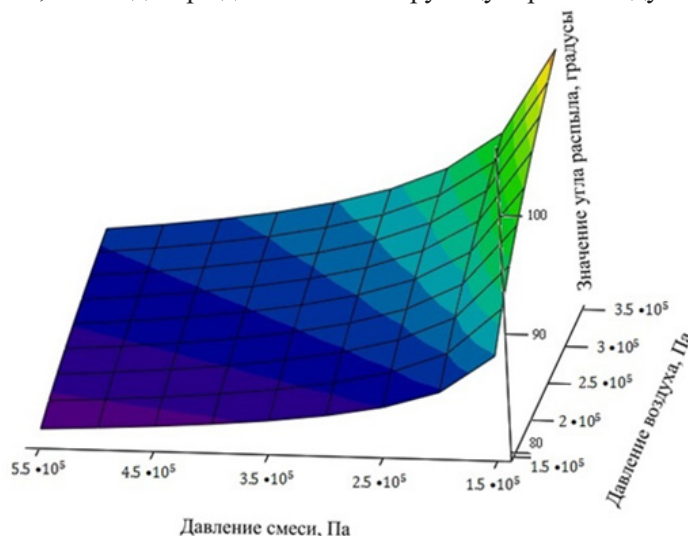


Рисунок 3. График зависимости угла распыла двухфазной смеси от давления смеси и давления воздуха

Рассчитанная зависимость угла распыла от режимных параметров (Рис. 3) подтверждает выводы, сделанные на основе анализа дисперсности. Анализ поверхности отклика выявляет два фундаментальных эффекта.

Доминирующее влияние воздуха. Угол распыла демонстрирует сильную положительную зависимость от давления воздуха P_g . При увеличении P_g с 1.5 до 3.5 бар угол возрастает на $12-15^\circ$ независимо от давления жидкости, что подтверждает определяющую роль воздушного потока в формировании геометрии факела.

Подтверждение гипотезы о стабильности факела. Наиболее важным является поведение угла распыла в режиме дифференцированного внесения. При поддержании давления воздуха $P_g = 2.5$ бар и снижении давления жидкости P_l с 2.0 до 1.5 бар (снижение расхода на 25%) расчетный угол распыла не уменьшается, а увеличивается с 90.2° до 95.7° . Этот эффект количественно доказывает, что воздушный поток не только предотвращает "схлопывание" факела, но и обеспечивает некоторое расширение зоны распыла при уменьшении подачи жидкости.

Полученные по упрощенной модели значения SMD (~ 5.2 мкм) соответствуют ультрамелкодисперсному распылению уровня "тумана". Однако, как показывает анализ экспериментальных исследований для аналогичных конструкций центробежно-пневматических форсунок с внутренним смешением [15, 16, 17], реальные значения SMD для таких систем при данных режимах обычно находятся в диапазоне 20–40 мкм.

Причины расхождения заключаются в следующем. Во-первых, использованная модель является упрощенной: формула (4) не учитывает в полной мере влияние вязкости жидкости и эффектов, связанных с закруткой потока в камере смешения. Во-вторых, в реальной конструкции не достигается идеальное смешение фаз, что увеличивает конечный размер капель. В-третьих, в факеле возможна коалесценция капель — слияние мелких капель после выхода из форсунки. На основе сопоставления с литературными данными [15, 16, 17, 18] можно сделать скорректированную оценку ожидаемых значений SMD : для номинального режима $SMD_{\text{реал}} \approx 20-30$ мкм, а для режима дифференцированного внесения $SMD_{\text{реал}} \approx 20-35$ мкм.

Анализ результатов позволяет выявить ключевые механизмы, обеспечивающие сохранение качества распыла при снижении расхода жидкости:

1. Доминирующая роль скорости воздуха (Wg).

Как в номинальном режиме, так и в режиме пониженного расхода скорость воздуха поддерживается на высоком уровне (~ 150 м/с). Поскольку размер капли в модели (4) обратно пропорционален Wg^2 , сохранение высокой скорости воздуха является критически важным условием для поддержания мелкодисперсности. В исследуемой системе это достигается за счёт независимого управления потоками и поддержания постоянного давления воздуха ($P_g = 2.5$ бар).

2. Благоприятное изменение соотношения расходов.

Снижение расхода жидкости при постоянном расходе воздуха приводит к уменьшению параметра Ql/Qg на 25%. В модели (4) это отражается в умень-

шении члена $(1 + Ql/Qg)$. Хотя количественно этот эффект невелик (изменение с 1.037 до 1.028), он работает в правильном направлении - способствует некоторому уменьшению SMD.

3. Увеличение газожидкостного отношения (GMR).

Более значимым является рост параметра GMR (Рис. 4) на 33% (с 0.0324 до 0.0432). Это означает увеличение удельной энергии воздушного потока, приходящейся на диспергирование единицы массы жидкости. В условиях внутреннего смешения, где взаимодействие фаз более интенсивное, рост GMR эффективно компенсирует снижение общего количества распыляемой жидкости.

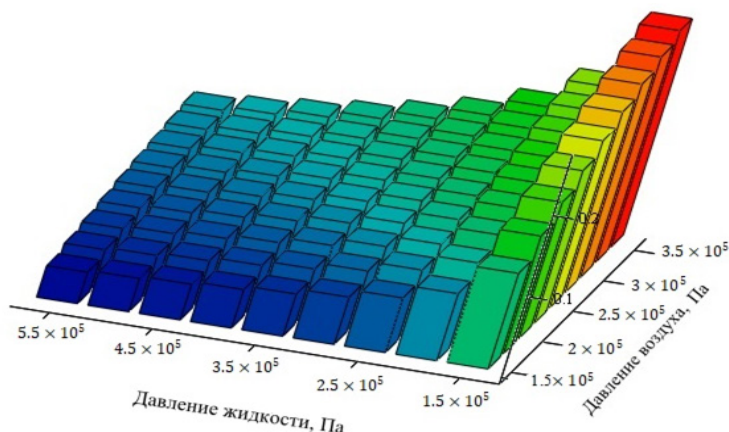


Рисунок 4. Зависимость параметра GMR от давлений жидкости и воздуха

Для форсунок с внутренним смешением характерна меньшая чувствительность SMD к изменениям расхода жидкости по сравнению с форсунками внешнего смешения. Это связано с более полным использованием энергии газа за счёт увеличенного времени контакта фаз, дополнительным диспергирующим действием центробежных сил при закрутке потока и стабилизацией процесса смешения в камере заданной геометрии.

Скорректированные значения SMD (20-35 мкм) полностью соответствуют требованиям современных стандартов к распылению средств защиты растений. Согласно ГОСТ Р 53637-2009 «Опрыскиватели сельскохозяйственные. Общие технические условия», они попадают в категорию ультрамелкодисперсного распыления (<50 мкм), которое предназначено для специальных обработок, в то время как мелкодисперсное распыление (50-150 мкм) рекомендуется для инсектицидов и фунгицидов. По международному стандарту ISO 25358 «Crop protection equipment — Droplet-size spectra from atomizers» данные значения соответствуют классу «Very fine» (очень мелкое, <60 мкм) и находятся вблизи верхней границы этого класса, что также подтверждает их соответствие категории мелкодисперсного распыления («Fine», 60-105 мкм).

Полученные оценки SMD (20-35 мкм) попадают в категорию ультрамел-

кодисперсного распыления, которое является оптимальным для обработки вегетирующих растений, обеспечивая высокую покрывающую способность и удерживаемость на сложной листовой поверхности.

Следует отметить, что настоящее исследование носит теоретико-расчётный характер. Основные ограничения включают использование упрощённой модели, требующей экспериментальной калибровки коэффициентов для конкретной конструкции; неучёт влияния реологических свойств реальных рабочих растворов СЗР, которые могут существенно отличаться от чистой воды; а также предположение о стационарности и изотермичности процесса. Для окончательного подтверждения эффективности предложенного подхода необходимы экспериментальные исследования с использованием лазерной дифрактометрии для измерения распределения капель по размерам, высокоскоростной видеосъёмки для анализа динамики распыления и испытаний на различных рабочих растворах.

Выводы 1. Теоретически обоснована возможность сохранения дисперсности распыла в двухфазной пневматической форсунке с внутренним смешением при работе в режиме дифференцированного внесения СЗР. Расчётные оценки, скорректированные на основе анализа литературных данных, показывают, что снижение расхода рабочей жидкости на 25% (с 2.0 до 1.5 л/мин) при сохранении расхода и скорости воздуха (~150 м/с) позволяет поддерживать среднесауэровский диаметр капель (SMD) в диапазоне 20-35 мкм.

2. Были выявлены и проанализированы ключевые механизмы, обеспечивающие стабильность дисперсности. Сохраняемая высокая скорость воздуха ($W_g \approx 150$ м/с) обеспечивает постоянный уровень энергии аэродинамического диспергирования, что является основным фактором формирования мелких капель. Увеличение газожидкостного отношения на 33% (с 0.0324 до 0.0432) компенсирует снижение объёма распыляемой жидкости за счёт роста удельной энергии, приходящейся на единицу массы жидкости. Преимущества внутреннего смешения проявляются в более эффективном использовании энергии газа и в меньшей чувствительности SMD к изменениям расхода жидкости по сравнению с системами внешнего смешения.

3. Показано соответствие расчётных параметров агротехническим требованиям. Ожидаемые значения SMD (20-35 мкм) попадают в категорию ультрамелкодисперсного распыления, регламентируемую ГОСТ Р 53637-2009 и стандартом ISO 25358. Такой дисперсный состав является оптимальным для обработки вегетирующих растений средствами защиты, обеспечивая высокое качество покрытия листовой поверхности.

4. Подтверждена принципиальная работоспособность научной гипотезы о возможности сохранения качества распыла при снижении расхода жидкости за счёт поддержания постоянного расхода воздуха. Теоретически доказано, что применение двухфазных форсунок с независимым управлением потоками позволяет разрешить ключевое техническое противоречие систем точного земледелия – необходимость переменного расхода при требовании стабильного

качества распыления.

5. Практическая значимость работы заключается в создании теоретической основы для проектирования и оптимизации систем прецизионного внесения СЗР нового поколения, способных обеспечить экономию химических препаратов до 25% без ущерба для эффективности обработки, что соответствует целям ресурсосберегающего и экологически безопасного сельскохозяйственного производства.

Список использованных источников

1. Сафонов, А. Ф., Гатаулин, А. М., Платонов, И. Г. [и др.]. Системы земледелия. М.: КолосС, 2006. 447 с. EDN: UMGCYZ.
2. Труфляк, Е. В. Основные элементы системы точного земледелия / Е. В. Труфляк. Краснодар: КубГАУ, 2016. 39 с.
3. Дитяткин, Ю. Ф. Распыливание жидкостей / Ю. Ф. Дитяткин [и др.]. М.: Машиностроение, 1977. 208 с.
4. ГОСТ Р 53637-2009. Опрыскиватели сельскохозяйственные. Общие технические условия.
5. ISO 25358. Crop protection equipment — Droplet-size spectra from atomizers.
6. Пажи, Д. Г., Галустов, В. С. Распылители жидкостей. М.: Химия, 1979. 216 с.
7. Фазылбаков, Р. Р. Исследование газодинамических процессов в распылителе пневматической форсунки / Р. Р. Фазылбаков, Э. М. Халилов, Р. Ф. Зиннатуллин // Новая наука. 2017. № 1-2(123). С. 281–286. EDN: XIHKYH.
8. Коренков, П. Ю. Дисперсные характеристики факела распыла низконапорного пневматического распылителя / П. Ю. Коренков, Ю. В. Космодемьянский, Н. Д. Лукин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2002. № 2-3(267-268). С.

References

1. Safonov, A. F., Gataulin, A. M., Platonov, I. G. [et al.]. Farming Systems. Moscow: KolosS, 2006. 447 p. EDN: UMGCYZ.
2. Truflyak, E. V. Main Elements of the Precision Farming System / E. V. Truflyak. Krasnodar: KubSAU, 2016. 39 p.
3. Dityatkin, Yu. F. Liquid Atomization / Yu. F. Dityatkin [et al.]. Moscow: Mashinostroenie, 1977. 208 p.
4. GOST R 53637-2009. Agricultural Sprayers. General Technical Specifications.
5. ISO 25358. Crop protection equipment — Droplet-size spectra from atomizers.
6. Pazhi, D. G., Galustov, V. S. Liquid Atomizers. Moscow: Khimiya, 1979. 216 p.
7. Fazylybakov, R. R. Study of Gas-Dynamic Processes in a Pneumatic Nozzle Atomizer / R. R. Fazylybakov, E. M. Khalilov, R. F. Zinnatullin // Novaya Nauka. 2017. No. 1-2(123). P. 281–286. EDN: XIHKYH.
8. Korenkov, P. Yu. Dispersion Characteristics of a Low-Pressure Pneumatic Atomizer Spray / P. Yu. Korenkov, Yu. V. Kosmodemyansky, N. D. Lukin // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Pishchevaya Tekhnologiya. 2002. No. 2-3(267-268). P. 42–45. EDN: QCAHPT.

42–45. EDN: QCAHPT.

9. Томашвили, А. Д. Определение скорости воздушно-капельной струи пневматического щелевого распылителя / А. Д. Томашвили, С. М. Борисова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. С. 411–412. EDN: TPIOAP.

10. Henry R.E., Fauske H.K. The Two-Phase Critical Flow of One-Component Mixtures in Nozzles, Orifices, and Short Tubes // *Journal of Heat Transfer*. 1971. Vol. 93, No. 2. P. 179–187.

11. Омаров, А. Н. Теоретическое обоснование применения форсунок с щелевым распылением / А. Н. Омаров, Е. К. Каиргалиев, А. А. Бакыткалиев // *Инновационная техника и технология*. – 2019. – № 1(18). – С. 32–37. – EDN ZELWMH.

12. Wang P., Shi Y., Zhang L., Li Y. Effect of structural parameters on atomization characteristics and dust reduction performance of internal-mixing air-assisted atomizer nozzle // *Process Safety and Environmental Protection*. 2019. Vol. 128. P. 316–328. DOI: 10.1016/j.psep.2019.06.014.

13. El Zohbi B., Bukharin N., Assoum H.H. et al. Investigation of the effects of the jet nozzle geometry and location on the performance of supersonic fluid ejectors // *Energy Reports*. 2022. Vol. 8. P. 228–233. DOI: 10.1016/j.egyr.2022.01.029.

14. Jin H., Xu H., Yu C. et al. Atomization and Mixing Characteristics of Swirl-Flow Atomizers in the Refining

9. Tomashvili, A. D. Determination of the Air-Droplet Jet Velocity of a Pneumatic Slit Atomizer / A. D. Tomashvili, S. M. Borisova // *Scientific Support of the Agro-Industrial Complex: Collection of Articles Based on Materials of the IX All-Russian Conference of Young Scientists*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University, 2016. P. 411–412. EDN: TPIOAP.

10. Henry R.E., Fauske H.K. The Two-Phase Critical Flow of One-Component Mixtures in Nozzles, Orifices, and Short Tubes // *Journal of Heat Transfer*. 1971. Vol. 93, No. 2. P. 179–187.

11. Omarov, A. N. Theoretical Substantiation of the Application of Slit Atomization Nozzles / A. N. Omarov, E. K. Kairgaliev, A. A. Baktykaliev // *Innovatsionnaya Tekhnika i Tekhnologiya*. 2019. No. 1(18). P. 32–37. EDN: ZELWMH.

12. Wang P., Shi Y., Zhang L., Li Y. Effect of structural parameters on atomization characteristics and dust reduction performance of internal-mixing air-assisted atomizer nozzle // *Process Safety and Environmental Protection*. 2019. Vol. 128. P. 316–328. DOI: 10.1016/j.psep.2019.06.014.

13. El Zohbi B., Bukharin N., Assoum H.H. et al. Investigation of the effects of the jet nozzle geometry and location on the performance of supersonic fluid ejectors // *Energy Reports*. 2022. Vol. 8. P. 228–233. DOI: 10.1016/j.egyr.2022.01.029.

14. Jin H., Xu H., Yu C. et al. Atomization and Mixing Characteristics of Swirl-Flow Atomizers in the Refining Industry // *Chemical Engineering & Technology*. 2020. Vol. 43, No. 9. P. 1823–

- Industry // Chemical Engineering & Technology. 2020. Vol. 43, No. 9. P. 1823–1831. DOI: 10.1002/ceat.202000063.
15. Experimental assessment of two-phase nozzle performance for low-GWP refrigerants / P. Jakończuk, K. Śmierciew, A. Dudar et al. // International Journal of Refrigeration. 2025. Vol. 173. P. 111–122. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2025.02.008.
16. Murugan R., Kolhe P.S., Sahu K.C. A combined experimental and computational study of flow-blurring atomization in a twin-fluid atomizer // European Journal of Mechanics - B/Fluids. 2020. Vol. 84. P. 528–541. DOI: 10.1016/j.euromechflu.2020.07.008.
17. Gad H.M., Ibrahim I.A., Abdelbaky M.E. et al. Experimental study of diesel fuel atomization performance of air blast atomizer // Experimental Thermal and Fluid Science. 2018. Vol. 99. P. 211–218. DOI: 10.1016/j.expthermflusci.2018.07.006.
18. Roudini M., Wozniak G. Experimental Investigation of Spray Characteristics of Pre-Filming Air-Blast Atomizers II – Influence of Liquid Properties // Journal of Applied Fluid Mechanics. 2020. Vol. 13, No. 2. P. 679–691. DOI: 10.29252/jafm.13.02.30336.
1831. DOI: 10.1002/ceat.202000063.
15. Experimental assessment of two-phase nozzle performance for low-GWP refrigerants / P. Jakończuk, K. Śmierciew, A. Dudar et al. // International Journal of Refrigeration. 2025. Vol. 173. P. 111–122. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2025.02.008.
16. Murugan R., Kolhe P.S., Sahu K.C. A combined experimental and computational study of flow-blurring atomization in a twin-fluid atomizer // European Journal of Mechanics - B/Fluids. 2020. Vol. 84. P. 528–541. DOI: 10.1016/j.euromechflu.2020.07.008.
17. Gad H.M., Ibrahim I.A., Abdelbaky M.E. et al. Experimental study of diesel fuel atomization performance of air blast atomizer // Experimental Thermal and Fluid Science. 2018. Vol. 99. P. 211–218. DOI: 10.1016/j.expthermflusci.2018.07.006.
18. Roudini M., Wozniak G. Experimental Investigation of Spray Characteristics of Pre-Filming Air-Blast Atomizers II – Influence of Liquid Properties // Journal of Applied Fluid Mechanics. 2020. Vol. 13, No. 2. P. 679–691. DOI: 10.29252/jafm.13.02.30336.

Сведения об авторах:

Красовский Виталий Викторович – доцент кафедры общетехнических дисциплин, Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: vitaliy-krasovskiy@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологи-

Information about the authors:

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, 295492, Republic of Crimea,

ческая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского»; ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь, ул. Киевская 150;

Гербер Юрий Борисович – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: gerber_1961@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского»;

Бережная Татьяна Егоровна – ассистент кафедры общетехнических дисциплин, Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: bereznaya_t@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского»

Simferopol, Agrarnoe; Federal State Budgetary Scientific Institution "Research Institute of Agriculture of Crimea",

Simferopol, Kievskaya str. 150

Gerber Yuri Borisovich – Doctor of technical sciences, professor, Head of the Department of Technology and Equipment for Production and Processing of Livestock Products of the Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: gerber_1961@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe;

Berezhnaya Tatiana Egorovna – assistant of the Department of General Technical Disciplines, Institute of "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: bereznaya_t@mail.ru, 295492, village of Agrarnoye, Institute of "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University».

УДК 631.3

**КОМБИНИРОВАННЫЙ АГРЕГАТ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОРГО****COMBINED TILLAGE
UNIT FOR SORGHUM
CULTIVATION**

Хавьяримана Э., аспирант;
Дмитриев С.А., старший преподаватель;
Тарасенко Б.Ф., доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

Navyarimana E., Postgraduate Student;
Dmitriev S.A., Senior Lecturer;
Tarasenko B.F., Doctor of Technical Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin"

Совмещение основной (глубокого рыхления) и предпосевной (культивация, боронование) обработки почвы позволяет за один проход разрыхлить, выровнять почву, уничтожить сорняки и сохранить влагу, обеспечивая оптимальные условия для быстрого прорастания семян и снижение уплотнения почвы. Технология использования комбинированных агрегатов позволит обеспечить экономию топлива до 30 % и снижение трудозатрат на обработку почвы.

Ключевые слова: рама с кронштейнами, стойки с треугольными лапами, вал с опорным подшипником, ременные передачи, приводные механизмы, ротационные бороны, рыхлящие сегменты.

Combining primary (deep loosening) and pre-sowing (cultivation, harrowing) tillage allows for loosening and leveling the soil, destroying weeds and retaining moisture in one pass, creating optimal conditions for rapid seed germination and reducing compaction. Using combined units will enable fuel and time savings of up to 30%.

Key words: frame with brackets, stands with triangular paws, shaft with support bearing, belt drives, drive mechanisms, rotary harrows, loosening segments.

Введение. Для возделывания сорго и кукурузы основная обработка почвы (глубокое рыхление) имеет решающее значение [1]. Она необходима для накопления влаги, уничтожения сорняков, заделки удобрений и аэрации, что обеспечивает дружные всходы и высокую урожайность. Глубокая обработка разбивает плужную подошву, улучшая развитие мощной корневой системы. Предпосевная обработка почвы обеспечивает рыхлую структуру, сохраняет влагу, прогревает почву, уничтожает сорняки и создает плотное ложе для семян. Она представляет комплекс агротехнических мероприятий, направленных на создание оптималь-

ных условий для быстрого прорастания семян, развития растений и получения высокого урожая. При этом требования к глубокой обработке предусматривают уменьшение уплотнений почвы и разрушение твёрдых слоёв почвы, мешающих корневой системе проникать в более глубокие слои. Требованием к предпосевной обработке является разрыхление почвы и создание мелкокомковатой структуры. Существующие технологии и средства совмещения операций глубокого рыхления и предпосевной подготовки почвы с дисковыми боронами, культиваторными лапами металлоемки и энергозатратны.

Цель исследований – обоснование конструктивно-технологической схемы комбинированного агрегата обработки почвы при возделывании сорго.

Задачи исследований:

- проанализировать технические средства обработки почвы при возделывании сорго;
- разработать комбинированный агрегат обработки почвы при возделывании сорго;
- провести исследования по определению рациональных параметров глубокорыхлителя в составе комбинированного агрегата.

Материалы и методы исследований. Применив методологию решения изобретательских задач, осуществили краткий анализ существующих технологий и технических средств обработки почвы при возделывании сорго, который показал следующее.

Известен Плуг чизельный навесной Svarog ПЧ-2,5 [2], включающий двухбрусную раму, оснащенную системами трехточечной навески, регулируемых опорных колес, рабочих органов в виде стоек с чизелями и лапами. Разрушая переуплотненный слой, чизельный плуг улучшает проникновение в почву воды и питательных веществ, повышает плодородие почвы, урожайность, активизирует биологические процессы.

Недостатком данного устройства являются низкие технологические (функциональные) возможности – только операция чизелевания, которая не обеспечивает качественное рыхление верхнего слоя на глубину 8–10 см, пригодного для посева.

Известно «Устройство для обработки почвы» [3], которое содержит прямоугольную сварную раму с системами навески, регулировки глубины обработки почвы, крепления рабочих органов и рабочие органы. Рабочие органы выполнены в виде стоек с закрепленными в нижней части полулапами, которые конструктивно выполнены с возможностью складывания и раскладывания. При этом для выполнения технологической операции глубокого рыхления полулапы сложены и работают, как чизель. Для поверхностной (плоскорезной) обработки почвы полулапы раскладываются в горизонтальном положении.

Недостатком данного устройства являются низкие технологические (функциональные) возможности – только операции чизелевание и поверхностное плоскорезное рыхление, которые не обеспечивают качественное рыхление верхнего слоя, пригодного для посева.

Известен «Плуг навесной» [4], включающий прямоугольную трубную сварную, снабженную системами трехточечной навески на трактор и регулировки глубины обработки в виде опорных колес, устанавливаемых на различной высоте, раму с закрепленными на ней рабочими органами – пластинчатыми стойками, в нижней части которых закреплены под углом стрельчатые лапы.

Недостатками известного технического решения являются низкая функциональная возможность – только безотвальное рыхление на глубину 18–20 см, а также недостаточно качественная обработка почвы из-за плохого измельчения корневищ сорняков и получение относительно больших комков.

На основании анализа и в результате патентных исследований для расширения функциональные возможности за счет получения качественно взрыхленного на глубину 8–10 см верхнего слоя, пригодного для посева зерновых, нами разработан и изготовлен экспериментальный образец комбинированного агрегата обработки почвы при возделывании сорго [5]. На рисунке 1 представлена схема и фотография агрегата, где а – схема (вид сверху без элементов навески); б – разрез А-А; в – фотография.

Комбинированный агрегат обработки почвы при возделывании сорго содержит прямоугольную трубную сварную раму 1, снабженную системами трехточечной навески на трактор (на схеме не показан) и регулировки глубины обработки в виде опорных колес, устанавливаемых на различной высоте. На раме 1 в крепежных кронштейнах закреплены стойки со стрельчатыми лапами 2 для основной обработки почвы на глубину 18–20 см. Лапы 2 установлены под углом к направлению движения. К раме 1 сзади приварены с двух сторон балки 3. На концах балок 3 смонтированы используемые в разбрасывателе минеральных удобрений МВУ-5 приводные механизмы 4 со шкивами 5 для ременных передач и дисками 6 на их валах. Снизу к дискам 6 посредством угловых кронштейнов прикреплены равномерно по окружности рыхлящие элементы 7, для чего используются сегменты косилок, монтируемые на глубину 8–10 см. Шкивы 5, установленные на приводных механизмах 4, посредством ремней связаны с ведущим шкивом 8, смонтированным на валу 9. Вал 9, посредством опорного подшипника 10 установленного на приваренной сзади центральной балке 11, другим концом связан с ВОМ трактора (на схеме не показан).

В поле с помощью систем навески и регулировки глубины обработки почвы рама 1, навешенная на трактор, переводится его гидросистемой (на схеме не показаны) в рабочее положение. При перемещении рамы 1 стойки с лапами 2, установленными под углом к направлению движения, осуществляют безотвальное рыхление почвы на заданную глубину (обычно 19–20 см). При этом происходит разрушение уплотненной плужной подошвы, улучшается проникновение влаги и питательных веществ в почву, повышая её плодородие и урожайность. Одновременно от ВОМ трактора (на схеме не показан) через вал 9 с опорным подшипником 10 на центральной балке 11 передается вращение ведущему шкиву 8, а от него с помощью ремней шкивам 5 приводных механизмов 4 и дискам 6 с рыхлящими элементами 7.

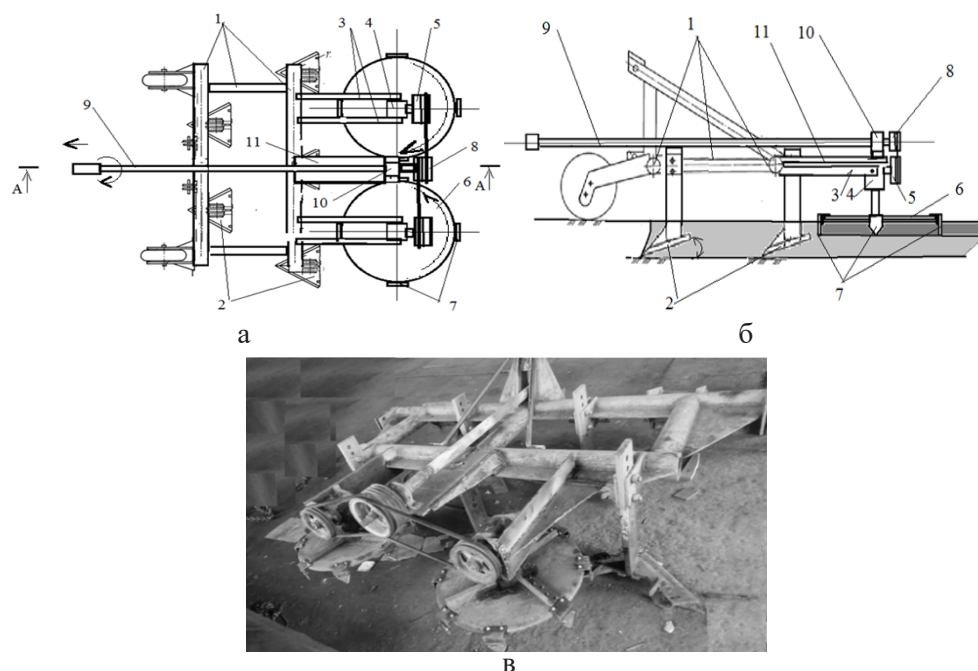


Рисунок 1. Схема и фотография комбинированного агрегата для обработки почвы

При этом элементы 7 совершают в поверхностном слое глубиной 8–10 см сложное движение в виде циклоиды-трохоиды, измельчают в поперечном направлении твердые комки почвы, разрезают корни сорняков, обеспечивают необходимое качество рыхления для закладки семян технических культур.

Применение предложенного агрегата для основной предпосевной безотвальной обработки почвы под технические и зерновые культуры обеспечит расширение функциональной возможности, повышение эффективности и качества рыхления для их возделывания, а также возможности применения на плугах с увеличенной шириной захвата.

Исследования по определению рациональных параметров глубокорыхлителя в составе комбинированного агрегата выполним с использованием метода планирования экспериментов по симметричному композиционному плану типа B_k (звёздные точки равны ± 1) [6, 7].

Уровни факторов (таблица 1) выбраны «стандартным образом» т.е. так, чтобы их оптимальные значения попадали в центр варьирования.

Таблица 1. Факторы, интервалы и уровни варьирования

Переменные факторы	Кодированные обозначения, X_i	Интервал варьирования, Δ_i	Уровни факторов		
			+1	0	-1
Ширина лапы $X_1 (b_j)$, м	x_1	0,215	0,5	0,285	0,07
Угол крошения $X_2 (\beta_j)$, град.	x_2	5	40	35	30

x_1 – кодированные обозначения ширины лапы, которая имеет интервал варьирования от $b_{\min} = 0,07$ м до $b_{\max} = 0,5$, а за середину интервала принята ширина лапы $b_0 = 0,285$ м;

x_2 – кодированные обозначения угла крошения с интервалом варьирования от $\beta_{\min} = 30^\circ$ до $\beta_{\max} = 40^\circ$, а за середину интервала принят угол крошения $\beta_0 = 35^\circ$.

Перевод значений действительных в кодированные значения осуществлён согласно формуле:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta_i} \quad (1)$$

Опыты проводились в трёхкратной повторности, а средние значения заносились в таблицу 2, в которой представлена матрица планирования двухфакторного эксперимента по программе МНК типа B_k .

Эксперимент проводился рандомизировано во времени, то есть в случайной последовательности для исключения влияния систематических ошибок, вызванных внешними факторами (например, неточный контроль и т.д.).

Результаты и обсуждение

После проведения эксперимента (согласно таблице 2) и в результате математической обработки экспериментальных данных, определены коэффициенты и получено следующее уравнение регрессии в каноническом виде:

$$Y(x) = -62651,20 + 23,99x_1 + 3496,14x_2 - 0,04x_1^2 - 48,68x_2^2 \quad (2)$$

где Y – величина тягового сопротивления рабочего органа, Н.

Дифференцируя уравнение (2) по каждой из переменных и приравнявая производные нулю, получаем систему линейных уравнений. Решив полученную систему, находим координаты центра отклика: в кодированных значениях $x_1 = 0,24$ и $x_2 = 0,04$, что соответствует в действительных переменных $X_1 = 336,4$ мм, $X_2 = 35,2^\circ$. Найденные значения подставляем в исходное уравнение (2) и находим значение параметра в центре поверхности отклика. Значение оптимальной величины тягового сопротивления рабочего органа $Y_s = 4157,06$ Н.

Для анализа факторов после канонического преобразования получаем уравнение:

$$Y - Y_s = -0,04x_2^2 - 48,68x_2 \quad (3)$$

где Y_s – оптимальная величина тягового сопротивления рабочего органа, Н.

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента по определению зависимости тягового сопротивления лапы с нижней заточкой от ширины лапы b и угла крошения β

№	Натуральные значения факторов		Кодированные значения факторов		Отклик, Н
	b , мм	β , град.	x_1	x_2	
1	500	40	+	+	4000
2	500	30	+	–	3200
3	70	40	–	+	1800
4	70	30	–	–	1060
5	500	35	+	0	2200
6	70	35	–	0	1800
7	285	40	0	+	3000
8	285	30	0	–	1880
9	285	35	0	0	3000
10	285	35	0	0	3100
11	285	35	0	0	3050
12	285	35	0	0	2800

Согласно уравнению (3) поверхность отклика тягового сопротивления рабочего органа от ширины лапы b и угла крошения β , поверхность отклика в изолиниях и графики имеют следующие виды (рисунок 2).

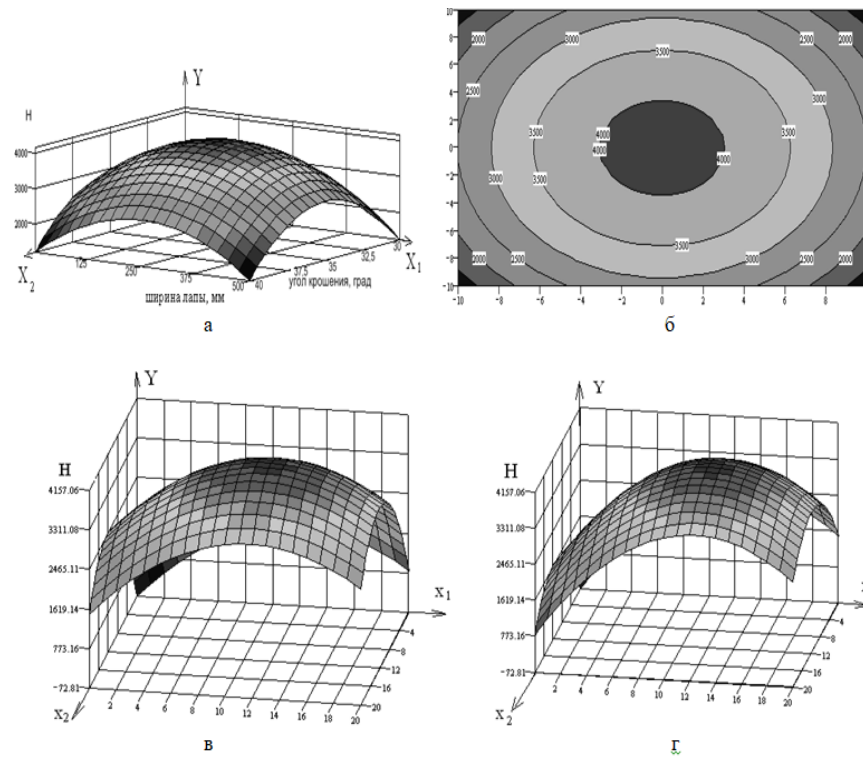


Рисунок 2. Поверхности зависимости тягового сопротивления от угла крошения и ширины лапы

а – поверхности отклика; б – двухмерное сечение; в, г – графики

На рисунке 3 представлена зависимость тягового сопротивления рабочего органа от b_i и β_i при фиксированном значении конструктивного параметра X_1 или параметра X_2 (находящихся в центре плана).

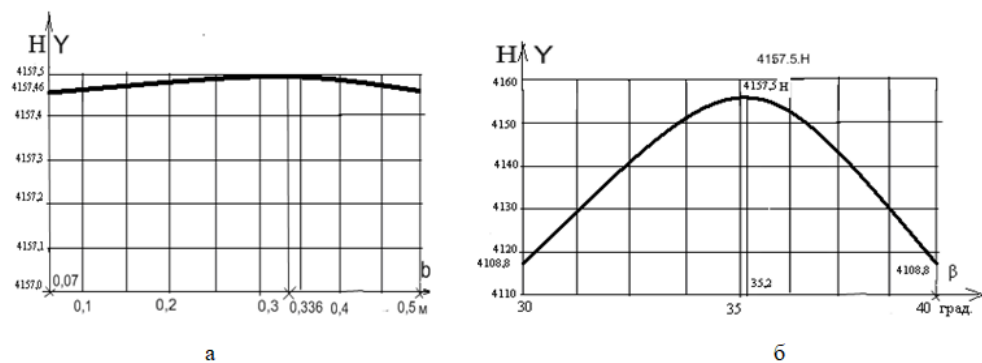


Рисунок 3. Зависимость тягового сопротивления рабочего органа от b_i и β_i
а – при фиксированном параметре X_1 ; б – при фиксированном параметре X_2

Величина тягового сопротивления рабочего органа Y , определяемая из уравнения (3), максимальна и равна 4157,5 Н, а для ширины лапы $b = 0,07$ м, $b = 0,5$ м, или угле крошения $\beta = 30^\circ$, $\beta = 40^\circ$, величины (Y) равны соответственно 4157,46 Н и 4108,8 Н.

Таким образом, результаты определения рациональных параметров следующие: ширина лапы $b = 336,4$ мм; угол крошения $\beta = 35,2^\circ$; тяговое сопротивление, $Y_s = 4157,5$ Н (4,16 кН).

Выводы. На основании анализа существующих технических средств разработан комбинированный почвообрабатывающий агрегат. Применение предложенного агрегата для основной предпосевной безотвальной обработки почвы под кукурузу, сорго, а также под зерновые культуры обеспечит расширение функциональных возможностей, повышение эффективности и качества рыхления почвы, а также возможности применения на плугах с увеличенной шириной захвата.

В результате проведенных экспериментов определены рациональные параметры глубокорыхлителя в составе комбинированного агрегата (ширина лапы $b = 0,34$ м; угол крошения $\beta = 35,2^\circ$), при которых тяговое сопротивление составляет $Y_s = 4157,5$ Н.

Список использованных источников:

1. Хавьяримана Эрик. Состояние сельскохозяйственного сектора Бурунди и задачи исследований / Э. Хавьяримана, Б.Ф. Тарасенко, В.Д. Карпенко, В.А. Дробот // Научный журнал КубГАУ. – №192(08) – 2023 г. – С. 26.
2. Плуг чизельный SVAROG ПЧ-2,5 [Электронный ресурс] URL: <https://moas.ru/company/>.
3. Патент РФ № 2298302, МПК A01B 35/28, A01B 35/26. Устройство для обработки почвы / Медовник А.Н., Тарасенко Б.Ф., Твердохлебов С.А. – Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». Оpubл. 27.01.2000.
4. Патент РФ № 2144749, МПК A01B 3/36, A01B 35/26. Плуг навесной / Тарасенко Б.Ф., Чеботарев М.И., Трубилин Е.И., Ткаченко В.Т., Заярский В.П., Давыденко Н.Г., Цуканов

References:

1. Havyarimana Eric. The state of the agricultural sector in Burundi and research objectives / E. Havyarimana, B.F. Tarasenko, V.D. Karpenko, V.A. Drobot // Scientific journal of KubSAU. – No. 192 (08), 2023. – P. 26.
2. Chisel plow SVAROG PC-2.5 [electronic resource] URL: <https://moas.ru/company/>.
3. Patent RU No. 2298302, IPC A01B 35/28, A01B 35/26 Soil cultivation device / Medovnik A.N., Tarasenko B.F., Tverdokhlebov S.A. – Patent holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”. Registered on 27.01.2000.
4. Patent RU No. 2144749, IPC A01B 3/36, A01B 35/26. Mounted plow / Tarasenko B.F., Chebotarev M.I., Trubilin E.I., Tkachenko V.T., Zayarsky V.P., Davydenko N.G., Tsukanov P.P. –

П.П. – Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». Оpubл. 27.01.2000.

5. Комбинированный агрегат обработки почвы при возделывании сорго / Б.Ф. Тарасенко, Э. Хавьяримана. – ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». – Заявка в ФИПС 2025 г.

6. Асатурян В.И. Теория планирования эксперимента. – М.: Радио и связь, 1983. – 248 с.

7. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613703. Графики параметров чизельной лапы с нижней заточкой / Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой и др. – 13 июля 2009 г. – 10 с.

Patent holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”. Registered on 27.01.2000.

5. Combined soil cultivation unit for sorghum cultivation / B.F. Tarasenko, E. Havyarimana. – FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin” to FIPS, 2025.

6. Asaturyan V.I. Theory of Experimental Planning. – Moscow: Radio and Communications, 1983. – 248 p.

7. Certificate of state registration of computer program No. 2009613703. Graphs of parameters of a chisel paw with lower sharpening / B.F. Tarasenko, V.V. Tsybulevsky, S.A. Gorovoy, et al. – July 13, 2009. – 10 p.

Сведения об авторах:

Хавьяримана Эрик – аспирант кафедры тракторов, автомобилей и технической механики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», e-mail: erichvrnm@gmail.com, г. Краснодар, ул. имени Калинина, уч. 13.

Дмитриев Сергей Андреевич, старший преподаватель кафедры тракторов, автомобилей и технической механики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», e-mail: sergeydmtrievkafedra@mail.ru, г. Краснодар, ул. имени Калинина, уч. 13.

Тарасенко Борис Фёдорович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры тракторов, автомобилей и технической механики ФГ-

Information about the authors:

Erik Khavyarimana – Postgraduate Student of the Department of Tractors, Automobiles and Technical Mechanics, I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, e-mail: erichvrnm@gmail.com, Krasnodar, Kalinin str., site 13.

Sergey Andreevich Dmitriev – Senior Lecturer of the Department of Tractors, Automobiles and Technical Mechanics, I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, e-mail: sergeydmtrievkafedra@mail.ru, Krasnodar, Kalinin str., site 13.

Boris Fedorovich Tarasenko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Tractors, Automobiles, and Technical Mechanics, I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, e-mail:

БОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», e-mail: b.tarasenko@inbox.ru, г. Краснодар, ул. имени Калинина, уч. 13. b.tarasenko@inbox.ru, Kalinin str., site 13. Krasnodar,

УДК 631.3

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ
АГРЕГАТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ
ПОЧВЫ
МЕЖДУРЯДИЙ САДОВ И
ВИНОГРАДНИКОВ**

**A MULTIFUNCTIONAL
UNIT FOR CULTIVATING
THE SOIL BETWEEN
ROWS
OF GARDENS AND VINEYARDS**

Тарасенко Б.Ф., доктор технических наук, профессор;

Дробот В.А., кандидат технических наук, заведующий кафедрой сопротивления материалов
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

Tarasenko B.F., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Drobot V.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Resistance of Materials, FSEI HE "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin"

Обработка почвы с одновременным внесением удобрений в междурядья садов и виноградников обеспечивает глубокое питание корней, улучшает структуру почвы, задерживает влагу и снижает затраты, совмещая рыхление с подкормкой. Разработанный многофункциональный агрегат предназначен для повышения эффективности одновременной обработки почвы с внесением удобрений по всей площади междурядий сада и виноградника.

Ключевые слова: тяговое средство, рама с платформой, зубья, бункер, двойные решетки, волнообразный желоб, механизм прикатывания.

Tilling the soil with simultaneous application of fertilizers between the rows of orchards and vineyards ensures deep root nutrition, improves soil structure, retains moisture, and reduces costs by combining loosening with fertilizing. The multifunctional unit we developed is designed to increase the efficiency of simultaneous soil cultivation and fertilization across the entire row spacing of orchards and vineyards.

Key words: traction device, frame with platform, teeth, hopper, double grates, wave chute, rolling mechanism.

Введение. Основные проблемы междурядной обработки и внесения удобрений в садах и виноградниках связаны с уплотнением почвы техникой, риском повреждения корневой системы, эрозией, накоплением солей и нитратов при неправильном питании, а также сложностью механизации при густой посадке. Междурядная обработка почвы – метод, при котором рыхлят грунт между рядами посаженных растений, не задевая их корни или стебли. Решения требуют точного расчета доз и использования узкогабаритной и специализированной техники, которую надо совершенствовать [1].

Цель исследований – обоснование конструктивно-технологической схемы многофункционального агрегата для обработки почвы междурядий садов и виноградников.

Задачи исследований:

- проанализировать технические средства обработки почвы междурядий садов и виноградников;
- разработать многофункциональный агрегат, обеспечивающий повышение эффективности одновременной обработки почвы с внесением удобрений по всей площади междурядий садов и виноградников;
- предложить математическое описание процесса рыхления почвы многофункциональным агрегатом.

Материалы и методы исследований

Анализ существующих технологий и технических средств показал следующее.

Известна многофункциональная машина [2], содержащая рыхлители на стойках, систему для внесения дополнительных твердых и жидких компонентов в почву и для полива.

Также известно изобретение «Разбрасыватель удобрений» [3], содержащий рыхлящий рабочий орган, который снабжен направителем потока, направляющая часть которого своим продолжением пересекает отрезок, соединяющий оси вращения рыхлящего и разбрасывающего рабочих органов.

Известно изобретение «Почвообрабатывающий каток» [4], содержащий вал, на котором посредством ступиц закреплена гладкая пустотелая труба с технологическими отверстиями прямоугольной формы, расположенными в шахматном порядке, а также плоские ножи, закрепленные к внутренней поверхности катка в проецирующей плоскости относительно плоскостей прямоугольников, образующих данные технологические отверстия.

Также известна «Зубовая борона» [5], которая наиболее близка по техническим признакам и достигаемому эффекту к предлагаемому техническому устройству.

К недостаткам известных технических решений можно отнести отсутствие возможности одновременной обработки почвы с внесением удобрений.

На основании анализа и в результате патентных исследований нами разработан многофункциональный агрегат, обеспечивающий повышение эффективности одновременной обработки почвы с внесением удобрений по всей площади междурядья сада и виноградника [6]. На рисунке 1 представлена схема агрегата, где на фигуре (а) показан общий вид многофункционального агрегата для обработки почвы междурядий садов и виноградников; на фигуре (b) – то же, вид сбоку; на фигуре (c) – то же, поперечное сечение; на фигуре (d) – механизм прикатывания в разрезе.

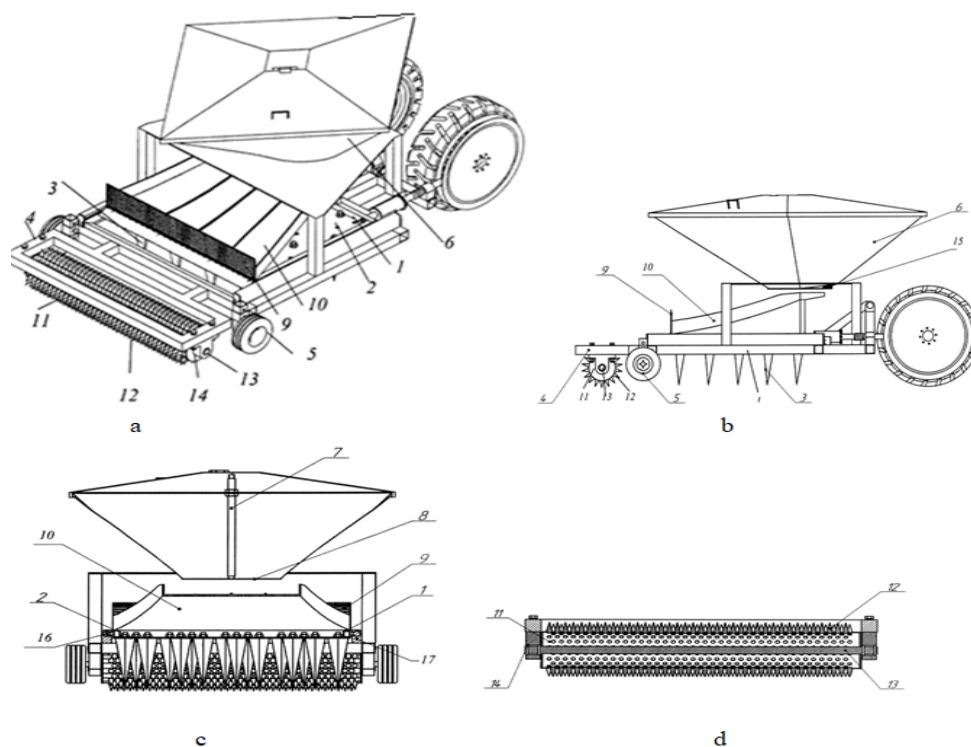


Рисунок 1. Схема multifункционального агрегата для обработки почвы междурядий садов и виноградников

Многофункциональный агрегат для обработки почвы междурядий садов и виноградников содержит раму 1 с платформой 2, на которой закреплены зубья 3 с режущими кромками и с прицепным приспособлением (на рисунке не показано) для присоединения к тяговому средству. Агрегат имеет дополнительную раму 4 с опорными колесами 5, установленную с возможностью перемещения в горизонтальной плоскости над рамой 1, соединенной с тяговым средством. На дополнительной раме 4 расположено устройство для внесения удобрений, которое содержит бункер 6 для удобрений с регулировочным винтом 7 и с заслонкой 8, предназначенные для закрытия и настройки зазора между бункером и заслонкой, для обеспечения соответствующей пропускной способности удобрений. Сзади дополнительной рамы 4 расположены двойные решетки 9, которые необходимы для регулировки подачи удобрений разных фракций. Одна из решеток 9 является внешней и установлена снаружи с возможностью перемещения вверх, а вторая решетка установлена неподвижно. Изначально решетки 9 установлены так, чтобы их отверстия соосно совпадали, при этом отверстия имеют максимальный размер. Если необходима подача удобрений мелкой фракции, то внешнюю решетку смещают вверх, и за счет перекрытий отверстий решеток уменьшается размер отверстий, через которые могут прохо-

дять мелкие фракции удобрений. На раме 1 установлен волнообразный желоб 10 с расширением у основания и сужением в верхней части, который предназначен для равномерного распределения удобрений в горизонтальной плоскости, далее установлена двойная решетка 9, затем механизм прикатывания, предназначенный для заделки удобрений в почву, состоящий из барабана 11 с конусными иглами 12, расположенные в шахматном порядке на всей плоскости барабана, оси 13, идущей через весь барабан 11, закрепленной по краям в подшипниковых узлах 14, соединенных с дополнительной рамой 4. Зубья 3 установлены на платформе 2 рамы 1, соединенной с тяговым средством, расположены в зигзагообразном порядке и выполнены в виде вытянутых трехгранных пирамид, ребра которых заточены. Заслонка 8 имеет пружину 15 для автоматического закрытия отверстия. Дополнительная рама 4 перемещается при помощи линейных направляющих балок 16 и 17.

Многофункциональный агрегат для обработки почвы междурядий садов и виноградников работает следующим образом.

Вибрации, создаваемые тяговым средством, передаются на раму 1, затем на дополнительную раму 4, далее на бункер 6 с удобрениями, которые из бункера под воздействием вибрации высыпаются и проходят через зазор между бункером 6 и заслонкой 8, попадают на волнообразный желоб 10 и перемещаются под собственным весом и вибрацией к двойным решеткам 9, расположенным сзади дополнительной рамы 4, и далее через отверстия решеток 9 удобрения требуемой фракции попадают в почву. Удобрения, попавшие в почву, которая одновременно с внесением удобрений обрабатывалась с помощью зубьев 3, прикатываются с помощью барабана 11 механизма прикатывания. Иглы 12 барабана 11 обеспечивают дополнительное крошение почвы, измельчение и уплотнение почвы с удобрением. Форма зубьев 3 и их расположение позволяет качественно обработать почву, получая мелкодисперсную ее структуру в междурядьях виноградника.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим динамику работы зуба. Тяговое сопротивление борона P зависит от ее веса, числа зубьев и удельного сопротивления почв. Для практических целей при определении тягового сопротивления можно пользоваться выражением:

$$P = q \cdot n, \quad (1)$$

где q – сопротивление одного зуба;

n – число зубьев борона.

По полученным опытным путем данным, q составляет 10...15 Н для легких, 20...25 Н для средних и 40...50 Н для тяжелых борон.

В случае, когда зуб установлен вертикально и совершает колебательное движение, уравнения движения с учетом скорости переносного движения v подвижной системы координат относительно неподвижной могут быть представлены в виде:

$$x = v \cdot t \pm R \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

$$y = -R \cdot (l + \cos \alpha),$$

где v – переносная скорость движения;

R – расстояние от оси вращения до точки крепления зуба;

t – время;

$\alpha = \pm \omega t$ – текущее значение угла поворота (верхний знак относится к случаю, когда зуб вращается в направлении часовой стрелки, а нижний – против).

Для определения величины абсолютного перемещения S любой точки зуба воспользуемся известным уравнением:

$$S^2 = x^2 + y^2 \quad (3)$$

Объем взрыхленной почвы одним зубом определяется из уравнения:

$$V = S \cdot A, \quad (4)$$

где V – объем взрыхленной почвы одним зубом;

S – длина пути зуба за время t ;

A – площадь поперечного сечения зоны деформации почвы.

Поперечное сечение зоны деформации почвы зубом имеет форму треугольника (рисунок 2) с основанием a_p и высотой h .

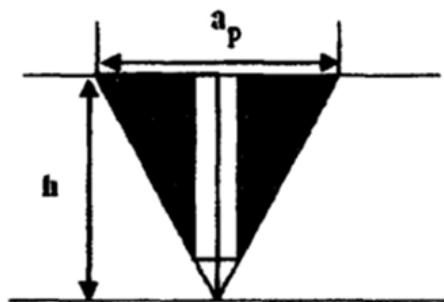


Рисунок 2. Поперечное сечение зоны деформации почвы зубом

Учитывая размеры поперечного сечения зоны деформации почвы зубом, получим:

$$A = 1/2 \cdot a_p \cdot h. \quad (5)$$

Тогда при прямолинейном движении зуба бороны на длине пути $S_l = V t$, объем взрыхленной почвы равен:

$$V_l = 1/2 \cdot a_p \cdot h \cdot S_l. \quad (6)$$

Для вибрационного рыхлителя с учетом колебаний зуба длина пути будет S_2 , а объем взрыхленной почвы:

$$V_2 = l/2 \cdot a_p \cdot h \cdot S_2, \quad (7)$$

Тогда приращение объема взрыхленной почвы при колебании будет пропорционально разнице пути $S_2 - S_1$:

$$\Delta V = V_2 - V_1 = l/2 \cdot a_p \cdot h (S_2 - S_1). \quad (8)$$

Следовательно, $S_2 - S_1$ – это степень приращения рыхления почвы, которое повышает качество поверхностного рыхления междурядья.

При увеличении глубины h и скорости v_p обработки почвы растет тяговое сопротивление агрегата P_{ag} , график зависимости которого показан на рисунке 3.

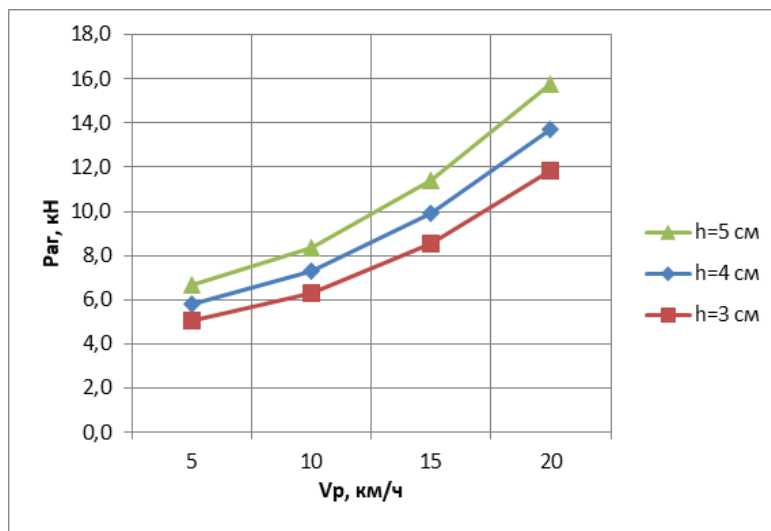


Рисунок 3. Зависимость P_{ag} от v_p и h при ширине захвата 3 м

Из приведенного на рисунке 3 графика видно, что тяговое сопротивление агрегата P_{ag} изменяется в пределах от 5 до 16 кН, что следует учитывать при выборе энергетического средства для его агрегатирования.

Выводы. На основании анализа существующих технических средств обработки почвы в садах и виноградниках, методом поисковых исследований разработана конструктивно-технологическая схема многофункционального агрегата для обработки почвы междурядий садов и виноградников, новизна которого защищена патентом РФ №197353. Применение агрегата позволит повысить эффективность процесса одновременной обработки почвы с внесением удобрений по всей площади междурядья сада и виноградника.

Представлено математическое описание процесса рыхления почвы многофункциональным агрегатом в виде зависимости величины тягового сопротивления агрегата P_{ag} от скорости v_p и глубины обработки h .

Список использованных источников:

1. Виноградарство России: настоящее и будущее / Е.А. Егоров и др. – Махачкала, 2004. – 438 с.

2. Патент РФ № 2446674, МПК A01G 17/02. Способ выращивания корнесобственных саженцев винограда при капельном орошении и машина для его осуществления / В.М. Ермаков, Е.А. Тимченко, А.М. Салдаев и др. – Патентообладатель: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства Российской академии сельскохозяйственных наук. – Оpubл. 10.04.2012, Бюл. № 10.

3. Патент РФ № 2109435, МПК A01C 15/12. Способ выращивания корнесобственных саженцев винограда при капельном орошении и машина для его осуществления / Исаев И.К. – Патентообладатель: Исаев Иван Кузьмич. – Оpubл.: 27.04.1998.

4. Патент РФ № 2508618, МПК A01B 29/00. Почвообрабатывающий каток / Ю.А. Савельев, В.А. Милюткин, П.А. Ишкин и др. – Патентообладатель: ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА. – Оpubл. 10.03.2014, Бюл. № 7.

5. Патент РФ № 2248687, МПК A01B 79/00. Способ весеннего боронования озимых культур и зубовая борона для его осуществления / Тупицын Н.В., Тупицын В.Н., Егоров С.Н. – Патентообладатель: Тупицын Николай Васильевич. – Оpubл. 27.08.2004, Бюл. № 24.

6. Патент РФ № 197353, МПК A01B 13/04. Многофункциональный агрегат для обработки почвы между рядов садов и виноградников / Исаид Ножуд Фуад, Б.Ф. Тарасенко, А.В.

References:

1. Viticulture in Russia: present and future / E.A. Egorov et al. Makhachkala, 2004. – 438 p.

2. Russian Federation Patent No. 2446674, IPC A01G 17/02. Method for growing own-rooted grape seedlings with drip irrigation and a machine for implementing it / V.M. Ermakov, E.A. Timchenko, A.M. Saldayev et al. – Patent holder: State Scientific Institution All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing of the Russian Academy of Agricultural Sciences. – Publ. 10.04.2012, Bulletin No. 10.

3 Russian Federation Patent No. 2109435, IPC A01C 15/12. Method for growing own-rooted grape seedlings with drip irrigation and a machine for implementing it / Isaev I.K. – Patent holder: Isaev Ivan Kuzmich. – Publ. 04.27.1998.

4 Russian Federation Patent No. 2508618, IPC A01B 29/00. Tillage roller / Yu.A. Savelyev, V.A. Milyutkin, P.A. Ishkin et al. – Patent holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Samara State Agricultural Academy. – Publ. 03.10.2014, Bulletin No. 7.

5 Russian Federation Patent No. 2248687, IPC A01V 79/00. The method of spring harrowing of winter crops and a tooth harrow for its implementation / Tupitsyn N.V., Tupitsyn V.N., Egorov S.N. - Patent holder: Tupitsyn Nikolai Vasilievich. – Publ.: 08/27/2004 Bull. No. 24.

6 Russian Federation Patent No. 197353, IPC A01B 13/04. Multifunctional unit for cultivating soil between rows of orchards and vineyards / Isaid Nozhud Fuad, B.F. Tarasenko, A.V. Zubko, Kusa Haider Ibrahim. –

Зубко, Куса Хайдер Ибрагим. – Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». – Опубл. 22.04.2020, Бюл. № 12.

Patent holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”. – Publ. 22.04.2020, Bulletin No. 12.

Сведения об авторах:

Тарасенко Борис Фёдорович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры тракторов, автомобилей и технической механики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», e-mail: b.tarasenko@inbox.ru, г. Краснодар, ул. имени Калинина, уч. 13.

Дробот Виктор Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой сопротивления материалов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», e-mail: viktor.drobot.85@mail.ru, г. Краснодар, ул. имени Калинина, уч. 13.

Information about the authors:

Tarasenko Boris Fedorovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Tractors, Automobiles and Technical Mechanics, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trublin, e-mail: b.tarasenko@inbox.ru, Krasnodar, Kalinin St., uch. 13.

Drobot Viktor Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Materials Resistance, I.T. Trublin Kuban State Agrarian University, e-mail: viktor.drobot.85@mail.ru, Krasnodar, Kalinin St., uch. 13.

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 619:616.71-007.15:636.4

**ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ
СУБКЛИНИЧЕСКОГО РАХИТА У
ПОРОСЯТ****DIAGNOSIS AND TREATMENT
OF PIGLETS SUBCLINICAL
RICKETS****Кувевда Н.Н.**, кандидат ветеринарных наук, доцент;**Кувевда Е.Н.**, кандидат ветеринарных наук, доцент;**Таран Т.А.**, обучающаяся факультета ветеринарной медицины

Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Kuevda N.N., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,**Kuevda E.N.**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,**Taran T.A.**, student

Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»

Субклинический рахит поросят – часто встречающаяся патология в современном свиноводстве, причинами которой является недостаток в организме животных кальция, фосфора и витамина D, поступающих с кормами. Причины его возникновения разнообразны, поэтому клиническая картина заболевания неспецифична. У поросят часто регистрируют симптомы заболеваний различных систем и органов. Диагноз устанавливают при лабораторных исследованиях крови, определяя концентрацию общего кальция, неорганического фосфора и активность щелочной фосфатазы, а также различные виды анемии. Для лечения молодняка необходимо использовать препараты витамина D.

Ключевые слова: поросята, рахит, общий кальций, щелочная фосфатаза, витамин D.

Subclinical rickets of piglets is a common pathology in modern pig breeding, the causes of which are a lack of calcium, phosphorus and vitamin D in the body of animals supplied with feed. The causes of its occurrence are diverse, so the clinical picture of the disease is nonspecific. Piglets often show symptoms of diseases of various systems and organs. The diagnosis is established by laboratory blood tests, determining the concentration of total calcium, inorganic phosphorus and alkaline phosphatase activity, as well as various types of anemia. Vitamin D preparations should be used to treat young animals.

Keywords: piglets, rickets, total calcium, alkaline phosphatase, vitamin D.

Введение. Свиноводство – это одна из самых динамично развивающихся отраслей животноводства. Свиньи отличаются рядом биологических особенностей, выгодно отличающих их от других животных, что определяет успешность отрасли. В первую очередь, это высокая интенсивность роста. Так, поросенок за первую неделю жизни удваивает свой вес, к концу первого месяца жизни – его вес увеличивается в 10 раз, а к концу откорма (возраст 6-7 мес.) вес животного возрастает уже более, чем в 100 раз. Кроме этого, свиньям свойственно многоплодие, высокая молочность, сравнительно недолгий срок беременности. Все эти факторы позволяет довольно успешно получать необходимое количество продукции при обеспечении надлежащих условий кормления и содержания. От одной свиноматки в год можно получать до трех и более т свинины. Свиньи по количеству съедобных частей туши (без костей) среди других мясных сельскохозяйственных животных занимают первое место, конкурируя лишь с птицей-бройлерами. Свиньи превосходят жвачных животных по убойному весу, по содержанию в туше сухого вещества и по питательности мяса. Свинина на 80% больше по калорийности, чем у жвачных животных.

Отсутствие прочной кормовой базы – это самая серьезная проблема, с которой сталкиваются хозяйства отрасли. Без нее невозможно организовать полноценное кормление животных. Свиньям, в отличие от крупного рогатого скота, обязательно требуется введение в рацион минеральных и витаминных добавок, чтобы обеспечить потребности организма по этим веществам. Природными (натуральными) кормами сбалансировать рацион этих животных невозможно [1].

Наиболее критическими в жизни животного являются период интенсивного роста, беременности и лактации. Взрослые животные обладают определенными компенсационно-адаптационными возможностями организма к нарушенным условиям среды, молодняк – нет. Поэтому среди всех технологических групп поросята более других предрасположены к заболеваниям, в первую очередь – патологиям метаболизма и др. Особенно в период после отъема от свиноматки, что связано с возникновением физиологического иммунодефицитного состояния, возникающего как ответная реакция на мощный стресс-фактор. При нарушении кормления, несбалансированности рационов у поросят возникают различные заболевания обмена веществ и крови, такие как рахит, алиментарная анемия, гипогликемия и др. При этом поросята резко снижают упитанность, отстают в росте и развитии, у них отмечают заболевания пищеварительной и дыхательной системы. Поэтому изучение рахита поросят является актуальной проблемой [2].

Рахит в классической клинической форме проявляется исхуданием, искривлением костей, вздутием и отвисанием живота. При этом в крови отмечают выраженное снижение концентрации общего кальция, повышение активности щелочной фосфатазы и уменьшение содержания кальцитриола и гормонально активных форм витамина D [3-6]. Измерение концентрации общего кальция и активности щелочной фосфатазы может использоваться в рутинной диагности-

ке, тогда как гормонов – только в научно-исследовательской и для производственной диагностики не годится вследствие высокой стоимости исследований.

В настоящее время для лечения животных и профилактики при этой патологии актуальным является использование препаратов витамина D в различных формах. Наиболее перспективным является применение активированных. К примеру, 25-гидроксиколекальциферола [7, 8], 25-гидроксивитамина D3 в смеси с хондроитин сульфатом и глюкозаминосульфатом [9]. Источники кальция в рационе при этом не оказывают существенного влияния на иммунный статус и метаболизм животных; исключение – цитрат кальция, который более благотворно влияет на состав кишечной микрофлоры, несколько подкисляя химус [10]. Достаточно перспективным является использование кроме этого и бактериальной фитазы в комплексе с 25-гидроксиколекальциферолом, которые повышают усвояемость не только минеральных веществ (фосфора и кальция), но и некоторых органических, в первую очередь – протеина. Так как в зерновых кормах многие питательные вещества находятся в виде фитатов, то они практически не усваиваются свиньями из-за отсутствия у животных в желудочно-кишечном тракте соответствующих ферментов [11].

Материал и методы исследований. При выполнении работы использовали клинические, гематологические, биохимические и статистические методы исследований. Экспериментальные исследования были организованы и проведены в клинико-биохимической лаборатории кафедры внутренней патологии животных института «Агротехнологическая академия» КФУ имени В.И. Вернадского и СТФ Симферопольского района Республики Крым. Объектом исследования были поросята в после отъема породы крупная белая в количестве 20 голов. Возраст поросят составлял около 1,5-2 мес., масса тела 16-18 кг. Животных разделили на две подгруппы – подопытную и контрольную (фактически, это были две клетки поросят, содержащихся в свинарнике в полностью одинаковых условиях), по 10 голов в каждой. Для лечения подопытной группы поросят использовали препарат «Аквадетрим», который вводили животным парентерально (внутримышечно, в основании ушной раковины). Это водорастворимая форма витамина D, предназначенная для использования у человека, действующее вещество – колекальциферол (15000 Ед/мл). В контрольной группе использовали препарат «Тривитамин», который применялся в рутинной практике в хозяйстве. Это инъекционная масляная форма препарата витаминов А, D3 и Е, предназначенная для использования в ветеринарии. Материалом для исследования были образцы крови поросят, данные анализа их рациона. Определение клинического статуса поросят выполняли по методике диспансеризации с дополнениями. Образцы крови животных для лабораторных исследований отбирали из орбитального венозного синуса в пробирки с К3-EDTA (для общего анализа) и литий-гепарином (для биохимических исследований). Общий анализ крови выполняли на автоматическом гематологическом анализаторе VetScan HM5 (Abaxis, США). Биохимические исследования крови проводили на автоматическом био-

химическом экспресс-анализаторе Fuji DRI-CHEM 4000ie (Fujifilm, Япония). В плазме крови определяли концентрацию общего белка, активность щелочной фосфатазы (ЩФ), содержание общего кальция и неорганического фосфора. Непосредственно в цельной крови определяли содержание глюкозы экспресс-анализатором CentriVet (ACON Laboratories Inc, США). Анализ рациона выполняли по зоотехническим показателям. Полученные результаты исследований анализировали методами вариационной статистики, используя Microsoft Office Excel 2007, рассчитывая среднюю величину и ее ошибку ($M \pm m$), определяя степень разности средних величин по t-критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Клиническое состояние животных обеих групп при обследовании было удовлетворительным в течение экспериментальных наблюдений. В начале эксперимента у животных отмечали признаки респираторно-кишечных заболеваний, которые сравнительно малоуспешно поддавались лечению традиционными способами – антибиотиками в сочетании с витаминными препаратами. У больных поросят кроме поражения респираторного и желудочно-кишечного тракта отмечали сгорбленность позы при стоянии, увеличенный (вздутый) и отвисший живот, прогибание спины. Аппетит был переменчивым, аллотриофагия не наблюдалась. Клинических симптомов поражения костно-суставного аппарата не выявляли. Температура тела в течение экспериментальных исследований была нормальной лишь у отдельных животных в начале незначительно превышая норму. Подобные клинические признаки отмечались у поросят и ранее. Незначительная эффективность терапии подобных расстройств, принятая в хозяйстве, послужила основанием для проведения детальной диагностики.

Результаты исследования цельной крови поросят приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты исследования цельной крови поросят, ($M \pm m$, $n=10$)

Группа	Эритроциты, Т/л	Нб, г/л	МСНС, г/л	Лейкоциты, Г/л	Лимфоциты, Г/л
Начало опыта					
Подопытная	5,97±	97,0±	279,6±	15,8±2,12	6,54±0,68
Контрольная	5,85±	94,7±	273,6±	17,2±1,95	6,87±1,01
Середина опыта					
Подопытная	5,91±	100,7±	307,8±	17,2±1,78	7,19±0,72
Контрольная	6,03±	96,5±	278,8±	18,5±2,01	6,95±1,12
Окончание опыта					
Подопытная	6,7±	104,6±	312,45±	15,5±1,12	7,92±0,58
Контрольная	6,16±	92,73,42	288,0±	16,5±2,56	7,25±0,98
Норма	6-8,5	95-125	290-325	12-25	7,5-20

Примечание: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$ относительно поросят контрольной группы.

По данным, приведенным в таблице 1 видно, что у поросят отмечали признаки гипохромной анемии, которая является видоспецифичной. При этом ее

причинами, кроме недостатка железа в этот период и желудочно-кишечной патологии, могло быть и недостаточное обеспечение поросят эффективными формами витамина D [3]. Кроме этого, у поросят выявлено уменьшение лимфоцитов в крови и относительно невысокий уровень лейкоцитов. Несмотря на признаки респираторно-кишечной патологии у отдельных животных клеточная реакция практически отсутствует, что может быть одним из симптомов недостаточной обеспеченности животных витамином D. Тем более, что одним из эффектов холекальциферола является стимулирование иммуногенеза животных [12]. К концу эксперимента у поросят подопытной группы признаки гемопоэза частично нормализовались, особенно по сравнению с поросятами контрольной группы. У контрольных животных по-прежнему отмечали признаки анемии, которые однако были выражены значительно слабее, особенно по сравнению с данными, полученными в начале эксперимента. Содержание глюкозы во всех образцах в течение эксперимента было низко нормальным, что часто отмечают при рахите [3].

Результаты биохимических исследований плазмы крови поросят представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты исследования плазмы поросят, ($M \pm m$, $n=10$)

Группа	Общий белок, г/л	Общий кальций, ммоль/л	Неорганический фосфор, ммоль/л	Щелочная фосфатаза, Ед/л
Начало опыта				
Подопытная	65,8±	2,15±	1,85±	331,1±
Контрольная	66,4±	2,14±	1,88±	349,9±
Середина опыта				
Подопытная	69,4±	2,49±	2,12±	244,6±
Контрольная	66,6±	2,31±	1,98±	319,6±
Окончание опыта				
Подопытная	70,3±	2,85±	1,92±	198,9±
Контрольная	66,7±	2,35±	1,71±	327,4±
Норма	55-70	2,5-3,12	2,2-4,3	50-250

Примечание: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$ относительно поросят контрольной группы.

Результаты, приведенные в таблице 2, демонстрируют различную терапевтическую эффективность препаратов витамина D. В начале эксперимента животные обеих подгрупп имели невысокую концентрацию общего кальция и неорганического фосфора наряду с повышенной активностью щелочной фосфатазы. Это позволяет сделать заключение о развитии у животных гиповитаминоза D, или рахита [2, 3, 5], субклинического течения. Основными причинами подобных метаболических расстройств у поросят в условиях производства чаще всего является низкая обеспеченность кальцием, фосфором и витамином D [13]. Определение их в кормах для рутинной диагностики затруднено, осо-

бенно витамина; возможно лишь в исследовательских целях частично.

Использование предложенных препаратов для лечения поросят оказалось достаточно эффективным в обеих подгруппах. Однако, в подопытной группе признаки недостаточности витамина исчезли практически полностью. При этом даже возросла концентрация общего белка, что мы связываем, в первую очередь, с анаболическим эффектом витамина D [12]. Выздоровление поросят контрольной группы проходило медленнее. К концу эксперимента у них по-прежнему отмечали лабораторные симптомы рахита – пониженную концентрацию общего кальция и повышенную активность щелочной фосфатазы [3-5].

Выводы. Клиническими признаками преморбидного рахита у поросят являются симптомы поражения респираторно-желудочного тракта, изменения аппетита. В цельной крови при этом устанавливают признаки гипохромной анемии и лимфопении. При биохимических исследованиях плазмы крови регистрировали снижение содержания общего кальция, неорганического фосфора и повышение активности щелочной фосфатазы. Использование для лечения поросят водорастворимой формы препарата витамина D оказалось более эффективным, чем масляной. У поросят подопытной группы к концу эксперимента нормализовались концентрация общего кальция и активность щелочной фосфатазы.

Список использованных источников

1. Молоскин С. Особенности кормления свиней / С. Молоскин // Свиноводство. – 2002. – №3. – С. 25.
2. Соколюк В. Порухення обміну речовин у свиноматок / В. Соколюк, В. Москаленко, М. Костюк // Тваринництво України. – 2003. – №8. – С. 26-28.
3. Vitamin D-dependent rickets type I in pigs / J. Fox, E.M.W. Maunder, V.A. Randall // Clinical Science (1985) 69: 541-548.
4. Evidence for Vitamin D-Independent Active Calcium Absorption in Newborn Piglets / B. Schruder, R. Kaune, Ch. Schlumbolhm, et al. // Calcif Tissue Int (1993) 52:305-309.
5. Axen E. Renal and hepatic 1α -hydroxylation of 25-hydroxyvitamin D3 in piglets suffering from pseudo vitamin D-deficiency rickets, type I / E. Axena, J. Harmeyer, K. Wikvall // Biochimica et Biophysica Acta (1998) 1407:234-242.
6. Lachenmaier-Cunle U. Intestinal

References:

1. Moloskin S. Features of pig feeding / S. Moloskin // Pig Breeding. – 2002/ – No. 3. – P. 25.
2. Sokolyuk V. Metabolic disorders in sows / V.Sokolyuk, V.Moskalenko, M.Kostyuk // Animal Husbandry of Ukraine. – 2003. – No. 8. – P. 26-28.
3. Vitamin D-dependent rickets type I in pigs / J. Fox, E.M.W. Maunder, V.A. Randall // Clinical Science (1985) 69: 541-548.
4. Evidence for Vitamin D-Independent Active Calcium Absorption in Newborn Piglets / B. Schruder, R. Kaune, Ch. Schlumbolhm, et al. // Calcif Tissue Int (1993) 52:305-309.
5. Axen E. Renal and hepatic 1α -hydroxylation of 25-hydroxyvitamin D3 in piglets suffering from pseudo vitamin D-deficiency rickets, type I / E. Axena, J. Harmeyer, K. Wikvall // Biochimica et Biophysica Acta (1998) 1407:234-242.
6. Lachenmaier-Cunle U. Intestinal

Absorption of Calcium in Newborn Piglets. Role of Vitamin D / U. Lachenmaier-Cunle, J. Harmeyer // *Biol. Neonate*(1988) 53: 327-335.

7. Dietary supplementation of 25-hydroxycholecalciferol as an alternative to cholecalciferol in swine diets: A review / M. Lütke-Dörhoff, J. Schulz, H. Westendarp, et al. // *J Anim Physiol Anim Nutr.* (2022) 106:1288-1305.

8. Efficacy of dietary vitamin D3 and 25(OH)D3 on reproductive capacities, growth performance, immunity and bone development in pigs / M. Hasan, M. Oster, H. Reyer, et al. // *British Journal of Nutrition* (2023) 130: 1298-1307.

9. Effects of 25-hydroxyvitamin D3, chondroitin sulfate and glucosamine sulfate on the growth performance, calcium and phosphorus metabolism, and bone development of weaned piglets / Y. Xi, B. Shi, X. Guo, et al. // *Animal Nutrition* (2025) 22: 459-470.

10. Effects of Different Sources of Calcium in the Diet on Growth Performance, Blood Metabolic Parameters, and Intestinal Bacterial Community and Function of Weaned Piglets / A. Yang, K. Wang, X. Peng, et al. // *Frontiers in Nutrition* (2022) 9: 1-12.

11. Effects of phytase and 25-hydroxyvitamin D3 supplementation on growth performance and bone development in weaned piglets in Ca- and P-deficient dietary / Y. Zhao, X. Wen, H. Xiao et al. // *J Sci Food Agric* (2021) 11: 1-9.

12. Апуховська Л.І. Фізіологічна функція вітаміну D3 / Л.І. Апуховська, М.В. Стефанов // Неінфекційна патологія тварин. Матеріали наук.-практ. конф. – Біла Церква, 7-8 червня 1995 р. – Частина I. – С. 128-139.

Absorption of Calcium in Newborn Piglets. Role of Vitamin D / U. Lachenmaier-Cunle, J. Harmeyer // *Biol. Neonate*(1988) 53: 327-335.

7. Dietary supplementation of 25-hydroxycholecalciferol as an alternative to cholecalciferol in swine diets: A review / M. Lütke-Dörhoff, J. Schulz, H. Westendarp, et al. // *J Anim Physiol Anim Nutr.* (2022) 106:1288-1305.

8. Efficacy of dietary vitamin D3 and 25(OH)D3 on reproductive capacities, growth performance, immunity and bone development in pigs / M. Hasan, M. Oster, H. Reyer, et al. // *British Journal of Nutrition* (2023) 130: 1298-1307.

9. Effects of 25-hydroxyvitamin D3, chondroitin sulfate and glucosamine sulfate on the growth performance, calcium and phosphorus metabolism, and bone development of weaned piglets / Y. Xi, B. Shi, X. Guo, et al. // *Animal Nutrition* (2025) 22: 459-470.

10. Effects of Different Sources of Calcium in the Diet on Growth Performance, Blood Metabolic Parameters, and Intestinal Bacterial Community and Function of Weaned Piglets / A. Yang, K. Wang, X. Peng, et al. // *Frontiers in Nutrition* (2022) 9: 1-12.

11. Effects of phytase and 25-hydroxyvitamin D3 supplementation on growth performance and bone development in weaned piglets in Ca- and P-deficient dietary / Y. Zhao, X. Wen, H. Xiao et al. // *J Sci Food Agric* (2021) 11: 1-9.

12. Apukhovskaya L.I. Physiological function of vitamin D3 / L.I. Apukhovskaya, M.V. Stefanov // Non-infectious pathology of animals. Materials of Science and practice. conf. – Belaya Tserkva, June 7-8, 1995 – Part I. – P. 128-139.

13. Nutrient Deficiencies and Excesses / S.S. Dritz, R.D. Goodband, J.M. DeRouchey, et.al. In: Diseases of Swine / J.J. Zimmerman, L.A. Karriker, A. Ramirez, et al., editors. – Wiley Blackwell, 2019. – 11th ed. – P. 1043-1054.

13. Nutrient Deficiencies and Excesses / S.S. Dritz, R.D. Goodband, J.M. DeRouchey, et.al. In: Diseases of Swine / J.J. Zimmerman, L.A. Karriker, A. Ramirez, et al., editors. – Wiley Blackwell, 2019. – 11th ed. – P. 1043-1054.

Сведения об авторах:

Кувда Николай Николаевич – кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедры внутренней патологии животных факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: therapy-abip@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Кувда Екатерина Николаевна – кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры внутренней патологии животных факультета ветеринарной медицины Института «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».

Таран Татьяна Алексеевна – студентка факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: tatyana.tatun.2002@gmail.com, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

Information about the authors:

Kuevda Nikolay Nikolayevich – Candidate of Veterinary Sciences, Head 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: therapy-abip@mail.ru, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Kuevda Ekaterina Nikolaevna – 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: therapy-catu@yandex.ru, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Taran Tatyana Alexeevna – student of the Faculty of Veterinary Medicine of the Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: tatyana.tatun.2002@gmail.com, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

УДК 619:616.34-002:636.7

**РЕЗУЛЬТАТЫ
КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ГАСТРОЭНТЕРИТА У ПОРОСЯТ**

**RESULTS OF CLINICAL
AND BIOCHEMICAL
STUDIES OF PIGLETS
GASTROENTERITIS**

Лизогуб М.Л., кандидат биологических наук, доцент;

Шевляков Д.С., обучающийся факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Lizogub M.L., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;

Shevlyakov D.S., a student at the Faculty of Veterinary Medicine Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»

В статье представлены результаты исследований этиологии, клинических симптомов, морфологических и биохимических изменений крови поросят, больных гастроэнтеритом. Проведенные исследования больных животных установили клинические признаки гастроэнтерита: рвота, понос, плохой аппетит и отказ от корма. Морфологические показатели крови больных животных сопровождалась незначительным лейкоцитозом у 93% поросят с изменениями видового состава лейкоцитов (увеличение нейтрофилов и снижение лимфоцитов) как следствие стрессовой реакции развивающейся в результате отъема поросят. Изменения биохимических показателей, обусловленные тяжестью гастроэнтерита у больных поросят характерны для дегидратации, которая у большинства животных была гипотонической, а у части – гипертонической.

Ключевые слова: поросята, гастроэнтерит, стрессовая реакция, плазма крови, дегидратация.

The article presents the results of studies on the etiology, clinical symptoms, morphological and biochemical changes in the blood of piglets with gastroenteritis. Studies of sick animals have established clinical signs of gastroenteritis: vomiting, diarrhea, poor appetite and refusal of food. Morphological parameters of the blood of sick animals were accompanied by minor leukocytosis in 93% of piglets with changes in the type composition of leukocytes (increased neutrophils and decreased lymphocytes) as a result of the stress reaction that develops as a result of weaning piglets. Changes in biochemical parameters due to the severity of gastroenteritis in sick piglets are characteristic of dehydration, which in most animals was hypotonic, and in some – hypertensive.

Keywords: piglets, gastroenteritis, stress reaction, blood plasma, dehydration.

Введение. Современное свиноводство представляет собой высокотехнологичный, динамично развивающийся сектор экономики, ставший символом успешного импортозамещения и растущего экспортного потенциала страны. В России отрасль свиноводства является основным драйвером роста производства и увеличения потребления мяса населением. При разведении и выращивании свиней возникают различные проблемы и препятствия, в том числе и из-за вероятности возникновения болезней незаразной этиологии, в частности желудочно-кишечных патологий поросят. Успешное решение проблем, возникающих в процессе производства продукции свиноводства обеспечивается соответствующими мерами биобезопасности, что обеспечивает отрасли устойчивое, эффективное и конкурентоспособное хозяйствование [1, 2].

Болезни пищеварительного тракта поросят в данный период времени являются преобладающими в сравнении с другими неинфекционными заболеваниями, представляя распространенную проблему промышленного свиноводства, что приводит к значительным экономическим потерям в животноводстве [3].

Патология органов пищеварения разрушает их физиологическое и функциональное состояние включая переваривание и всасывание питательных веществ, метаболизм и энергетику организма, формирование стабильной и подходящей микробиоты/микробиома, ослабляет защитные механизмы, снижает барьерную функцию совместно с иммунными реакциями слизистой оболочки и взаимодействие между этими компонентами [4].

Нарушение барьерной функции кишечника поросят, изменяет баланс кишечной микробиоты и разрушает химические, механические и иммунные барьеры желудочно-кишечного тракта, что является одной из основных причин воспаления кишечника или кишечных заболеваний у поросят [5].

Болезни органов пищеварения оказывают влияние не только на состояние желудочно-кишечного тракта, но и на весь организм в целом. Увеличивается количество физиологически незрелых поросят, снижаются среднесуточные привесы, а также наблюдается высокая смертность молодняка. В связи с распространением этих заболеваний как в частных фермерских хозяйствах, так и на комплексах, свиноводческой отрасли наносится ощутимый экономический ущерб [6].

Среди болезней желудочно-кишечного тракта гастроэнтериты, занимают первое место по распространенности в производстве, и являются одной из основных причин гибели животных [7, 8].

Наиболее часто гастроэнтериты регистрируются у молодняка в силу несовершенства защитных механизмов. Поросята болеют преимущественно в возрасте 3-х недель (при изменении рациона) и после отъема. Заболеваемость поросят гастроэнтеритом составляет 36,5-44 % от общего числа животных, а падеж при этом может достигать 26 % от числа заболевших поросят [6, 9].

Отъем поросят и введение в рацион растительных кормов считается одним из наиболее критических периодов в свиноводстве. Преследование экономической выгоды на свиноводческих фермах в условиях реального производства

сопровождается возникновением стресса у многих поросят вследствие изменений в рационе питания и среде обитания. При этом стресс при отъеме поросят от свиноматки часто вызывает изменения в морфологии и функции тонкого кишечника, нарушает переваривающую и всасывающую способности, разрушает барьерную функцию кишечника и, в конечном счете, приводит к снижению потребления корма, увеличению частоты диареи и задержке роста [10].

В условиях интенсивного и промышленного ведения животноводства, отъем поросят от свиноматки происходит в гораздо более раннем возрасте (от 3 до 5 недель), чем в естественных условиях (около 17 недель). Этот период раннего отъема считается одним из самых критических в свиноводстве, когда животным приходится сталкиваться с многочисленными стрессовыми факторами. Им приходится приспосабливаться к резким изменениям режима питания и окружающей среды, что сопровождается возникновением с различной периодичностью гипо- или анорексии. Все это происходит в то время, когда у животных все еще незрелая иммунная система, низкая терморегуляция, недостаточная способность к пищеварению, а также нестабильная кишечная микробиота. Таким образом, отъем поросят от свиноматки - это период, когда продуктивность свиней серьезно снижается и поросята предрасположены к чрезмерному росту условно-патогенных микроорганизмов, таких как сальмонелла или кишечной палочки [11].

Гастроэнтерит является полифакторным заболеванием, однако в основе патогенеза лежит сниженная резистентность и иммунная реактивность, нарушения пищеварения, микробная контаминация среды. Большую роль в возникновении гастроэнтеритов играют предрасполагающие факторы, а широкое распространение их у поросят обусловлены воздействием многих этиологических факторов и представляют собой сложные биологические процессы, в которых на разных стадиях болезни участвуют вирусы, бактерии, микоплазмы, грибы, простейшие, гельминты, нарушения в обмене веществ и другие. Факторными инфекциями считают такие болезни, которые характеризуются несоответствием взаимодействия между макро- и микроорганизмами и развитием клинических признаков и поражений. Для них характерно то, что возбудители болезней выделяются у здоровых особей и чаще в ассоциации с другими микроорганизмами. Этиологическим агентом факторной болезни является «условно-патогенный возбудитель, выполняющий роль конечного эффектора болезни, развитие которой определяется разного рода условиями и факторами, вызывающими нарушения физиологических механизмов регуляции, снижение резистентности организма с последующим патогенетическим действием возбудителя с клиническим и патологоанатомическим проявлением болезни [7, 11-14].

Под влиянием этиотропных факторов нарушаются секреторные и моторные функции желудка и кишечника, особенно тощей кишки, вызывая воспаление и окислительный стресс, за которыми следует разрушение эпителиального барьера и ворсинок в тощей кишке, в результате нарушается метаболизм, развивается воспалительная реакция, интенсивность которой определяет общее

состояние больных поросят - исхудание, дряблость кожи, лизуху, нарушение работы сердца, гипоксия тканей [10, 15].

Клинические проявления гастроэнтерита у заболевших животных в начале развития обычно не проявляются. Но по мере усиления патологии и остром течении быстро развивается слабость, угнетение, гиповолемия, потеря аппетита, гипертермия, наблюдается обильная рвота. В дальнейшем возникает стойкая водянистая диарея как результат повреждения проксимального отдела кишечника. При этом нарушается дифференцировка эпителия и наблюдаются изменения слизистой оболочки кишечника, повреждается эпителий подвздошной кишки, который не способен обеспечивать активный транспорт ионов Na^+ и Cl^- . В результате наблюдается дефект транспорта ионов Na^+ , опосредованный глюкозой [16]. Из-за поноса нарушается электролитный баланс в организме, наступает обезвоживание, гиповолемия, повышается уровень гемоглобина и эритроцитов, отмечается нейтрофильный лейкоцитоз. Интенсификация клинических симптомов и течения патологического процесса сопровождается высокой смертностью поросят, что приводит к значительным экономическим потерям [10, 12, 14, 17].

Материал и методы исследований. Работа выполнялась на базе КФХ «Ферма» Бахчисарайского района Республики Крым. В качестве объекта исследования были выбраны 15 больных поросят с предварительным клиническим диагнозом «гастроэнтерит». Клинический статус больных животных определяли по общепринятой схеме. Диагностику гастроэнтерита осуществляли комплексно, основываясь на данных анамнеза, клинических признаков заболевания, гематологических исследований.

Материалом для исследования являлась кровь больных животных. Для общего анализа крови использовали пробирки с КЗ-ЭДТА, для биохимических исследований – с литий-гепарином. Общий анализ крови провели на анализаторе VetScan HM5, биохимические исследования выполняли на биохимическом анализаторе «FUJI DRI-CHEM 4000». В плазме крови определяли содержание общего белка и альбумина, как основных показателей белкового обмена, концентрацию электролитов – основных показателей водно-солевого обмена. Глюкозу определяли в цельной крови непосредственно на ферме после взятия крови.

Результаты и обсуждение. В результате клинического обследования животных было установлено наличие основного признака энтерита – поноса, что сопровождалось загрязнением фекальными массами кожных покровов каудальной части туловища: в области анального отверстия, под хвостом и на коже тазовых конечностей. При этом наблюдалось испражнения в большом количестве, которые по внешнему виду имели жидкую консистенцию, желтовато-серого цвета, с переходом через некоторое время в однотонный серый цвет. У больных поросят отмечалась отчетливо слышная бурная перистальтика, наблюдались признаки абдоминальной боли, живот был напряжён, подтянут, угнетения разной степени выраженности, животные слабо реагировали на звуковые раздражители, аппетит был снижен, а у некоторых животных полностью отсутствовал. У нескольких поросят

наблюдалась рвота. Присутствовали признаки снижения массы тела, исхудания – выступали рёбра и резко маклоки, седалищные бугры, установлена гипотермия у части животных – вследствие чего поросята пытались «зарыться» в подстилку, жались друг к другу. У некоторых поросят регистрировали гипертермию.

Анализ частоты наблюдаемых симптомов гастроэнтерита приведен на рисунке 1.



Рисунок 1. Основные клинические признаки гастроэнтерита поросят

Из рисунка 1 видно, что основное клиническое проявление симптомов заболевания: понос, установленный 94% животных, у 71% поросят зарегистрировано сниженную упитанность, часть животных наблюдаемых животных (41%) была угнетена. Наблюдаемое пониженное значение температуры тела у 26% животных указывает на начавшиеся процессы истощения организма вследствие действия патологических факторов имеющих место при гастроэнтерите.

Обобщенные результаты исследования крови больных поросят представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты исследования крови поросят больных гастроэнтеритом, $M \pm m$

Показатели	Норма	$M \pm m$	Отклонения от норматива, %	
			больше	меньше
Количество эритроцитов, Т/л	6-8,5	7,91±0,26	13	0
Количество гемоглобина, г/л	95-125	131,3±1,1	19	27
Гематокритная величина, %	32-50	45,75±1,12	27	0
Средний объем эритроцитов, фл	50-68	59,1±1,74	13	42
МСНС, г/л	300-340	276,6±8,25	0	75
Количество лейкоцитов, Г/л	11-22	23,9±2,95	93	0
Количество нейтрофилов, Г/л	5-10	12,3±0,98	93	0
Количество лимфоцитов, Г/л	7,5-20	3,8±0,45	0	87

Из данных таблицы 1 следует, что у части исследуемых поросят основные показатели эритропоза (количество эритроцитов, гемоглобина и гематокритная величина) были выше референтных значений вследствие гиповолемии, развивающейся из-за поноса и рвоты. Мальабсорбция и мальдигестия, возникающая вследствие гастроэнтерита, вызывают недостаток факторов необходимых для нормального гемопоэза, в частности белков в первую очередь [11]. В результате у значительного количества животных снижена концентрация гемоглобина и концентрация гемоглобина в эритроцитах (МСНС).

Незначительный лейкоцитоз у 93% поросят с изменениями видового состава лейкоцитов (увеличение нейтрофилов и снижение лимфоцитов – 93 и 87% соответственно) характерно для стрессовой реакции, развивающейся в результате отъема поросят.

Обобщенные результаты биохимического исследования крови поросят при наблюдении во время эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты биохимического исследования крови поросят больных гастроэнтеритом, $M \pm m$

Показатели	Норма	$M \pm m$	Отклонения от норматива, %	
			больше	меньше
Общий белок, г/л	55-70	$78,9 \pm 1,22$	13	13
Альбумин, г/л	20-29	$31,2 \pm 2,3$	19	27
Глюкоза, ммоль/л	4,3-8,6	$3,2 \pm 0,19$	0	27
Na^+ , ммоль/л	135-156	$114 \pm 2,45$	13	42
K^+ , ммоль/л	3,8-5,8	$3,84 \pm 0,18$	0	55
Cl^- , ммоль/л	100-119	$63,1 \pm 2,18$	0	49

По данным таблицы 2 видно, что результаты биохимического анализа крови поросят при гастроэнтерите неоднозначны. Так, у 13% поросят повышено содержание общего белка ($78,9 \pm 1,22$ г/л) и у 19% альбумина ($31,2 \pm 2,3$ г/л), что является следствием дегидратации. В то же время у 13 и 27% соответственно эти показатели понижены, что, по нашему мнению, может быть вследствие нарушения усвоения питательных веществ в полости кишечника при энтерите, и не связано с недостатком поступления протеина с кормом. При этом часть поросят, у которых эти показатели были повышены, выглядели клинически более стабильно, в отличие от животных, у которых общий белок и альбумин снизились. Содержание глюкозы у значительной части поросят было меньше референтных значений по причине мальдигестии. Концентрация электролитов в плазме у большинства животных изменялась по характерному для гастроэнтерита характеру. Вследствие рвоты, диареи и гипорексии у значительной части животных выявляли гипокалиемию и гипохлоремию – 55 и 49% соответственно. Концентрация натрия была изменена у половины поросят неоднозначно – у 13% животных этот показатель был повышен, а у 42% – снижен.

Повышение натрия мы связываем с развитием гиперосмотической гидратации небольшой части клинически устойчивых поросят, а снижение – в результате дефекта транспорта ионов Na^+ , и с причинами, вызывающими снижение других электролитов (рвота, диарея и гипорексия) [16].

Выявленные изменения электролитов необходимо учитывать при организации лечения животных, особенно мероприятий по регидратации с использованием глюкозо-солевых растворов. Свиньи, в отличие от других видов животных, очень чувствительны к избытку поваренной соли, поэтому рецептура ионно-глюкозной смеси для регидратационной терапии для них должна подбираться с особым вниманием, чтобы не допустить избытка натрия.

Выводы. Гастроэнтерит поросят – часто встречающаяся патология, которая возникает у животных после отъема – мощной стрессовой реакции для молодняка. Его клинические проявления в целом характерны для патологии – диарея, угнетение, гипотермия и др. При исследовании крови наряду с традиционными признаками гемоконденсации (повышение количества эритроцитов, содержания гемоглобина и гематокритной величины) выявляют симптомы мальдигестии/мальабсорбции – снижение не только общего содержания гемоглобина, но и его концентрации в эритроцитах. Изменения общего количества лейкоцитов и их видового состава характерны для стрессовой реакции. Результаты биохимического исследования плазмы крови в целом характерны для дегидратации, которая у большинства животных была гипотонической, а у части – гипертонической. Выявленные изменения электролитного состава плазмы необходимо учитывать для разработки мероприятий по ликвидации дегидратации.

Список использованных источников:

1. Седова Ю.Г. Российское свиноводство: тенденции и перспективы развития. // Аграрная наука. - 2023; №2. – с.18 – 19.
2. Михайлова О.А. Тенденции развития мирового свиноводства. // Вестник аграрной науки. – 2018. – №1 (70). – С.36-45.
3. Михайлов Е.В. Уровень про- и противовоспалительных цитокинов у поросят при желудочно-кишечных болезнях бактериальной этиологии. / Михайлов Е.В., Шабунин Б.В., Воротникова С.М. и др. // Ученые записки УО ВГАВМ, т. 57, вып. 3, 2021 с. 28-33.
4. Pluske JR, Turpin DL, Kim JC. Gastrointestinal tract (gut) health in the

References:

1. Sedova Yu.G. Russian pig breeding: trends and development prospects. / Yu.G. Sedova // Agrarian Science. - 2023; No. 2. pp.18-19.
2. Mikhailova O.A. Trends in the development of world pig breeding / Mikhailova O.A. // Bulletin of Agrarian Science. – 2018. – №1 (70). – Pp.36-45.
3. Mikhailov E.V. The level of pro- and anti-inflammatory cytokines in piglets with gastrointestinal diseases of bacterial etiology. / Mikhailov E.V., Shabunin B.V., Vorotnikova S.M. and others. //Scientific Notes of the Higher School of Economics, vol. 57, issue 3, 2021, pp. 28-33.
4. Pluske JR, Turpin DL, Kim JC.

young pig. Anim Nutr. 2018 Jun; 4(2): 187-196.

5. Probiotics in piglet: from gut health to pathogen defense mechanisms. / Jiang Z, Yang M, Su W. et al. // Front Immunol. 2024 Nov; 4 (15): 146- 152.

6. Сулейманов С. М. Эпизоотологические аспекты и клинико-морфологическая диагностика болезней органов пищеварения бактериальной этиологии у поросят. / Сулейманов С. М., Паршин П. А., Павленко О. Б. и др. // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2017. – №2 (34). – 2017. – с.30-35.].

7. Курятова Е.В. Биохимические показатели крови поросят-отъемышей при неспецифическом гастроэнтерите до и после лечения. // Вестн. Бурятского гос. ун-та. - 2013. - 12. - с. 21-24.

8. Backstrom L. Swine Health Production / Backstrom L, McDonald J, Collins MT, et al. // Hannover, 2014. – pp. 11-14.

9. Medicinal plants--prophylactic and therapeutic options for gastrointestinal and respiratory diseases in calves and piglets? A systematic review. / Ayrle H., Mevissen M, Kaske M. et al. // BMC Vet Res. 2016 Jun 6; (12): 89-99.

10. Barba-Vidal E, Martín-Orúe SM, Castillejos L. Review: Are we using probiotics correctly in post-weaning piglets? Animal. 2018 Dec; 12 (12): 2489-2498.

11. Probiotics in animal nutrition – Production, impact and regulation by./ Yadav S. Bajagai, Athol V. . Bryden. Editor Harinder P.S. Makkar. et al. // FAO Animal Production and Health Paper No. 2016. 179. Rome.

12. Мантатова Н.В. Гематологи-

Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. Anim Nutr. 2018 Jun; 4(2): 187-196.

5. Probiotics in piglet: from gut health to pathogen defense mechanisms. / Jiang Z, Yang M, Su W. et al. // Front Immunol. 2024 Nov; 4 (15): 146- 152.

6. Suleymanov S.M. Epizootological aspects and clinical and morphological diagnostics of digestive diseases of bacterial etiology in piglets / Suleymanov S. M., Parshin P. A., Pavlenko O. B. et al. // Actual issues of veterinary biology. – 2017. – №2 (34). – 2017. – pp.30-35.].

7. Kuryatova E.V. Biochemical blood parameters of weaned piglets with nonspecific gastroenteritis before and after treatment / E.V. Kuryatova // Vestn. Buryat State University. - 2013. - 12. - pp. 21-24.

8. Backstrom L. Swine Health Production // Backstrom L, McDonald J, Collins MT, et al. // Hannover, 2014. – pp. 11-14.

9. Medicinal plants--prophylactic and therapeutic options for gastrointestinal and respiratory diseases in calves and piglets? A systematic review. / Ayrle H. , Mevissen M, Kaske M. et al. // BMC Vet Res. 2016 Jun 6; (12): 89-99.

10. Barba-Vidal E, Martín-Orúe SM, Castillejos L. Review: Are we using probiotics correctly in post-weaning piglets? Animal. 2018 Dec; 12 (12): 2489-2498.

11. Probiotics in animal nutrition – Production, impact and regulation by./ Yadav S. Bajagai, Athol V. . Bryden. Editor Harinder P.S. Makkar. et al. // FAO Animal Production and Health Paper No. 2016. 179. Rome.

12. Mantatova N.V. Hematological picture of gastric ulcer in piglets / N.V.

ческая картина при язвенной болезни желудка у поросят / Н.В. Мانتатова, С.Р. Танхаев // Вестн. Алтайского ГАУ. - 2018. - 2(160). - с. 136-141.)

13. Великанов, В. В. Гастроэнтерит и токсическая гепатодистрофия у поросят (патогенез, диагностика, терапия и профилактика). // Ученые записки учреждения образования "Витебская академия ветеринарной медицины". - 2017. - Т. 53, вып. 3. - С. 15-18.

14. Санжиева С. Е. Клинический и биохимический статус крови при применении пробиотика «Эм-Курунга» в лечении гастроэнтерита у поросят / С.Е. Санжиева, С.С. Тармакова, Н.В. Мانتатова и др. // Вестник КрасГАУ. – 2019. – с. 103-108

15. Kim S.W., Duarte M.E. Understanding intestinal health in nursery pigs and the relevant nutritional strategies. // Anim Biosci. 2021. Mar; 34 (3): 338-344.

16. Insights and progress on epidemic characteristics, genotyping, and preventive measures of PEDV in China. A review. / Li M., Pan Y., Xi Y. et al. // Microb Pathog. 2023 Aug; 181: 106-129.

17. Агарков А. В. Критерии оценки и прогнозирования жизнеспособности новорожденных животных. // Диагностика, лечение и профилактика заболеваний сельскохозяйственных животных: материалы 78 научно-практ. конф. СтГАУ. – Ставрополь, 2014. – С. 11–15.

Mantatova, S.R. Tankhaev // Vestn. Altai State Agrarian University. - 2018. - 2(160). - pp. 136-141.)

13. Velikanov, V. V. Gastroenteritis and toxic hepatodystrophy in piglets (pathogenesis, diagnosis, therapy and prevention) / V. V. Velikanov // Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. - 2017. - Vol. 53, issue 3. - pp. 15-18.

14. Sanzhieva S.E. Clinical and biochemical status of blood when using the probiotic "Em-Kurunga" in the treatment of gastroenteritis in piglets / S.E. Sanzhieva, S.S. Tarmakova, N.V. Mantatova et al. // Bulletin of KrasGAU. – 2019. – pp. 103-108

15. Kim S.W., Duarte M.E. Understanding intestinal health in nursery pigs and the relevant nutritional strategies. // Anim Biosci. 2021. Mar; 34 (3): 338-344.

16. Insights and progress on epidemic characteristics, genotyping, and preventive measures of PEDV in China. A review. / Li M., Pan Y., Xi Y. et al. // Microb Pathog. 2023 Aug; 181: 106-129.

17. Agarkov A.V. Criteria for assessing and predicting the viability of newborn animals. // Diagnostics, treatment and prevention of diseases of farm animals: materials of the 78th scientific and practical conference of the SSAU, Stavropol, 2014, pp. 11-15.

Сведения об авторах:

Лизогуб Михаил Леонидович – кандидат биологических наук, доцент,

200

Information about the authors:

Lizogub Michail Leonidovich – Candidate of Biology Sciences,

доцент кафедры внутренней патологии животных факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: zareros@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

Шевляков Денис Сергеевич – обучающийся факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Associate Professor, 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: zareros@mail.ru, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Shevlyakov Denis Sergeevich – student of the Faculty of Veterinary Medicine of the Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

УДК:619:616.411-006.441

**СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ
ДИАГНОСТИКИ ЛИМФОМЫ
КОШЕК****MODERN ASPECTS OF
DIAGNOSIS OF FELINE
LYMPHOMA**

Плахотнюк Е.В., кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры внутренней патологии животных;
Митенкова А.А., обучающаяся 5 курса факультета ветеринарной медицины Институт «Агротехнологическая Академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Plakhotniuk E.V., Candidate of veterinary science, Associate Professor;
Mitenkova A.A., 5th year student at the faculty of veterinary medicine Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»

В статье изучается распространённость и эффективность методов диагностики лимфомы у кошек в клинике «Крымский ветеринарный центр 24 часа» (г. Симферополь) за 2023-2025 гг. Исследованы 36 кошек с подтверждённым диагнозом из 2268 первичных обращений. Выявлено, что самая частая форма – алиментарная лимфома (75 % случаев, возраст 7-13 лет); среди пациентов преобладали самцы (61 %, соотношение самцы:самки – 1,6:1). Оптимальный алгоритм диагностики включает анамнез, осмотр, анализы крови, визуализацию и цитологическое исследование.

The article examines the prevalence and effectiveness of diagnostic methods for lymphoma in cats at the veterinary clinic «Crimean Veterinary Center 24 hours» (Simferopol) for the period 2023-2025. A total of 36 cats with a confirmed diagnosis were studied out of 2268 initial consultations. It was found that the most common form is alimentary lymphoma, which was detected in 75 % of cases, mainly in animals aged 7-13 years. Males predominated among patients: they accounted for 61 % (male to female ratio – 1.6:1). The optimal diagnostic algorithm includes medical history, examination, blood tests, imaging and cytological examination.

Ключевые слова: кошки, лимфома, диагностика, цитологическое исследование, химиотерапия.

Keywords: cats, lymphoma, diagnosis, cytological examination, chemotherapy, alimentary lymphoma.

Введение. Лимфома – это злокачественный опухолевый процесс, происходящий из лимфатических клеток кроветворной и иммунной системы.

Лимфомы, как и все злокачественные опухолевые процессы, характеризуются бесконтрольным делением клеток с нарушением процесса гибели клеток. В процессе своего существования, опухоль имеет склонность к неконтроли-

руемому делению клеток и колонизации организма. Лимфома является системным опухолевым процессом, при этом заболевании могут одновременно затрагиваться несколько органов. Множественное поражение говорит о распространенности стадии опухолевого процесса. Лимфома имеет склонность поражать кровь и красный костный мозг, затем переходить в финальную стадию заболевания – стадию лейкемизации. Различие между лимфомой и лейкозом заключается в том, что лейкоз – это опухолевый процесс, который первично происходит в центральном органе кроветворения.

Лимфома – это так же опухолевый процесс, который так же происходит из лимфатических кроветворных клеток, но их опухолевая трансформация происходит на периферии, в органах богатых лимфатическими клетками: лимфатические узлы, селезенка, пейеровы бляшки. Так же могут поражаться печень, органы желудочно-кишечного тракта. Встречаются экстранадальные лимфомы, поражающие область глаза, носовую полость, кожу и центральную нервную систему [1].

Лимфомы представляют собой одну из наиболее распространенных форм онкологических заболеваний у кошек. По данным статистики, частота встречаемости лимфом у кошек составляет 200 случаев данного заболевания на 100 000 кошек в популяции в год. У кошек лимфомы составляют до 50% всех опухолей и до 90% всех опухолей кроветворной системы [2-4]. Соотношение заболеваемости — самцы: самки 3:1 [6]. К лимфоме предрасположены животные в возрасте от 7 до 15 лет, а также до 3 лет, носители вирусов лейкоза и иммунодефицита кошек [5, 7; 11].

Лимфомы кошек являются предметом активного изучения в ветеринарной медицине. Начиная с 60-х годов 20-го века, было опубликовано множество различных исследований, посвященных патогенезу, влиянию различных факторов на развитие заболевания, диагностике и лечению. Пик открытий и публикаций, посвященных этой теме, приходится на 1980-2010 годы [1; 8-10].

Цель работы – изучить распространенность лимфомы кошек в условиях клиники «КВИЦ 24 часа» г.Симферополь.

Материал и методы исследований. Исследование проводилось на базе частной ветеринарной клиники «Крымский ветеринарный центр 24 часа», расположенной по адресу Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская 94.

Материалом послужили результаты следующих исследований: данные электронного амбулаторного журнала клиники «КВИЦ 24 часа» за 2023-2025 гг, результаты онкоцитологических исследований биоптатов пораженных органов, отобранных с использованием техники тонкоигольной биопсии и «трукат» биопсии; результаты ПЦР диагностики вирусных заболеваний (ВИК и ВЛК), для чего в условиях клиники отбиралась кровь в пробирки с антикоагулянтом и отправлялась в лабораторию VetUnion; ультразвуковая диагностика проводилась в условиях клиники при помощи УЗИ-аппарата GE LOGIO P7; рентген диагностика проводилась в условиях клиники с использованием портативного рентген-аппарата PXR60HF.

Результаты и обсуждение. По данным электронного амбулаторного жур-

нала, который ведется в программе «Е-note», за 2023-2025 годы в ветеринарной клинике «Крымский ветеринарный центр 24 часа» было зарегистрировано 36 кошек с установленным диагнозом «лимфома», подтвержденным цитологическим и/или гистологическим методом диагностики. Всего, по данным амбулаторного журнала в программе «Е-note», за 2023-2025 годы, было зарегистрировано 2268 первичных обращений владельцев кошек в клинику.

По половому соотношению, из 36 животных самцы составили 61% (n=22), а самки – 39% (n=14). Соотношение самцы:самки равно 1,6:1 и отличается с данными исследования, в котором соотношения составляет 3:1 [11]. Однако, как и в исследовании, частота встречаемости лимфомы у самцов превалирует над встречаемостью лимфомы у самок, а сниженное соотношение в данной работе, может регистрироваться за счет более маленькой выборки животных.

По анатомической форме, самой распространенной является алиментарная лимфома (Рис.1). Данная форма была зарегистрирована у 75% (n=27) кошек, возраст животных варьировался от 7 до 13 лет, что согласуется с данными исследований о том, что алиментарная лимфома на данный момент времени, является самой часто встречаемой формой и регистрируется у возрастных кошек. Грудная форма лимфомы была подтверждена у 8,4% кошек (n=3), в возрасте от 3 до 4 лет.

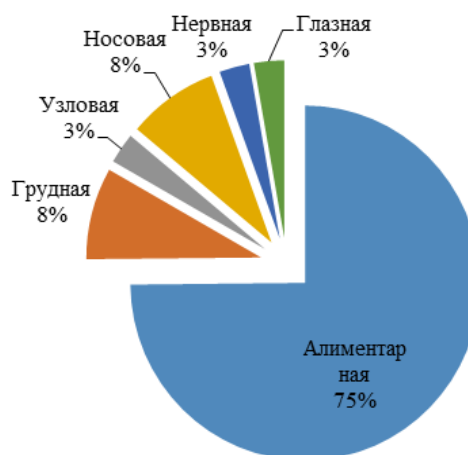


Рисунок 1. Распространенность анатомических форм лимфомы

Мультицентрическая (узловая) форма лимфомы была диагностирована у 2,8% кошек (n=1) в возрасте 4-х лет, что согласуется с данными литературы о том, что мультицентрическая форма составляет приблизительно 4-10% от всех случаев лимфом у кошек, однако, возраст встречаемости расходится с данными литературы и составляет более 1 года.

Экстранодальная форма лимфомы была диагностирована у 13,8% кошек (n=5). У 8,4 % кошек (n=3) была зарегистрирована носовая форма лимфомы в возрасте 9-11 лет, нервная форма – у 2,8% кошек (n=1) в возрасте 10-ти лет и

глазная – у 2,8% кошек ($n=1$) в возрасте 6 лет. Статистические данные сходятся с данными литературы об экстранодальных формах лимфом.

Золотым стандартом диагностики лимфом является гистологическое исследование в комплексе с иммуногистохимией. Рутинно в ветеринарной практике данные методы диагностики не используются, в виду их финансовой и аппаратной труднодоступности.

Основным методом постановки диагноза является цитологическое исследование. В преобладающих количествах случаев заключения цитологического исследования в совокупности с клиническими симптомами, данными анамнеза, общего и биохимических исследований крови, визуальной диагностики достаточно, для того, чтобы установить диагноз и начать химиотерапевтическое лечение.

Гистологическое исследование на практике используют для подтверждения сомнительных результатов цитологии, либо в случае невозможности забора материала при помощи тонкоигольной биопсии для цитологического исследования. Например, при алиментарной форме лимфомы ввиду анатомических особенностей расположения опухоли, была проведена резекция пораженного участка кишечника. Из данной опухоли был так же отобран материал для цитологического исследования. Заключение цитологии и гистологии было одинаковым – крупноклеточная лимфома.

Иммуногистохимия также используется для подтверждения цитологического заключения. Определение фенотипа лимфомы не является фактором прогноза у кошек. На данный момент времени российские лаборатории используют реагенты из гуманной медицины, которые предназначены для определения фенотипа лимфомы у человека. Ввиду этого результаты иммуногистохимии у животных часто являются ложноположительными или ложноотрицательными.

Цитологическое исследование позволяет оценить клеточный состав на основе мономорфной популяции клеток. Классическим критерием является повышение количества средних/крупных клеток – более 50%. Митотическая активность второй важный критерий цитологического исследования, она может иметь низкий, умеренный или высокий уровень. Для злокачественного процесса характерным является атипичный митоз, сопровождающийся нарушением нормального деления клетки и неравномерным распределением хромосом между дочерними клетками.

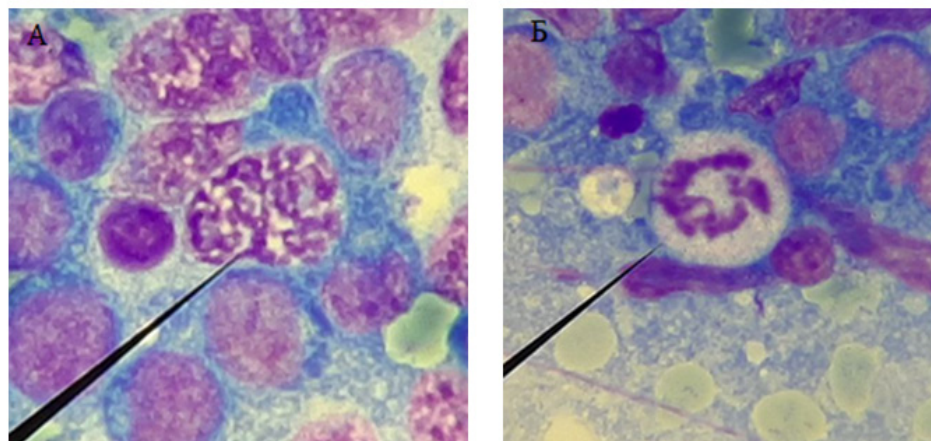


Рисунок 2. Атипичный митоз в образце, полученном из новообразования в области головы при назальной форме лимфомы (А) и из образования в грудной полости при грудной форме лимфомы (Б)

Так как лимфома является системным заболеванием, и неопластический процесс может развиваться в любом органе, процесс постановки диагноза может быть затруднен. Поэтому необходимо учитывать в комплексе данные анамнеза, клинический осмотр, общий и биохимический анализ крови. Исходя из жалоб и данных клинического осмотра, необходимо назначить дополнительные методы обследования. У подопытных животных с алиментарной формой лимфомы наблюдалась рвота, диарея, ухудшение аппетита, либо полный отказ от пищи в случае прогрессирования заболевания. Владельцы отмечали исхудание своих питомцев. При ультразвуковом исследовании отмечалось увеличение лимфоузлов, брызжеечных и/или подвздошных, утолщение стенок различных отделов кишечника, сглаженность слоев кишечника.

Владельцы кота с диагностированной мультицентрической формой лимфомы изначально обратились в клинику с жалобами на обострение аллергии у кота. При первичном осмотре было обнаружено увеличение подчелюстных, паховых, подмышечных и околоушных лимфоузлов с обеих сторон. При дальнейшей диагностике не было обнаружено изменений в других лимфоузлах, не были обнаружены признаки неоплазии во внутренних органах.

Кот с грудной формой лимфомы поступил в клинику с признаками дыхательной недостаточности, цианозом видимых слизистых оболочек. До этого владельцы отмечали снижение аппетита и активности питомца. При рентгенографическом исследовании в плевральной полости было обнаружено признаки наличия свободной жидкости.

При назальной форме лимфомы у владельцев кота Норика основными жалобами стали нарушение дыхания у питомца и истечения из носа, обнаружить точную локализацию неопластического процесса удалось только при КТ диагностике (Рис. 3).

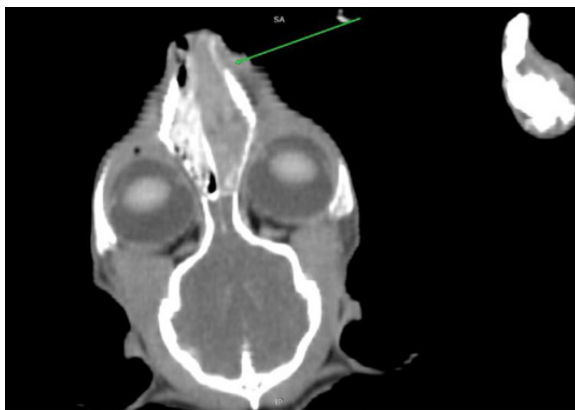


Рисунок 3. Компьютерная томограмма кота с назальной формой лимфомы

У кошки Аси при назальной форме лимфомы был видоизменен слизистый и подслизистый слой носовой полости, который выступал в виде объемного образования на лбу (Рис 4).



Рисунок 4. Рентгенограмма кошки с назальной формой лимфомы

Дальнейший этап в постановке диагноза – отбор патологического материала для лабораторного исследования. Чаще всего проводился отбор биопсии при помощи метода тонкоигольной биопсии (ТИБ). Данный метод является малоинвазивным и наименее травматичным. При помощи ТИБ был отобран материал для цитологического исследования у 9 животных (90%) из представленных в этом исследовании. Отбор ТИБ из новообразований брюшной и грудной полости проводился под контролем УЗИ. У кота Семена под контролем УЗИ было отобран материал при помощи ТИБ для цитологического исследования и для гистологического исследования при помощи тру-кат биопсии. У кота Васи отбор патологического материала при помощи ТИБ был невозможен, ввиду анатомического расположения неоплазии и отбор материала был осуществлен во время диагностической лапаротомии. Из вырезанной опухоли был отобран материал

для цитологии, а саму опухоль отправили на гистологическое исследование.

Коту по кличке Кот для цитологического исследования была отобрана выпотная жидкость из грудной полости и материал из новообразования.

Во всех 10 случаях (100%) было проведено цитологическое исследование, по результатам которого был установлен диагноз и начато химиотерапевтическое лечение. В 2-х случаях (20%) параллельно с онкоцитологией, было проведено гистологическое исследование. Гистологическое исследование подтвердило верность цитологического исследования.

Цитологическое исследование проводится в условиях клиники «Крымский ветеринарный центр» врачом лабораторной диагностики и срок выполнения составляет от 1 до 3 суток. Срок выполнения гистологического исследования составляет от 17 до 21 суток, так как материал отправляется в лабораторию VetUnion, расположенную в г. Москва.

Несмотря на принятые «золотые стандарты», в диагностике лимфомы у кошек, которые включают в себя проведение гистологического исследования одновременно с иммуногистохимией, практикующие ветеринарные врачи в России, в том числе и в Республике Крым, принимают решение о начале химиотерапевтического лечения по результатам цитологического исследования.

На данный момент, вышеуказанные исследования, рутинно не применяются в ветеринарной практике. Только 28% практикующих врачей клиницистов рекомендуют проведение гистологического исследования в обязательном порядке. В 85% случаев результаты гистологического исследования подтверждают результат цитологического. Гистологическое исследование на практике чаще всего применяется при сомнительных результатах цитологии [3].

В условиях Республики Крым, при подозрении на лимфому, целесообразным является отбор материала и для цитологического исследования, если принято решение проводить гистологическое. Сроки выполнения гистологии значительно превышают сроки выполнения цитологии и при заключении цитологического исследования можно начинать химиотерапевтическое лечение. Так как лимфома является быстро прогрессирующим заболеванием, ранее начало химиотерапии является фактором для более хорошего прогноза.

Определение фенотипа лимфомы не является фактором прогноза для кошек, в отличие от собак [5]. Учитывая высокую стоимость и длительность проведения исследования, практикующие врачи, рутинно не отбирают материал для проведения ИГХ при лимфомах у кошек.

Результаты общего и биохимического анализа крови играют вспомогательную роль при диагностике лимфом у кошек. Специфических изменений показателей крови при данном заболевании не отмечается. Результаты анализов так же могут находиться в рамках физиологической нормы и не отражать наличие неопластического процесса в организме.

Общий и биохимический анализ крови при лимфоме у кошек помогает выявить сопутствующие патологии в организме животного, оценить физиоло-

гическое состояние и работу внутренних органов, кроветворной системы. На основании результатов анализов крови принимается решение о начале химиотерапевтического лечения.

Результаты диагностики методом ПЦР на наличие ВИК и ВЛК у животного, могут являться фактором прогноза. Опухоли индуцированные ретровирусами считаются более агрессивными из-за ускоренной пролиферации клеток. В данном исследовании у кота Васи было подтверждено носительство ВИК при алиментарной форме лимфомы, у кота Кота было подтверждено носительство ВЛК при грудной форме лимфомы.

Выводы: 1. Наиболее распространенной формой лимфомы по данным электронного амбулаторного журнала ветеринарной клиники «Крымский ветеринарный центр 24 часа» за 2023-2025 гг. является алиментарная (75% случаев), что соответствует тенденциям в современной ветеринарной практике и литературным данным. Установлено половая предрасположенность, статистически чаще лимфома регистрировалась у самцов – соотношение самцы:самки составляет 1,67:1.

2. Эффективный алгоритм диагностики лимфомы у кошек в условиях клиники «Крымский ветеринарный центр 24 часа» включает первичную оценку клинических симптомов, анамнеза и общего анализа крови, а также методы визуальной диагностики. Эффективным диагностическим инструментом является цитологическое исследование материала, полученного при помощи тонкоигльной биопсии или при лапароскопическом или лапаротомическом хирургическом вмешательстве.

3. Гистологическое исследование рекомендуется использовать для подтверждения сомнительных результатов цитологии или при необходимости определения типа лимфомы, однако их длительность и стоимость ограничивают рутинное применение.

Список использованных источников:

1. Caciolo, P.L. Cutaneous lymphosarcoma in the cat: a report of nine cases /P.L.Caciolo //Journal of the American Animal Hospital Association. – 1984. – Vol. 20. – P. 491-496.

2. Court, E.A. Retrospective study of 60 cases of feline lymphosarcoma /A.E.Court, A.D.J. Watson, A.E.Peaston // Australian Veterinary Journal. – 1997. – Vol.75. – P.424-427.

3. Day, M.J. Review of thymic pathology in 30 cats and 36 dogs /M.J.Day //Journal of Small Animal

References

1. Caciolo, P.L. Cutaneous lymphosarcoma in the cat: a report of nine cases /P.L.Caciolo //Journal of the American Animal Hospital Association. – 1984. – Vol. 20. – P. 491-496.

2. Court, E.A. Retrospective study of 60 cases of feline lymphosarcoma /A.E.Court, A.D.J. Watson, A.E.Peaston // Australian Veterinary Journal. – 1997. – Vol.75. – P.424-427.

3. Day, M.J. Review of thymic pathology in 30 cats and 36 dogs /M.J.Day //Journal of Small Animal

Practice. – 1997. – Vol. 38. – P. 393-403.

4. Detweiler, D.A. Computed tomographic evidence of bulla effusions in cats with sinonasal diseases (2001-2004)/ D.A Detweiler [et al.] //Journal of Veterinary Internal Medicine.– 2006. – Vol.20. – P. 1080 -1084.

5. Fabrizio, F.Feline mediastinal lymphoma: a retrospective study of signalment, retroviral status, response to chemotherapy and prognostic indicators /F.J.Fabrizio [et al.] // Journal of Feline Medicine and Surgery. – 2014. – Vol.16. – P. 637-644.

6. Fondacaro, J.V. Feline gastrointestinal lymphoma: 67 cases (1988-1996) /J.V.Fondacaro [et al.] //Comp Gastroenterol. – 1999. – Vol.4. – P. 56-59.

7. Fontaine, J. Cutaneous epitheliotropic T-cell lymphoma in the cat: a review of the literature and five new cases / J. Fontain, M. Heimann, M.J Day // Veterinary Dermatology. – 2011. – Vol. 22. – P. 454-461.

8. Fosmire, S.P. Inactivation of the p16 cyclin-dependent kinase inhibitor in high-grade canine non-Hodgkin's T-cell lymphoma /S.P. Fosmire [et al.] //Veterinary Pathology. – 2007. – Vol. 44. – P. 467-478.

9. Gabor, L.J. Haematological and biochemical findings in cats in Australia with lymphosarcoma / L.J. Gabor, P.J. Canfield, R. Malik //Australian Veterinary Journal. – 2000. – Vol.78. – P. 456-461.

10. Gerou-Ferriani, M. Agarose gel serum protein electrophoresis in cats with and without lymphoma and preliminary results of tandem mass fingerprinting analysis /M. Gerou-Ferriani [et al.] // Veterinary Clinical Pathology. – 2011. – Vol. 40. – P. 159-173.

11. Gieger, T. Alimentary lymphoma

Practice. – 1997. – Vol. 38. – P. 393-403.

4. Detweiler, D.A. Computed tomographic evidence of bulla effusions in cats with sinonasal diseases (2001-2004)/ D.A Detweiler [et al.] //Journal of Veterinary Internal Medicine.– 2006. – Vol.20. – P. 1080 -1084.

5. Fabrizio, F.Feline mediastinal lymphoma: a retrospective study of signalment, retroviral status, response to chemotherapy and prognostic indicators /F.J.Fabrizio [et al.] // Journal of Feline Medicine and Surgery. – 2014. – Vol.16. – P. 637-644.

6. Fondacaro, J.V. Feline gastrointestinal lymphoma: 67 cases (1988-1996) /J.V.Fondacaro [et al.] //Comp Gastroenterol. – 1999. – Vol.4. – P. 56-59.

7. Fontaine, J. Cutaneous epitheliotropic T-cell lymphoma in the cat: a review of the literature and five new cases / J. Fontain, M. Heimann, M.J Day // Veterinary Dermatology. – 2011. – Vol. 22. – P. 454-461.

8. Fosmire, S.P. Inactivation of the p16 cyclin-dependent kinase inhibitor in high-grade canine non-Hodgkin's T-cell lymphoma /S.P. Fosmire [et al.] //Veterinary Pathology. – 2007. – Vol. 44. – P. 467-478.

9. Gabor, L.J. Haematological and biochemical findings in cats in Australia with lymphosarcoma / L.J. Gabor, P.J. Canfield, R. Malik //Australian Veterinary Journal. – 2000. – Vol.78. – P. 456-461.

10. Gerou-Ferriani, M. Agarose gel serum protein electrophoresis in cats with and without lymphoma and preliminary results of tandem mass fingerprinting analysis /M. Gerou-Ferriani [et al.] // Veterinary Clinical Pathology. – 2011. – Vol. 40. – P. 159-173.

11. Gieger, T. Alimentary lymphoma

in cats and dogs. / T.Gieger // Vet Clin North Am Small AnimPract. – 2011. – Vol. 41. – P. 419-432.

in cats and dogs. / T.Gieger // Vet Clin North Am Small AnimPract. – 2011. – Vol. 41. – P. 419-432.

Сведения об авторах

Екатерина Вячеславовна Плахотнюк – кандидат ветеринарных наук, доцент института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: 13_Katy@mail.ru, 295492, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия».

Митенкова Александра Андреевна – обучающаяся 5 курса направления специальности 36.05.01 «Ветеринария», Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского»

Information about the authors:

Ekaterina Vyacheslavovna Plahotniuk, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: 13_Katy@mail.ru, Institute «Agrotechnological Academy» 295492, Simferopol, Agrarnoe.

Aleksandra Andreevna Mitenkova, a student at the Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», 295492, Simferopol, Agrarnoe.

Рефераты статей, опубликованных в теоретическом и научно-практическом журнале «Известия сельскохозяйственной науки Тавриды». № 45 (208), 2026 г.**АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

УДК 630*5.582

Салтыков А.Н., Мурзаханов А.Р., Кваша П.Г.

**ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ НА ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЮЖНОБЕРЕЖНОГО КРЫМА:
ПЕРИОДИЧНОСТЬ ВО ВРЕМЕНИ И ПОСЛЕДСТВИЯ**

Глобальное потепление климата, начавшееся во второй половине прошлого столетия, повлекло за собой существенное изменение температурного режима и количества выпадающих осадков на пространстве южного сегмента Русской равнины и прилегающих территорий Крыма и Кавказа. На фоне долговременных изменений гидротермического режима заметно увеличилось количество и продолжительность атмосферных и почвенных засух, ожидаемым следствием которых является возникновение лесных пожаров и сравнительно быстрое их распространение, в том числе в регионе исследования. Изменения структуры лесного покрова, потеря коренных лесов - логичное следствие лесных пожаров. Исследованиями установлено, что лесные пожары в лесах заповедных территорий южного берега Крыма во второй половине прошлого и начале текущего столетия наблюдались с определённой периодичностью. Наиболее значимыми, в том числе для заповедных территорий южного берега Крыма, были последствия лесных пожаров 1986, 1989 (90), 1993, 1996, 1998, 2000 (1), 2007, 2010 (11) гг. Полученные нами данные позволяют сделать предположение относительно синхронности возникновения и распространения лесных пожаров, характерной не только для заповедных территорий, но и в целом для горно-лесного Крыма. Результаты исследований по изучению естественного возобновления сосняков на горельниках заповедных территорий служат основанием для предположения о том, что популяционный всплеск и формирование жизнеспособных ценопопуляций подроста далеко не всегда следуют за лесным пожаром. Одним из условий успешной реализации репродуктивного потенциала сосняков в категорию самосева, а со временем подроста является наличие экологических ниш, ширина диапазона которых соответствует появлению и укоренению всходов. Разница жизненного состояния ценопопуляций подроста сосны крымской и перспектив его дальнейшего роста и развития обусловлена соответствием существующей экологической ниши биоэкологическим свойствам подроста сосны на определённой стадии их роста и развития.

Saltykov A.N., Murzakhanov A.R., Kvasha P.G.

FOREST FIRES IN PROTECTED AREAS OF SOUTH-COAST CRIMEA: TIME FREQUENCY AND CONSEQUENCES

Global warming, which began in the second half of the last century, has led to significant changes in temperature and precipitation patterns across the southern segment of the Russian Plain and adjacent territories of the Crimea and the Caucasus. Long-term changes in hydrothermal patterns have led to a significant increase in the frequency and duration of atmospheric and soil droughts, an expected consequence of which is the occurrence of forest fires and their relatively rapid spread, including in the study region. Changes in forest cover structure and the loss of primary forests are a logical consequence of forest fires. This research has established that forest fires in the protected areas of southern Crimea occurred with a certain frequency in the second half of the last century and the beginning of this century. The most significant fires, including those in the protected areas of southern Crimea, occurred in 1986, 1989 (90), 1993, 1996, 1998, 2000 (1), 2007, and 2010 (11). Our data suggest a synchronicity in the occurrence and spread of forest fires, characteristic not only of

protected areas but also of mountainous Crimea in general. The results of studies examining the natural regeneration of pine forests in burnt areas of protected areas suggest that a population surge and the formation of viable undergrowth populations do not always follow a forest fire. One of the conditions for the successful realization of the reproductive potential of pine forests, both as self-seeding and eventually as undergrowth, is the presence of ecological niches, the width of which corresponds to the emergence and establishment of seedlings. The differences in the vital status of Crimean pine undergrowth populations and the prospects for their further growth and development are determined by the correspondence between the existing ecological niche and the bioecological properties of the pine undergrowth at a particular stage of its growth and development.

УДК 631.5:631.8:582.998.2

Коковихин С. В., Ндайирагиже Ж. П.

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПРИ
ВЫРАЩИВАНИИ КУЛЬТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В
РАЗНЫХ СТРАНАХ**

Цель исследования. Изучить агроэкологические параметры и водный режим подсолнечника при выращивании культуры с использованием цифровых технологий в Российской Федерации и Республике Бурунди. Методы. Для проведения моделирования почвенно-климатических данных и водопотребления подсолнечника использованы компьютерную программу ФАО ООН CROPWAT 8.0 и метеорологические данные метеостанций Краснодара и Бужумбуре. Исходными данными для моделирования и оптимизации режимов орошения были использованы экспериментальные данные по выращиванию подсолнечника за 2024-2025 гг. Результаты. В разных почвенно-климатических зонах, в Краснодарском крае (Российская Федерация) и Бужумбуре (Республика Бурунди) формирует водный режим со своими особенностями, меняющимися под влиянием почвенно-климатических и агротехнических факторов. Так, в Краснодаре пик потребности во влаге приходится на первую, вторую и третью декады июня. В Бужумбуре наибольшее количество воды требуется подсолнечнику в апреле. Полученные результаты моделирования позволяют оптимизировать систему орошения, обеспечивая подсолнечник необходимым количеством воды в критические периоды вегетации в каждом из регионов. Разработанная модель водопотребления подсолнечника с использованием цифровых сервисов свидетельствует о том, что необходимо строго учитывать климатические условия каждого экологического пункта возделывания исследуемой культуры, включая количество атмосферных осадков, температуру, влажность воздуха, скорость ветра, солнечную радиацию (инсоляцию) и уровень эвапотранспирации, которые определяют общие потребности культуры в воде. В Краснодаре такая суммарная потребность составила 282,6 мм (эквивалентно 2826 м³/га), а в Бужумбуре – 188,2 мм (1882 м³/га). Выводы. Моделирование показало, что для высокоэффективного выращивания подсолнечника в разных эколого-географических и почвенно-климатических условиях целесообразно использовать искусственное увлажнение в Краснодаре оросительной нормой 2468 м³/га (или 246,8 мм) и в Бужумбуре – 1625 м³/га (162,5 мм). Этого можно достичь путём проведения трех вегетационных поливов в Краснодаре, а в Бужумбуре – двух поливов с дифференцированной нормой искусственного увлажнения. Урожайность подсолнечника определяется комплексом биологических, агротехнических и абиотических факторов. Решающее влияние на урожай семян оказывают система удобрений (73,2%) и система основной обработки почвы (22,2%), значительно превосходя воздействие погодных условий (2,0%). Максимальная урожайность гибридов подсолнечника (до 29,3 ц/га) достигается при использовании вспашки в сочетании с минеральными удобрениями (N₄₀P₆₀). Этот подход на 26% продуктивнее мелкой безотвальной обработки без удобрений, которая показала наименьшую урожайность (11,1 ц/га).

Kokovikhin S. V., Ndayiragije J. P.

AGROECOLOGICAL PARAMETERS AND WATER REGIME OF SUNFLOWER WHEN CULTIVATING THE CROPS USING DIGITAL TECHNOLOGIES IN DIFFERENT COUNTRIES

The aim of the study. The objective of the study was to study the agroecological parameters and water regime of sunflower crops grown using digital technologies in the Russian Federation and the Republic of Burundi. Methods. The FAO UN CROPWAT 8.0 software program and meteorological data from Krasnodar and Bujumbura weather stations were used to model soil and climate data and sunflower water consumption. Experimental data on sunflower cultivation for 2024-2025 served as input for modeling and optimizing irrigation regimes. Results. Water regimes with their own characteristics, influenced by soil and climate and agronomic factors, develop in different soil and climate zones in Krasnodar Krai (Russian Federation) and Bujumbura (Republic of Burundi). For example, in Krasnodar, peak moisture requirements occur in the first, second, and third ten-day periods of June. In Bujumbura, sunflower requires the most water in April. The obtained modeling results enable the optimization of irrigation systems, providing sunflowers with the required amount of water during critical periods of the growing season in each region. The developed sunflower water consumption model, using digital services, demonstrates the need to carefully consider the climatic conditions of each ecological location where the crop is grown, including precipitation, temperature, humidity, wind speed, solar radiation (insolation), and evapotranspiration rates, which determine the crop's overall water requirements. In Krasnodar, this total requirement was 282.6 mm (equivalent to 2,826 m³/ha), and in Bujumbura, 188.2 mm (1,882 m³/ha). Conclusions Modeling has shown that for highly efficient sunflower cultivation in various ecological, geographical, and soil-climatic conditions, artificial irrigation with an irrigation rate of 2468 m³/ha (or 246.8 mm) is feasible in Krasnodar and 1625 m³/ha (162.5 mm) in Bujumbura. This can be achieved by three growing-season irrigations in Krasnodar and two irrigations with differentiated artificial irrigation rates in Bujumbura. Sunflower yield is determined by a combination of biological, agronomic, and abiotic factors. Fertilization (73.2%) and primary tillage (22.2%) have a decisive influence on seed yield, significantly outweighing the impact of weather conditions (2.0%). Maximum yields of sunflower hybrids (up to 29.3 c/ha) are achieved using plowing combined with mineral fertilizers (N₄₀P₆₀). This approach is 26% more productive than shallow no-tillage without fertilizers, which yielded the lowest yield (11.1 c/ha).

УДК 631.46:633.155:631.8

Терехова С. С., Тутучкина А. С.

ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ В ПОСЕВАХ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ

Цель исследований. Изучение влияния фонов азотного питания и некорневых подкормок на биологическую активность почвы и урожайность гибрида сахарной кукурузы. Методы. Исследования проводились в период с 2023 по 2025 год в ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко» на полях агротехнологического отдела. Исследования проводились в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов с кукурузой, биологическую активность почвы определяли методом аппликации с закладкой льняных полотен по методике Е. Н. Мишустина. Некорневые подкормки растений согласно схеме опыта, проводили в фазы 3-5 и 6-8 листьев ручным опрыскивателем, азотные удобрения вносили под предпосевную культивацию вручную. Площадь деланки составляла 50 квадратных метров, учетная 30. Расположение деланок было систематическим с четырёхкратной повторностью. В опыте соблюдали все агротехнические требования по возделыванию культуры согласно рекомендациям на богаре. Исследования проводились на гибриде Краснодарский сахарный 280 СВ (оригинатор «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), учет урожайности осуще-

ствлялся вручную по массе початков без листовой обертки в фазе молочно-восковой спелости. Результаты. В ходе исследования установлено влияние азотных удобрений и некорневых подкормок на биологическую активность почвы. Так, применение карбамида под предпосевную культивацию сахарной кукурузы проявило себя как наиболее универсальный и эффективный стимулятор целлюлолитической активности как в умеренных, так и в оптимальных условиях, показывая в среднем за 3 года значения 51,1% – потери массы оцениваются как «сильная». Аммиачная селитра тоже показывает свое благоприятное действие, особенно в засушливые погодные условия, со значением 45,7% – «средняя» интенсивность разрушения. Ruscote демонстрирует более стабильное и сбалансированное влияние на микроорганизмы и имеет значения близкие к контрольным. За исследуемый период препарат ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат стабильно активизировал целлюлолитическую активность почвы независимо от погодных условий – 40,4%, что на 4,3% выше контроля, однако, оба варианта входят в градацию «средняя» по интенсивности разрушения клетчатки, в то время как Геостим Фит Ж в «слабая» – 27,5%. В большей степени на целлюлозоразрушающую способность оказало внесение азотного фона питания (на 8,8% выше контроля) независимо от вида удобрений, чем применение некорневых подкормок. За исследуемый период выявлено, что при применении некорневых подкормок растений урожайность початков увеличивается на 0,69 т/га, достигая 8,45 т/га на варианте с применением Геостим Фит Ж. Особенно, в условиях высокого стресса растений, связанных с засухой, где применение некорневых подкормок увеличило урожайность початков на 1,05 т/га в сравнении с контролем (4,76 т/га). При этом микробиологическое удобрение Геостим Фит Ж за счет своего состава не оказывало стимулирующего действия на способность почвы к разложению целлюлозы, в отличие от комплексного удобрения с микроэлементами ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат (+ 4,3% к контролю). Выводы. Для соблюдения баланса в получении прибавки к урожайности культуры, так и отсутствия негативного воздействия на почву подходят все варианты. Особенно выделяется применение некорневых подкормок изучаемыми препаратами на фоне удобрений Ruscote. С применением ПРК Белый Жемчуг Кукуруза + Zn хелат на этом фоне увеличивается урожайность культуры и целлюлозоразрушающая способность почвы, а с микробиологическим удобрением Геостим Фит Ж она будет в статическом состоянии без активизации деятельности целлюлозоразрушающей микрофлоры.

Terekhova S. S., Tutchkina A. S.

RESEARCH OF SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY IN SWEET CORN CROPS UNDER THE INFLUENCE OF VARIOUS TYPES OF FERTILIZERS

The aim of our research was to study the influence of nitrogen nutrition backgrounds and foliar fertilization on soil biological activity and the yield of a sweet corn hybrid. The studies were conducted from 2023 to 2025 at the Federal State Budgetary Scientific Institution «National Grain Center named after P. P. Lukyanenko» (agrotechnological department fields). The research followed methodological guidelines for field experiments with corn; soil biological activity was assessed using the linen cloth application method according to E. N. Mishustin's technique. Foliar fertilization treatments were applied at the 3–5 and 6–8 leaf stages using a handheld sprayer, while nitrogen fertilizers were incorporated manually during pre-sowing cultivation. Plot area was 50 m², with a 30 m² accounting area; plots were arranged systematically with fourfold replication. All agrotechnical requirements for crop cultivation under rainfed conditions were strictly followed according to established recommendations. The experiment involved the sweet corn hybrid «Krasnodarskiy Sakharnyy 280 SV» (originator: National Grain Center named after P. P. Lukyanenko); yield was measured manually by ear weight (without leaf wrapper) at the milky-wax ripeness stage. The study revealed the impact of nitrogen fertilizers and foliar applications on soil biological activity. Urea application during pre-sowing cultivation proved to be the most universal and effective stimulator of cellulolytic activity

under both moderate and optimal conditions, showing an average 51.1 % mass loss over three years (classified as «strong»). Ammonium nitrate also demonstrated beneficial effects, particularly under drought conditions, with 45.7 % mass loss («moderate» degradation intensity). Ruscote showed a more stable and balanced influence on microorganisms, with values close to the control. Over the study period, the fertilizer «PRK Belyy Zhemchug Kukuruz + Zn chelate» consistently enhanced soil cellulolytic activity regardless of weather conditions (40.4 %), which was 4.3 % higher than the control; both variants fell into the «moderate» cellulose degradation intensity category, whereas «Geostim Fit Zh» was classified as «weak» (27.5 %). Nitrogen nutrition background application had a greater impact on cellulose-degrading capacity (8.8 % above control) regardless of fertilizer type, compared to foliar fertilization. During the study period, foliar fertilization increased ear yield by 0.69 t/ha, reaching 8.45 t/ha with «Geostim Fit Zh». Under severe plant stress due to drought, foliar applications boosted ear yield by 1.05 t/ha compared to the control (4.76 t/ha). Notably, the microbiological fertilizer «Geostim Fit Zh», due to its composition, did not stimulate soil cellulose decomposition capacity, unlike the complex micronutrient fertilizer «PRK Belyy Zhemchug Kukuruz + Zn chelate», which increased cellulolytic activity by 4.3 % compared to the control. To balance yield increase and avoid negative soil impacts, all tested variants proved suitable. Particularly effective was the use of foliar fertilizers in combination with Ruscote. Applying «PRK Belyy Zhemchug Kukuruz + Zn chelate» on this background increased both crop yield and soil cellulose-degrading capacity, whereas «Geostim Fit Zh» maintained soil cellulolytic microbial activity in a static state without stimulation.

УДК: 633.11

Кравченко Р. В., Лучинский С. И., Тымчик Н. Е., Тымчик Д. Е.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКА НА АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Цель исследования. Изучить влияние предшественников на агробиологические и структурные показатели сортов озимой пшеницы при выращивании в условиях центральной зоны Краснодарского края. Методы. Полевые опыты с сортами озимой пшеницы по разным предшественникам были проведены в 2022-2024 гг. на территории учебно-опытного хозяйства «Кубань» ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ. Опыт двухфакторный, расположение делянок систематическое, повторность опыта 3-х кратная. Общая площадь делянки второго порядка 100 м², учетная площадь делянки – 50 м². Результаты. Выбор предшественника для озимой пшеницы, как и для многих других полевых культур при выращивании их в условиях Краснодарского края, относится к важнейшим агротехническим приёмам, которые оказывают существенное влияние на агробиологические и структурные показатели продукционного процесса исследуемой культуры. Оптимальный выбор предшественника, учитывающий сортовые особенности озимой пшеницы, позволяет улучшить ее рост и развитие, повысить урожайность и качество зерна, а также снизить затраты на удобрения и средства защиты растений. Необходимы дальнейшие исследования для определения наиболее эффективных предшественников для различных сортов озимой пшеницы в конкретных почвенно-климатических условиях. Проведенные нами исследования показали, что наибольшая площадь листовой поверхности весной в фазе кущения отмечена у всех сортов, размещенных по предшественнику, соя. К фазе колошения площадь листовой поверхности растений озимой пшеницы увеличилась более чем 3 раза. Выводы. Наибольшие значения по данному показателю отмечены у сорта Безостая 100 по предшественнику соя – 77,0 см²/растение. Наименьшая площадь листовой поверхности отмечена у всех сортов, размещенных по подсолнечнику. Элементы структуры урожая озимой пшеницы изменялись в зависимости от предшественников. Длина колоса по сортам варьировала по вариантам от 8,3 до 9,7 см. Незначительное превышение длины колоса в сравнении с другими сортами отмечалось у сорта Таня. Наименьшие показатели длины

колоса у всех сортов отмечены по предшественнику подсолнечник. Наибольшее число зерен в колосе отмечено у сорта озимой пшеницы Школа, по предшественнику соя – 42,1 шт., превышении с контролем составило 3 шт. (7,7%). Масса 1000 зерен минимальной была по предшественнику подсолнечник – от 27,0 до 34,0 г, по кукурузе на зерно варьировала от 28,1 до 34,3 г и по сое от 30,0 до 33,8. Масса зерна с колоса по вариантам изменялась незначительно и находилась в пределах 1,04–1,30 г. Наибольшая биологическая урожайность получена на тех вариантах, где сорта размещались по сое. Из изучаемых сортов самую высокую биологическую урожайность сформировал сорт Тая по предшественнику соя – 81,0 ц/га. Доля участия предшественников составила 65,3 %, сортового состава – 9,8 %, а их взаимодействие – 18,5%, эти данные дисперсионного анализа подтверждают необходимость выбора предшественника для каждого сорта озимой пшеницы, как важнейший элемент сортовой агротехники

Kravchenko R. V., Lukchinsky S. I., Tymchik N. E., Tymchik D. E.

INFLUENCE OF PRECURSORS ON AGROBIOLOGICAL AND STRUCTURAL INDICATORS OF WINTER WHEAT

The objective. The study was to study the influence of predecessors on the agrobiological and structural parameters of winter wheat varieties grown in the central zone of Krasnodar Krai. Methods. Field trials with winter wheat varieties using different predecessors were conducted from 2022 to 2024 at the Kuban Experimental Farm of the Kuban State Agrarian University. The trial was a two-factor trial, with plots arranged systematically and replicated three times. The total area of the second-order plot was 100 m², and the accounting plot area was 50 m². Results. The choice of predecessor for winter wheat, as for many other field crops grown in Krasnodar Krai, is one of the most important agricultural practices that significantly influence the agrobiological and structural parameters of the crop's production process. Optimal selection of a precursor, taking into account the varietal characteristics of winter wheat, improves its growth and development, increases yield and grain quality, and reduces the cost of fertilizers and crop protection products. Further research is needed to determine the most effective precursors for different winter wheat varieties under specific soil and climatic conditions. Our studies showed that the largest leaf area in the spring during the tillering stage was observed for all varieties planted with soybean as a precursor. By the heading stage, the leaf area of winter wheat plants increased more than threefold. Conclusions. The highest values for this indicator were observed for the Bezostaya 100 variety with a soybean precursor – 77.0 cm²/plant. The smallest leaf area was observed for all varieties planted with sunflower. The elements of the winter wheat yield structure varied depending on the precursors. The ear length varied between 8.3 and 9.7 cm across the varieties. A slight excess of ear length compared to other varieties was observed in the Tanya variety. The lowest ear length values for all varieties were observed with the sunflower predecessor. The highest number of grains per ear was observed in the Shkola winter wheat variety, with the soybean predecessor being 42.1 pcs., exceeding the control value by 3 pcs. (7.7%). The minimum thousand-grain weight was observed with the sunflower predecessor, ranging from 27.0 to 34.0 g, with the corn predecessor varying from 28.1 to 34.3 g per grain, and with the soybean, from 30.0 to 33.8 g. The grain weight per ear varied insignificantly across the variants and was within 1.04–1.30 g. The highest biological yield was obtained in the variants where the varieties were placed after the soybean. Of the studied varieties, the Tanya variety produced the highest biological yield based on its predecessor, soybean – 81.0 c/ha. The share of predecessors was 65.3%, varietal composition – 9.8%, and their interaction – 18.5%. These data from the dispersion analysis confirm the need to select a predecessor for each variety of winter wheat, as the most important element of varietal agricultural technology.

УДК 634.21:581.132.1:631.671.3

Корзин В.В., Горина В.М., Корзина Н.В.

**ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ПИГМЕНТОВ ФОТОСИНТЕЗА
В ЛИСТЬЯХ СОРТОВ АБРИКОСА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

В качестве объектов исследования взяты листья пяти перспективных сортов абрикоса, входящих в генофондовую коллекцию Никитского ботанического сада. Контролем служил районированный и широко возделываемый сорт абрикоса – Крымский Амур. Работу проводили в 2024-2025 гг., метеоданные предоставлены агрометеостанцией «Никитский сад». Содержание хлорофиллов «а», «b» и каротиноидов в полученном экстракте определяли на спектрофотометре КФК-3КМ по методике В.Ф. Гавриленко с соавторами, 1975. Статистическую обработку результатов эксперимента осуществляли с помощью программы MS Excel 2010. Целью исследований было определение особенностей накопления хлорофилла и каротиноидов в листьях различных сортов абрикоса, в связи с погодными условиями, а также изучение соотношений между различными группами пигментов. Была определена динамика накопления хлорофиллов «а» и «b» у пяти сортов абрикоса, а также каротиноидов. Установлено влияние погодных условий Южного берега Крыма на содержание этих фотосинтетических пигментов. Отмечена связь содержания хлорофилла и каротиноидов с генетическими особенностями. С высоким содержанием хлорофиллов «а» и «b» отобраны три генотипа: Олис, Казачок и Олимп. Максимальное накопление пигмента отмечено в период созревания плодов (июль), а его снижение после плодоношения – в августе месяце. Выявлено, что при повышении содержания в листьях каротиноидов увеличивается и количество хлорофилла «b». Коэффициент корреляции между признаками составил 0,7. Анализируя полученные результаты исследования, выявили, что максимальное количество каротиноидов накапливают листья сорта Олимп (1,12-2,53 мг/г) и Казачок (1,32-2,77 мг/г). Минимальное – отмечено у сорта Вардагуйн Вагдаас (1,01-1,37 мг/г). Соотношение содержания хлорофиллов к каротиноидам является показателем устойчивости к внешним неблагоприятным факторам, в том числе засухоустойчивости, а также показателем экологической пластичности растений. По этому признаку отобрано три сорта: два из них селекции Никитского ботанического сада (Олис и Казачок). Один интродуцент (Вардагуйн Вагдаас).

Korzin V.V., Gorina V.M., Korzina N.V.

**DYNAMICS OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENT CONTENT IN THE LEAVES OF APRICOT
CULTIVARS IN SUMMER**

The study subjects were leaves of five promising apricot cultivars included in the gene pool collection of the Nikita Botanical Garden. A regionalized and widely cultivated apricot cultivar, Krymsky Amur, served as a control. The study was conducted in 2024-2025, with meteorological data provided by the Nikita Garden agrometeorological station. The content of chlorophylls "a" and "b" and carotenoids in the resulting extract was determined using a KFK-3KM spectrophotometer according to the method of V.F. Gavrilenko et al. (1975). Statistical processing of the experimental results was performed using MS Excel 2010. The aim of the study was to determine the accumulation of chlorophyll and carotenoids in the leaves of cultivars apricot in relation to weather conditions, as well as to study the relationships between different pigment groups. The dynamics of chlorophylls "a" and "b" accumulation, as well as carotenoids, were determined in five apricot cultivars. The influence of weather conditions on the southern coast of Crimea on the content of these photosynthetic pigments was established. A relationship between the content of chlorophyll and carotenoids and genetic characteristics was noted. Three genotypes with a high content of chlorophylls "a" and "b" were selected: Olis, Kazachok, and Olimp. The maximum pigment accumulation was noted during the fruit ripening period (July), and its decrease after fruiting

- in August. It was found that with an increase in the content of carotenoids in the leaves, the amount of chlorophyll "b" also increases. The correlation coefficient between the traits was 0.7. Analysis of the obtained research results revealed that the maximum amount of carotenoids is accumulated by the leaves of the Olimp (1.12-2.53 mg/g) and Kazachok (1.32-2.77 mg/g) cultivars. The minimum was found in the VardaguinVagdaas (1.01-1.37 mg/g). The ratio of chlorophyll to carotenoids is an indicator of resistance to external adverse factors, including drought tolerance, and also an indicator of the ecological flexibility of plants. Three cultivars were selected based on this trait: two of them were bred at the Nikita Botanical Garden (Olimp and Kazachok), and one was an introduced plant (VardaguinVagdaas).

УДК 633.34:631.51:631.8:631.67(477.7)

Адамень Ф. Ф., Коковихин С. В., Сташкина А. Ф.

**УРОЖАЙНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ
ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ В ОРОШАЕМОМ СЕВООБОРОТЕ В УСЛОВИЯХ
СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ**

Цель исследования. Изучить влияния разных систем основной обработки почвы, азотно-фосфорных и сидеральных удобрений на урожайность сои при выращивании в орошаемом севообороте в условиях Северного Причерноморья. Методы. Многолетние полевые опыты были проведены на территории опытного хозяйства «Асканийское» Института орошаемого земледелия на протяжении 2009-2019 гг. В полевых опытах, заложенных по методу расщепленных делянок, изучали четыре системы основной обработки почвы в короткоротационном севообороте, в котором выращивали кукурузу, озимый ячмень, сою и озимую пшеницу. В данной статье приведены результаты полевых опытов с соей. При планировании и реализации полевых опытов использовали методику опытного дела в агрономии. Результаты. В результате анализа усреднённых данных урожайности сои за первую ротацию севооборота (2009-2016 гг.) установлено, что применение вспашки на глубину на 28-30 см (контроль) в системе дифференцированной системы обработки почвы обеспечило формирование данного показателя на уровне 37,6 ц/га. В зависимости от метеорологических условий в годы исследований пропорционально изменялась и урожайность в период за 2016-2019 гг. Так, максимальная урожайность наблюдалась в среднем по уровню естественного влагообеспечения 2016 г. и среднесухом 2017 г. – 39,4 и 38,6 ц/га, соответственно. В условиях 2018 и 2019 гг. средняя урожайность снизилась до 35,4 и 35,6 ц/га или на 8,4-11,3%. Анализ показателей урожайности сои, в среднем за ротацию севооборота 2016-2019 гг., показал, что при применении вспашки на глубину 28-30 см в системе дифференцированной обработки почвы, в среднем по фактору А, была на уровне 38,0 ц/га. Близкий уровень зерновой продуктивности (39,4 ц/га) был получен при чизельной обработке, а также при дисковой обработке на глубину 12-14 см (38,8 ц/га). Наименьший уровень урожайности на уровне 33,0 ц/га был получен при нулевой обработке, что было меньше на 5,0 ц/га или на 15,2% по сравнению с контролем. Применение сидеральных удобрений на фоне внесения минеральных удобрений дозой $N_{90}P_{40}$ совместно с корне-поживными остатками при дифференцированной системе основной обработки почвы сформировала урожайность на уровне 40,5 ц/га, а без сидерации снизилась до 37,4 ц/га, то есть была меньше на 8,3%. На фоне мелкой дисковой обработки на 12-14 см в системе мелкой одноглубинной безотвальной обработки почвы урожайность возросла на 4,6 ц/га, или на 12,5%. В целом применение сидерации обеспечило прирост урожайности на 4,5 ц/га или на 10,5% по сравнению с вариантами, где сидеральная культура не использовалась. Дисперсионным анализом определена доля участия исследуемых факторов разной (глубины и способов основного возделывания почвы и удобрений) на урожайность сои в орошаемых условиях Северного Причерноморья. Выводы. Многолетними полевыми исследованиями установлено, что за две ротации севооборота урожайность сои в значительной степени зависела от применения системы обра-

ботки почвы. Так, при первой ротации (2011-2015 гг.) при разноглубинной безотвальной почвенной обработке зафиксировано незначительное увеличение урожайности на 1,2 ц/га (при НСР₀₅ – 1,4 ц/га) по сравнению с контролем. В то же время применение мелкой безотвальной обработки почвы на глубину 12-14 см увеличило урожайность сои по сравнению с контролем на 4,5%, а наименьшая продуктивность культуры (32,2-35,8 ц/га) сформировалась на варианте, где проводили сев в предварительно необработанную почву. Прирост урожайности при увеличении дозы азотных удобрений с N₉₀ до N₁₀₅ на 1 га севооборотной площади, в среднем по фактору, составил 3,1 ц/га. Дальнейшее увеличение дозы внесения азотно-фосфорных удобрений до N₁₂₀P₄₀ не обеспечили прибавки урожая и является не целесообразной. Анализ показателей урожайности сои за вторую ротацию севооборота (2016-2019 гг.), показал, что применение разноглубинной безотвальной обработки почвы в орошаемом севообороте сформировало практически одинаковый уровень урожайности сои по сравнению с контролем. Использование системы безотвальной мелкой дисковой обработки обеспечило получение максимальной урожайности сои, которая, в среднем по фактору, составила 37,0 ц/га, что было больше контроля на 1,7 ц/га. Наименьший уровень урожайности был сформирован при нулевой обработке почвы, где он был меньше, в среднем, на 10,2%. Увеличение дозы удобрений до N₁₀₅P₄₀ + сидерат привело к увеличению урожайности на 3,2 ц/га или на 9,1%. Однако дальнейшее увеличение дозы азотных удобрений, в среднем по севообороту, не сопровождалось ростом продуктивности растений сои. Применение сидерации увеличивало урожайность на одном фоне минерального питания, в среднем на 5,1 ц/га (при НСР₀₅ – 1,4 ц/га) или на 16,4%. Максимальное долевое участие в формировании урожайности сои имеет фон минерального питания культуры (50,2%), а также система основной обработки почвы (44,1%) при их незначительном взаимодействии на уровне 4,3%.

Adamen F. F., Kokovikhin S. V., Stashkina A. F.

SOYBEAN YIELD DEPENDING ON THE SYSTEM OF PRIMARY SOIL CULTIVATION AND FERTILIZERS IN IRRIGATED CROP ROTATION IN THE NORTHERN BLACK SEA REGION

The aim of the study. The aim of the study was to examine the effects of different primary tillage systems, nitrogen-phosphorus fertilizers, and green manure on soybean yields in an irrigated crop rotation in the Northern Black Sea region. Methods. Long-term field trials were conducted at the Askaniyskoye experimental farm of the Institute of Irrigated Agriculture from 2009 to 2019. The field trials, conducted using the split-plot method, examined four primary tillage systems in a short-rotation crop rotation involving corn, winter barley, soybeans, and winter wheat. This article presents the results of the soybean field trials. Agronomic experimental design methods were used in the planning and implementation of the field trials. Results An analysis of average soybean yield data for the first crop rotation (2009-2016) revealed that plowing to a depth of 28-30 cm (control) in a differentiated tillage system resulted in a yield of 37.6 c/ha. Depending on meteorological conditions during the study years, the yield also changed proportionally in the period 2016-2019. Thus, the maximum yield was observed on average according to the level of natural moisture supply in 2016 and the average dry year 2017 – 39.4 and 38.6 c/ha, respectively. Under the conditions of 2018 and 2019, the average yield decreased to 35.4 and 35.6 c/ha, or by 8.4-11.3%. An analysis of soybean yield indicators, on average, over the 2016-2019 crop rotation, showed that when plowing to a depth of 28-30 cm in the differentiated tillage system, the average yield for factor A was 38.0 c/ha. A similar level of grain productivity (39.4 c/ha) was obtained with chisel tillage, as well as with disk tillage to a depth of 12-14 cm (38.8 c/ha). The lowest yield of 33.0 c/ha was obtained with no-tillage, which was 5.0 c/ha, or 15.2%, lower than the control. The use of green manure fertilizers alongside N₉₀P₄₀ mineral fertilizers, along with root and crop residues, under a differentiated primary tillage system resulted in a yield of 40.5 c/ha, while without green manure, it decreased to 37.4 c/ha, an 8.3% decrease. With shallow disk tillage at 12-14 cm depth in a shallow, single-depth, no-till system, the yield increased by 4.6 c/ha, or

12.5%. Overall, the use of green manure increased yield by 4.5 c/ha, or 10.5%, compared to the variants without green manure. Analysis of variance determined the contribution of the studied factors (depth and methods of primary tillage, and fertilizers) to soybean yield in irrigated conditions of the Northern Black Sea region. Conclusions. Long-term field studies have established that over two crop rotations, soybean yields significantly depended on the tillage system used. Thus, during the first rotation (2011-2015), with variable-depth no-till tillage, a slight increase in yield of 1.2 c/ha was recorded (with $LSD_{05} = 1.4$ c/ha) compared to the control. At the same time, the use of shallow no-till tillage to a depth of 12-14 cm increased soybean yields by 4.5% compared to the control, and the lowest crop productivity (32.2-35.8 c/ha) was formed in the variant where sowing was carried out in pre-untillied soil. The yield increase with an increase in the dose of nitrogen fertilizers from N_{90} to N_{105} per 1 ha of crop rotation area, on average by factor, amounted to 3.1 c/ha. Further increase in the nitrogen-phosphorus fertilizer application rate to $N_{120}P_{40}$ did not provide a yield increase and is not advisable. Analysis of soybean yield indicators for the second crop rotation (2016-2019) showed that the use of variable-depth no-tillage in an irrigated crop rotation resulted in virtually the same soybean yield level as the control. The use of a no-till shallow disk tillage system ensured the maximum soybean yield, which, on average, amounted to 37.0 c/ha, which was 1.7 c/ha higher than the control. The lowest yield level was formed with no-tillage, where it was lower, on average, by 10.2%. Increasing the fertilizer dose to $N105P40$ + green manure led to an increase in yield by 3.2 c/ha, or 9.1%. However, further increases in nitrogen fertilizer application, on average across the crop rotation, did not result in increased soybean productivity. Green manure increased yields with a single mineral nutrient regimen by an average of 5.1 c/ha (at $LSD_{05} = 1.4$ c/ha), or 16.4%. The maximum contribution to soybean yield was made by the mineral nutrient regimen (50.2%) and primary tillage (44.1%), with an insignificant interaction of 4.3%.

УДК 582.477:630.228

Салогуб Р.В., Захаренко Г.С., Севастьянов В.Е.

ПЛОСКОВЕТОЧНИК ВОСТОЧНЫЙ В ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СТЕПНОГО КРЫМА

В результате исследований установлено, что плосковетрочник восточный в лесных и защитных насаждениях в степных районах Крыма относительно успешно растёт в сухих условиях на всех почвенных разностях и в возрасте старше 30 лет достигает средней высоты от $4,3 \pm 0,05$ м до $6,6 \pm 0,10$ м, при диаметре ствола от $5,6 \pm 0,12$ см до $9,5 \pm 0,19$ см. В городских насаждениях близкие по возрасту насаждения при лучшей влагообеспеченности (тип условий D_2) имеют более чем в 2 раза большую высоту и в 3-4 раза больший диаметр ствола. Сопоставление данных о росте плосковетрочника с характеристиками почвенного покрова не выявило чёткой зависимости между типом почвы, мощностью гумусированных горизонтов и размерами растений. Основным фактором, лимитирующим рост плосковетрочника в степном Крыму, является недостаток почвенной влаги. Характерное для плосковетрочника варьирование по форме роста от одноствольного дерева до типичного кустарника обусловлено различной нормой реакции на условия произрастаний, проявляющейся через степень апикального доминирования центрального побега. Повышению продуктивности лесных культур и лесомелиоративных насаждений из плосковетрочника может способствовать плюсовая селекция, основанная на выделении и последующем размножении лучших деревьев и насаждений данного вида, а также оптимизация площади питания растений посредством рубок ухода в процессе их роста и развития.

Salogub R.V., Zakharenko G.S., Sevastyanov V.E.

PLATYCLADUS ORIENTALIS IN FOREST MELIORATION PLANTATIONS OF THE STEPPE CRIMEA

Research has shown that the *Platycladus orientalis* grows relatively successfully in forest and shelterbelt plantations in the steppe regions of Crimea under dry conditions on all soil types. At the age of over 30 years, it reaches an average height of 4.3 ± 0.05 m to 6.6 ± 0.10 m, with a trunk diameter of 5.6 ± 0.12 cm to 9.5 ± 0.19 cm. In urban plantings, similarly aged plants with better moisture supply (condition type D₂) have more than twice the height and a trunk diameter 3–4 times greater. A comparison of data on the growth of the *Platycladus* with the characteristics of the soil cover did not reveal a clear relationship between the type of soil, the thickness of the humus horizons and the size of the plants. The main factor limiting the growth of the *Platycladus orientalis* in the steppe Crimea is a lack of soil moisture. The characteristic variation in growth form of the *Platycladus*, from a single-trunk tree to a typical shrub, is due to different response rates to growing conditions, manifested through the degree of apical dominance of the central shoot. Positive selection, based on the finding and subsequent propagation of the best trees and stands of this species, as well as optimization of the plant's feeding area through thinning during their growth and development, can contribute to increasing the productivity of *Platycladus* forest and reclamation plantations.

УДК 633.854.54:631.53

Арсланова Л.Э., Сташкина А.Ф.

УСЛОВИЯ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ, РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В СТЕПНОЙ ЗОНЕ КРЫМА

Масличный лён – культура для ранних сроков посева (март-апрель), с коротким вегетационным периодом (80–115 дней), что позволяет собирать урожай в конце июля. Он является хорошим предшественником большинства сельскохозяйственных культур, включая озимую пшеницу. Эти особенности делают его идеальной страховой культурой в случае неурожая озимых культур и позволяют формировать плановые урожаи даже в засушливых условиях благодаря эффективному использованию зимних запасов влаги. Кроме того, важным преимуществом льна по сравнению с зерновыми культурами является его устойчивость к осыпанию. Наше исследование проводилось на двух сортах масличного льна: «Южная ночь» и «Дебют». Орошение способствовало росту растений всех изученных сортов масличного льна, независимо от сроков посева и норм высева, по сравнению с неорошаемыми условиями. Увеличение высоты растений составило 3,8–5,0 см. Количество коробочек на растение и масса 1000 семян при орошении не превышали показатели богарного земледелия из-за высокой плотности посадки в первом случае и сильной конкуренции. Изучение элементов структуры урожайности масличного льна в условиях орошения и засушливого земледелия позволило выявить корреляцию и установить основные особенности влияния изучаемых факторов на рост и развитие растений. При определении агротехнических приемов для повышения урожайности следует в первую очередь обращать внимание на такие признаки, как количество коробочек и семян на растении, а также массу 1000 семян. Уплотнение посевов как в богарных, так и в орошаемых условиях привело к снижению продуктивности отдельного растения, а также к уменьшению размера семян. На неорошаемых участках количество коробочек на растении уменьшилось почти вдвое при увеличении нормы высева с 2,5 до 5,5 млн шт./га; при орошении оно уменьшилось в 1,7–1,6 раза. Размер семян уменьшился в диапазоне 0,3–0,4 г/тысячу семян в богарных условиях при первом и втором сроках посева соответственно, и на 0,2 г/тысячу семян при орошении. Однако такие выводы нельзя считать абсолютными, поскольку отдельные элементы структуры урожайности оказывают неоднозначное влияние на продуктивность различных сортов. Увеличение урожайности сортов с более положительными признаками структуры урожайности и меньшим количеством отрицательных наблюдалось в годы, когда проявление отрицательных признаков было максимально ослаблено. В настоящее время основным направлением выращивания масличного льна является получение растительного жира (льняного масла) и белка в

виде жмыха после удаления жира. Обеспечение растений льна влагой в период цветения, подкормки и формирования семян привело к значительному увеличению содержания масла в семенах более чем на 4% при первом посеве и на 2% при втором посеве, но одновременно снизило содержание белка в семенах. Однако максимальный урожай белка с гектара при орошении был достигнут благодаря высокой урожайности семян. В наших исследованиях не было обнаружено отрицательной корреляции между содержанием масла, белка в семенах и урожайностью. Возможно, взаимосвязь между этими признаками может отсутствовать или принимать положительные значения. Урожайность масличного льна на единицу площади для изученных сортов составила: без орошения для сорта «Южная ночь» 514-605 кг/га и для сорта «Дебют» 528-641 кг/га; при орошении урожайность масличного льна и выход масла значительно увеличились. Наибольшая урожайность и выход масла на единицу площади обеспечиваются посевом при орошении в первый срок при температуре почвы 4-6 °С с нормой высева 9,0 млн шт./га. Анализ корреляций между продуктивностью масличного льна и агротехническими приемами его выращивания показал, что на основные элементы продуктивности в большей степени влияли сроки посева и в меньшей степени – нормы высева и сортовые генотипы. На основании результатов исследований можно отметить, что лен масличный, благодаря своим агробиологическим характеристикам, полностью пригоден для выращивания на неорошаемых землях южной степи, а современные сорта способны формировать урожайность на уровне 1,5-2,0 т/га при раннем посеве с нормой высева 4,0 млн шт./га. Коэффициент водопотребления при этом самый низкий – 1216 м³/т. Посев масличного льна в более поздние сроки приводит к ненужным потерям почвенной влаги. Использование орошения на посевах льна приводит к значительному увеличению урожайности и выхода масла для всех изученных сортов. Наибольшая урожайность и наибольший выход масла на единицу площади были получены при первом сроке сева с нормой высева 9,0 млн шт./га. На основании результатов наших исследований по корреляционным вопросам, а также материалов отечественных и зарубежных исследователей, мы приходим к выводу, что следует уделять внимание не только корреляции между отдельными факторами урожайности и общей урожайностью, но и корреляции между самими этими факторами. В среднем, согласно данным за три года, установлено, что использование орошения на посевах масличного льна обеспечивает значительное увеличение урожайности и выхода масла. Наибольшая урожайность и выход масла на единицу площади обеспечиваются посевом с орошением в первый срок при температуре почвы 4-6 °С и нормой высева 9,0 млн шт./га.

Arslanova L.E., Stashkina A.F.

MOISTURE CONDITIONS IMPACT ON THE GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD OF OIL FLAX VARIETIES IN THE STEPPE ZONE OF CRIMEA

Oil flax is a crop for early sowing dates (March-April), with a short growing season (80-115 days), which allows harvesting flax at the end of July. It is a good predecessor for most agricultural crops, including winter wheat. These features make it an ideal insurance crop in case of winter crop failure and allow forming planned yields even in arid conditions due to the effective use of winter moisture reserves. Furthermore, a major advantage of flax compared to grain crops is its resistance to shedding. Our research was conducted on two oil flax varieties: Yuzhnaya Noch and Debyut. Irrigation promoted the growth of plants of all studied oil flax varieties, across sowing dates and seeding rates, compared to non-irrigated conditions. The increase in plant height amounted to 3,8-5,0 cm. The number of bolls per plant and the 1000-seed weight under irrigation did not exceed the rainfed indicators due to the high plant density in the first case and strong competition. Studying the elements of the yield structure of oil flax under irrigation and dryland conditions made it possible to identify a correlation and establish the main features of the influence of the studied factors on plant growth and development. When determining agricultural practices to increase yield, attention should primarily be paid to traits such as the number of bolls and seeds per plant, as well as the 1000-seed weight. Thickening

of crops, both in rainfed and irrigated conditions, led to a decrease in the productivity of a single plant, and seed size also decreased. In areas without irrigation, the number of bolls per plant decreased almost twofold when the seeding rate increased from 2,5 to 5,5 million pcs/ha; under irrigation, it decreased by 1,7-1,6 times. Seed size decreased within the range of 0,3-0,4 g/thousand seeds in rainfed conditions for the first and second sowing dates, respectively, and by 0,2 g/thousand seeds under irrigation. However, such conclusions cannot be absolutized because individual elements of the yield structure have ambiguous effects on the productivity of different varieties. An increase in the yield of varieties with more positive productivity structure traits and fewer negative ones was observed in years when the manifestation of negative traits was maximally weakened. The main direction of oil flax cultivation currently is to obtain vegetable fat (linseed oil) and protein in the form of meal after fat extraction. Providing flax plants with moisture during the period of flowering, fertilization, and seed formation led to a significant increase in the oil content in seeds by more than 4% at the first sowing date and by 2% at the second sowing date, but simultaneously reduced the protein content in the seeds. However, the maximum protein yield per hectare under irrigation was achieved due to the high seed yield. In our studies, no negative correlation was found between the content of oil, protein in seeds, and yield. Possibly, the relationship between these traits may be absent or take positive values. The oil yield per unit area depended mainly on the level of oil flax seed yield. The oil yield per unit area of crops for the studied varieties was: without irrigation for the variety Yuzhnaya Noch 514-605 kg/ha and for the variety Debyut 528-641 kg/ha; under irrigation, oil flax crops contributed to a significant increase in yield and oil output. The highest yield and oil output per unit area are ensured by sowing under irrigation at the first date at a soil temperature of 4-6 °C with a seeding rate of 9,0 million pcs/ha. Analysis of correlations between oil flax productivity and agricultural practices of its cultivation showed that the main productivity elements were influenced to a greater extent by sowing dates and to a lesser extent by seeding rates and variety genotypes. Based on the research results, it can be noted that oil flax, due to its agrobiological characteristics, is fully suitable for cultivation on non-irrigated lands of the southern Steppe, and modern varieties are capable of forming yields at the level of 1,5-2,0 t/ha at an early sowing date with a seeding rate of 4.0 million pcs/ha. The water consumption coefficient is then the lowest – 1216 m³/t. Sowing oil flax at later dates leads to unnecessary loss of soil moisture. The use of irrigation on flax crops leads to a significant increase in yield and oil output for all studied varieties. The highest yield and the highest oil output per unit area were obtained at the first sowing date with a seeding rate of 9,0 million pcs/ha. Based on the results of our research on correlation issues, as well as materials from domestic and foreign researchers, we conclude that attention should be focused not only on the correlation between individual yield factors and overall yield, but also on the correlation between these factors themselves. On average, according to three-year data, it was established that the use of irrigation on oil flax crops provides a significant increase in yield and oil output. The highest yield and oil output per unit area are ensured by sowing under irrigation at the first date at a soil temperature of 4-6 °C with a seeding rate of 9,0 million pcs/ha.

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 631.3; 51-74

Ажермачев С.Г., Высоцкая Н.Д., Решетник А.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АГРЕГАТОВ СИСТЕМ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ, ИМЕЮЩИХ ВНУТРЕННИЙ ИСТОЧНИК КОЛЕБАНИЙ

Проблемы безопасности эксплуатации агрегатов систем агропромышленных комплексов, имеющих внутренний источник колебаний, возникают в связи с возможными проявлениями колебательных процессов в несущих конструкциях систем из-за неуравновешенности вращающихся частей двигателя, как части комплексного устройства, расположенного на элементах

конструкций агрегатов – комбайнов, транспортных платформ, дождевальных, уборочных и других машин. Анализ наблюдений показывает, что для агрегатов систем, имеющих внутренний источник колебаний, сохраняется риск возможного перехода в аварийное состояние из-за появляющегося динамического усилия, возникающего из-за неуравновешенности вращающихся частей двигателя. Переход в аварийное состояние может вызваться дестабилизирующим действием динамического усилия из-за недостаточного уравнивания рабочей системы в целом. С целью решения проблемы безопасности необходимо предусмотреть дополнительные мероприятия по регулированию усилий в несущей системе путем введения дополнительных уравнивающих масс. Это мероприятие по дополнительному сбалансированию усилий позволит во время работы двигателя стабилизировать величины опорных реакций, сделать их постоянными во времени и сделать их равными статическим. Получены следующие выводы: 1) Из-за неуравновешенности вращающихся частей двигателя на систему передаются динамические нагрузки, усилия от которых необходимо регулировать. 2) С целью регулирования усилий в системе устанавливаются дополнительные компенсирующие массы. 3) Аналитическим путем можно определить место установки и величины дополнительных компенсирующих масс, чтобы в результате система с работающим двигателем с неуравновешенными вращающимися частями имела опорные реакции постоянные во времени и равные статическим, а так же чтобы система не вошла в состояние резонанса.

Azhermachev S.G., Vysotskaya N.D., Reshetnik A.A.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS AND ENSURING SAFETY OF UNITS OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEXES SYSTEMS WITH AN INTERNAL SOURCE OF OSCILLATIONS

Problems with the safety of operating units of agro-industrial complex systems that have an internal source of vibrations arise in connection with the possible manifestations of vibration processes in the supporting structures of the systems due to the imbalance of the rotating parts of the engine, as part of a complex device located on the structural elements of the units - combines, transport platforms, irrigation, harvesting and other machines. An analysis of observations shows that for units of systems with an internal source of vibrations, there remains a risk of possible transition to an emergency state due to the emerging dynamic force arising from the imbalance of the rotating parts of the engine. The transition to an emergency state can be caused by the destabilizing effect of dynamic force due to insufficient balancing of the working system as a whole. In order to solve the safety problem, it is necessary to provide additional measures to regulate the forces in the supporting system by introducing additional balancing masses. This additional balancing of forces will allow the values of support reactions to be stabilized during engine operation, making them constant over time and making them equal to static ones. The following conclusions were obtained: 1) Due to the imbalance of the rotating parts of the engine, dynamic loads are transmitted to the system, the forces from which must be regulated. 2) In order to regulate the forces in the system, additional compensating masses are installed. 3) Analytically, it is possible to determine the installation location and the values of additional compensating masses so that, as a result, the system with a running engine and unbalanced rotating parts has support reactions that are constant over time and equal to static ones, and so that the system does not enter a state of resonance.

УДК 631.3

Высоцкая Н.Д., Ажермачев С.Г., Онощенко Г.В.

РАСЧЕТ И ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АМОРТИЗАТОРОВ ПОД КАБИНУ ТРАКТОРА

Исследования по применению эластомеров для совершенствования амортизирующих

устройств тракторов на основе метода конечных элементов в трехмерной постановке, с учетом нелинейного вязкоупругого деформирования и слабой сжимаемости материала - актуальная задача проектирования конструкций и устройств сельскохозяйственных машин и механизмов. Выполнен расчет напряженно-деформированного состояния конического и коническо-цилиндрического амортизатора под кабину трактора. Применялся модифицированный метод Ньютона-Канторовича в сочетании с методом последовательных нагружений, метод конечных элементов и нелинейные законы состояния Линдли и Пенга-Ланделя. Вязкоупругие свойства резинового элемента описывались ядром релаксации Работнова. Численный расчет произведен с использованием вычислительного комплекса КОДЕТОМ с пакетом прикладных программ NELVIS для решения задач вязкоупругости на ЭВМ. Рассмотрены три случая расчета: 1 – использование закона Гука и линейного тензора деформаций, 2 – использование закона Гука и нелинейного тензора деформаций (геометрически нелинейные задачи); 3 – применение закона Линдли или Пенга-Ланделя в сочетании с нелинейным тензором деформаций (геометрически и физически нелинейная задача). Представлены расчетные схемы и построены графики, характеризующие изменение осадки амортизаторов с течением времени при заданной скорости нагружения. Также построены графики распределения напряжений в двух наиболее опасных сечениях каждого амортизатора для момента времени $t = 1$ с. Максимальное расхождение в результатах наблюдается по напряжениям между геометрически нелинейными задачами (первым и вторым вариантами расчетов). Результаты, полученные с использованием закона Линдли и Пенга-Ланделя, в принятом масштабе рисунков совпадают. На основе анализа силовых характеристик конического и коническо-цилиндрического амортизаторов под кабину трактора, рекомендуется использовать коническо-цилиндрический амортизатор с предлагаемыми геометрическими параметрами.

Vysotskaya N.D., Azhermachev S.G., Onoshchenko G.V.

CALCULATION AND SELECTION OF GEOMETRIC PARAMETERS OF SHOCK ABSORBERS FOR THE TRACTOR CAB

Research into the use of elastomers to improve tractor shock absorbers using the three-dimensional finite element method, taking into account nonlinear viscoelastic deformation and weak compressibility of the material, is a pressing issue in the design of agricultural machinery and equipment. The stress-strain state of hollow conical and conical-cylindrical shock absorbers for the tractor cab was calculated. A modified Newton-Kantorovich method in combination with the method of successive loadings, the finite element method, and the nonlinear Lindley and Peng-Landel laws of state were used. The viscoelastic properties of the rubber element were described by the Rabotnov relaxation kernel. The numerical calculation was performed using the CODETOM computing system with the NELVIS software package for solving viscoelasticity problems on a computer. Three calculation cases are considered: 1 – using Hooke's law and a linear strain tensor; 2 – using Hooke's law and a nonlinear strain tensor (geometrically nonlinear problems); 3 – using Lindley's law or Peng-Landel's law in combination with a nonlinear strain tensor (a geometrically and physically nonlinear problem). Calculation models are presented and graphs are constructed characterizing the change in shock absorber settlement over time at a given loading rate. Graphs of stress distribution in the two most critical sections of each shock absorber for $t = 1$ second are also constructed. The largest discrepancy in the results is observed for stresses between the geometrically nonlinear problems (the first and second calculation options). The results obtained using Lindley's law and Peng-Landel's law are identical within the accepted scale of the figures. Based on the analysis of the power characteristics of the conical and conical-cylindrical shock absorbers for the tractor cabin, it is recommended to use a conical-cylindrical shock absorber with the proposed geometric parameters.

УДК 631.361.6:621.65

Красовский В.В., Гербер Ю.Б., Бережная Т.Е.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ФАКЕЛА В ДВУХФАЗНОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ФОРСУНКЕ ПЕРЕМЕННОГО РАСХОДА ДЛЯ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Развитие технологий дифференцированного внесения средств защиты растений (СЗР) в точном земледелии требует создания распылительных устройств, способных сохранять стабильное качество факела при широком диапазоне изменения расхода рабочей жидкости. Целью исследования являлось теоретическое обоснование и математическое моделирование возможности сохранения дисперсности распыла в двухфазной пневматической форсунке с внутренним смешением и тангенциальной закруткой воздуха при её работе в переменном режиме, характерном для прецизионного внесения СЗР. Исследование выполнено методами теории подобия и полуэмпирического моделирования на основе расчётной зависимости для центробежно-пневматических форсунок. Моделирование проводилось для двух режимов: номинального (расход жидкости $Q_l = 2.0$ л/мин) и режима пониженного расхода ($Q_l = 1.5$ л/мин), при постоянном давлении воздуха $P_g = 2.5$ бар и скорости ~ 150 м/с. Результаты расчётов, скорректированные по данным литературы, показали, что снижение расхода жидкости на 25% позволяет сохранять среднесауэровский диаметр капель (SMD) в диапазоне 20–35 мкм благодаря увеличению газожидкостного отношения на 33% (с 0.0324 до 0.0432) и сохранению высокой кинетической энергии воздушного потока. Полученные значения SMD соответствуют классу ультрамелкодисперсного распыления по ГОСТ Р 53637-2009 и ISO 25358. Сделан вывод о принципиальной возможности применения двухфазных форсунок с независимым управлением потоками в системах дифференцированного внесения СЗР. Теоретически доказано, что поддержание постоянного расхода воздуха при варьировании расхода жидкости является ключевым механизмом, позволяющим разрешить техническое противоречие между необходимостью переменной нормы внесения и требованием стабильного качества распыла.

Krasovsky V.V., Gerber Yu.B., Berezhnaya T.E.

MODELING OF THE DISPERSED COMPOSITION OF A FLARE IN A TWO-PHASE VARIABLE FLOW PNEUMATIC NOZZLE FOR DIFFERENTIATED APPLICATION OF PLANT PROTECTION PRODUCTS

The development of technologies for the site-specific application of plant protection products (PPPs) in precision farming requires the creation of spraying devices capable of maintaining stable spray quality over a wide range of working fluid flow rates. The aim of the study was to theoretically substantiate and mathematically model the possibility of maintaining spray dispersion in a two-phase pneumatic nozzle with internal mixing and tangential air swirl during its operation in a variable mode typical for precision PPP application. The study was carried out using methods of similarity theory and semi-empirical modeling based on a computational dependence for centrifugal-pneumatic nozzles. Modeling was performed for two regimes: nominal (liquid flow rate $Q_l = 2.0$ l/min) and reduced flow regime ($Q_l = 1.5$ l/min), at constant air pressure $P_g = 2.5$ bar and velocity of ~ 150 m/s. The calculation results, adjusted according to literature data, showed that a 25% reduction in liquid flow rate allows maintaining the Sauter Mean Diameter (SMD) in the range of 20–35 μm due to a 33% increase in the gas-to-liquid ratio (from 0.0324 to 0.0432) and the preservation of high kinetic energy of the air stream. The obtained SMD values correspond to the ultrafine spray class according to GOST R 53637-2009 and ISO 25358. The conclusion is made about the fundamental possibility of using two-phase nozzles with independent flow control in site-specific PPP application systems. It has been theoretically proven that maintaining a constant air flow

while varying the liquid flow is a key mechanism to resolve the technical contradiction between the need for a variable application rate and the requirement for stable spray quality.

УДК 631.3

Хавьяримана Э.; Дмитриев С.А.; Тарасенко Б.Ф.

КОМБИНИРОВАННЫЙ АГРЕГАТ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОРГО

Цель исследований – обоснование конструктивно-технологической схемы комбинированного агрегата обработки почвы при возделывании сорго. В работе применены методы решения изобретательских задач и планирования экспериментов. Технология обработки почвы под сорго, кукурузу в юго-западной части Северного Кавказа – Краснодарском крае – это система, направленная на максимальное сохранение влаги, борьбу с сорняками и создание рыхлого слоя. Для обработки почвы под сорго или кукурузу используют комплекс машин, обеспечивающих глубокое рыхление, выравнивание и уничтожение сорняков: дисковые бороны, глубокорыхлители, культиваторы, а также бороны для весеннего боронования. При обработке почвы под сорго и кукурузу основные проблемы связаны с обеспечением оптимального водно-воздушного режима, борьбой с засоренностью и предотвращением переуплотнения. Ключевые трудности включают пересыхание верхнего слоя (особенно для мелких семян сорго), необходимость качественной заделки пожнивных остатков кукурузы и борьбу с сорняками в ранний период развития. Перспективно осуществить совмещение основной (глубокого рыхления) и предпосевной (культивация, боронование) обработки почвы, что позволит за один проход разрыхлить, выровнять почву, уничтожить сорняки и сохранить влагу, а также создаст оптимальные условия для быстрого прорастания семян и снизит уплотнение. Технологии использования комбинированных агрегатов позволит обеспечить экономию топлива и времени до 30 %. Применение предложенного агрегата для основной предпосевной безотвальной обработки почвы под технические и зерновые культуры обеспечит расширение функциональной возможности, повышение эффективности и качества рыхления для их возделывания, а также возможности применения на плугах с увеличенной шириной захвата. В результате проведенных экспериментов определены рациональные параметры глубокорыхлителя в составе комбинированного агрегата (ширина лапы $b = 0,34$ м; угол крошения $\beta = 35,2^\circ$), при которых тяговое сопротивление составляет $Y_s = 4157,5$ Н.

Havyarimana E.; Dmitriev S.A.; Tarasenko B.F.

COMBINED TILLAGE UNIT FOR SORGHUM CULTIVATION

The purpose of the research is to substantiate the structural and technological scheme of the combined tillage unit during sorghum cultivation. Methods of solving inventive problems and planning experiments are used in the work. The technology for cultivating sorghum and corn in the southwestern part of the North Caucasus – Krasnodar Krai – is a system aimed at maximizing moisture conservation, weed control, and creating a loose soil layer. To cultivate the soil for sorghum or corn, a complex of machines is used that ensure deep loosening, leveling, and weed control: disc harrows, subsoilers, cultivators, and harrows for spring harrowing. When cultivating soil for sorghum and corn, the main challenges are ensuring optimal water and air circulation, controlling weeds, and preventing compaction. Key challenges include topsoil drying (especially for small sorghum seeds), the need for good maize residue incorporation, and early weed control. It is more promising to combine primary (deep loosening) and pre-sowing (cultivation, harrowing) tillage, which will allow for loosening and leveling the soil in one pass, destroying weeds and retaining moisture, as well as creating optimal conditions for rapid seed germination and reducing compaction. Using combined units will enable fuel and time savings of up to 30 %. Application of proposed unit for main pre-sowing wasteless tillage for industrial and grain crops will

provide expansion of functional capability, increase of efficiency and quality of tillage for their cultivation, as well as possibility of application on plows with increased width of grip. As a result of the experiments, the rational parameters of the dredger as part of the combined unit were determined (hoe width $b = 0.34$ m; crumbling angle $\beta = 35.2^\circ$), at which the traction resistance is $Y_s = 4157.5$ N.

УДК 631.3

Тарасенко Б.Ф., Дробот В.А.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ МЕЖДУРЯДИЙ САДОВ И ВИНОГРАДНИКОВ

Цель исследований – обоснование конструктивно-технологической схемы многофункционального агрегата для обработки почвы междурядий садов и виноградников. В работе применены методы поисковых исследований и математического моделирования. Для повышения эффективности одновременной обработки почвы с внесением удобрений по всей площади междурядий сада и виноградника разработан многофункциональный агрегат для обработки почвы междурядий садов и виноградников. Агрегат содержит раму с платформой, имеющую зубья с режущими кромками и сообщенную через прицепное приспособление с тяговым средством. Также агрегат имеет дополнительную раму с опорными колесами, установленную с возможностью перемещения в горизонтальной плоскости над рамой, сообщенной с тяговым средством. При этом на дополнительной раме расположено устройство для внесения удобрений, содержащее бункер для удобрений, имеющий регулировочный винт с заслонкой, установленной в ней пружиной для автоматического закрытия отверстия, предназначенные для настройки зазоров между бункером и заслонкой. Сзади дополнительной рамы расположены двойные решетки для регулировки подачи удобрений разных фракций, перед двойной решеткой на раме установлен волнообразный желоб с расширением у основания и сужением в верхней части. Желоб предназначен для равномерного распределения удобрений в горизонтальной плоскости. После двойной решетки установлен механизм прикатывания, предназначенный для заделки удобрений в почву. Он состоит из барабана с конусными иглами, расположенными в шахматном порядке на всей плоскости барабана, оси, идущей через весь барабан, закрепленной по краям в подшипниковые узлы, соединенные с дополнительной рамой, причем зубья, расположенные на платформе рамы, сообщенной с тяговым средством, установлены в зигзагообразном порядке и выполнены в виде вытянутой трехгранной пирамиды, ребра которой заточены. Применение агрегата позволит повысить эффективность процесса одновременной обработки почвы с внесением удобрений по всей площади междурядья сада и виноградника. Представлено математическое описание процесса рыхления почвы многофункциональным агрегатом в виде зависимости величины тягового сопротивления агрегата $P_{ар}$ от скорости v_p и глубины обработки h .

Tarasenko B.F., Drobot V.A.

MULTIFUNCTIONAL UNIT FOR CULTIVATING INTERROW SOILS IN GARDENS AND VINEYARDS

The purpose of the research is to substantiate the design and technological scheme of an industrial unit for tilling the soil between rows of gardens and vineyards. Methods of exploratory research and mathematical modeling are used in the work. To improve the efficiency of simultaneous soil cultivation with fertilization across the entire area between rows in orchards and vineyards, we have developed a multifunctional unit for cultivating the soil between rows in orchards and vineyards. The unit comprises a frame with a platform fitted with teeth and cutting edges, connected to the towing vehicle via a hitch. The unit also has an additional frame with support wheels, mounted horizontally above the frame and

connected to the towing vehicle. In this case, on the additional frame there is a device for applying fertilizers, containing a fertilizer hopper, having an adjusting screw with a valve, a spring installed in it for automatically closing the hole, designed to adjust the gaps between the hopper and the valve. At the rear of the additional frame are double grates for adjusting the flow of fertilizer of different fractions. In front of the double grate, a wave-shaped trough is installed on the frame, widening at the base and narrowing at the top. The trough is designed to evenly distribute the fertilizer horizontally. A compacting mechanism is installed after the double grid, designed to incorporate fertilizer into the soil. It consists of a drum with conical needles arranged in a staggered pattern across the entire surface of the drum, an axle running through the entire drum, secured at the edges by bearing assemblies, connected to an additional frame, and the teeth located on the platform of the frame, connected to the traction means, are installed in a zigzag pattern and are made in the form of an elongated triangular pyramid, the edges of which have sharpenings. Application of the unit will make it possible to increase efficiency of the process of simultaneous tillage with application of fertilisers throughout the area between rows of a garden and a vineyard. Mathematical description of soil loosening process by multifunctional unit is presented in the form of dependence of value of traction resistance of R_{ag} aggregate on speed v_p and depth of tillage h .

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 619:616.71-007.15:636.4

Куевда Н.Н., Куевда Е.Н., Таран Т.А.

ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ СУБКЛИНИЧЕСКОГО РАХИТА У ПОРОСЯТ

Субклинический рахит поросят – часто встречающаяся патология в современном свиноводстве, причинами которой является недостаток в организме животных кальция, фосфора и витамина D, поступающих с кормами. В начале экспериментальных исследований у животных отмечали признаки респираторно-кишечных заболеваний, которые сравнительно малоуспешно поддавались лечению традиционными способами – антибиотиками в сочетании с витаминными препаратами. У больных поросят также выявляли нарушение аппетита, сгорбленность позы при стоянии, увеличенный (вздутый) и отвисший живот, прогибание спины. Клинических симптомов поражения костно-суставного аппарата не выявляли. Температура тела в течение экспериментальных исследований была нормальной, у отдельных животных в начале незначительно превышая норму. В общем анализе крови поросят отмечали признаки гипохромной анемии и лимфопении. Количество эритроцитов составляло 5,85-5,97 Т/л, МСНС – 273,6-279,6 г/л, лимфоцитов – 6,54-6,87 Г/л. При биохимическом анализе плазмы крови в начале эксперимента животные обеих подгрупп имели невысокую концентрацию общего кальция ($2,14 \pm 0,11$ ммоль/л) и неорганического фосфора ($1,85 \pm 0,44$ ммоль/л) наряду с повышенной активностью щелочной фосфатазы ($349,9 \pm 20,0$ Ед/л). Для лечения животных подопытной группы поросят применяли водорастворимый препарат витамина D, для животных контрольной – масляный. К концу эксперимента у поросят подопытной группы признаки гемопоэза частично нормализовались, также возросла концентрация общего белка, общего кальция и восстановилась нормальная активность щелочной фосфатазы. Проведенные исследования позволяют утверждать, что клиническими признаками преморбидного рахита у поросят являются симптомы поражения респираторно-желудочного тракта, изменения аппетита. В цельной крови при этом устанавливают признаки гипохромной анемии и лимфопении. При биохимических исследованиях плазмы крови регистрировали снижение содержания общего кальция, неорганического фосфора и повышение активности щелочной фосфатазы. Использование для лечения поросят водорастворимой формы препарата витамина D оказалось более эффективным, чем масляной.

Kuevda N.N., Kuevda E.N., TaranT.A.

DIAGNOSIS AND TREATMENT OF PIGLETS SUBCLINICAL RICKETS

Subclinical rickets of piglets is a common pathology in modern pig breeding, the causes of which are a lack of calcium, phosphorus and vitamin D in the body of animals supplied with feed. At the beginning of experimental studies, signs of respiratory and intestinal diseases were noted in animals, which were relatively unsuccessful in treating with traditional methods – antibiotics and vitamin combination. Appetite disorders, hunched posture when standing, enlarged (swollen) and sagging abdomen, and back arching were also detected in sick piglets. No clinical symptoms of damage to the osteoarticular apparatus were detected. Body temperature was normal during the experimental studies, slightly exceeding the norm in some animals at the beginning. In a piglets CBC signs of hypochromic anemia and lymphopenia were noted. The number of RBC was $5.85-5.97 \text{ T/l}$, MCHC – $273.6-279.6 \text{ g/l}$, lymphocytes – $6.54-6.87 \text{ G/l}$. In piglets biochemical blood analysis animals of both subgroups had low concentrations of total calcium ($2.14 \pm 0.11 \text{ mmol/l}$) and inorganic phosphorus ($1.85 \pm 0.44 \text{ mmol/l}$) along with increased activity of alkaline phosphatase ($349.9 \pm 20.0 \text{ U/l}$) at the beginning of the experiment. A water-soluble vitamin D preparation was used to treat animals of the experimental group of piglets, and an oil preparation was used for control animals. By the end of the experiment, the signs of hematopoiesis in the piglets of the experimental group partially returned to normal, the concentration of total protein and total calcium also increased, and the normal activity of alkaline phosphatase was restored. The conducted studies suggest that the clinical signs of premorbid rickets in piglets are symptoms of damage to the respiratory tract and changes in appetite. In this case, signs of hypochromic anemia and lymphopenia are detected in whole blood. Biochemical studies of blood plasma recorded a decrease in the content of total calcium, inorganic phosphorus and an increase in the activity of alkaline phosphatase. The use of a water-soluble form of vitamin D preparation for the treatment of piglets proved to be more effective than an oil form.

УДК 619:616.34-002:636.7

Лизогуб М.Л., Шевляков Д. С.

РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГАСТРОЭНТЕРИТА У ПОРОСЯТ

В статье представлены результаты изучения этиологии, клинических проявлений и гематологических изменений у поросят, больных гастроэнтеритом. Целью работы являлось определение клинических, морфологических и биохимических показателей гастроэнтерита у поросят. В результате клинического обследования животных установлено наличие основного признака энтерита – поноса (у 98% обследованных животных). У больных поросят отмечалась отчетливо слышная бурная перистальтика, наблюдались признаки абдоминальной боли, живот был напряжён, подтянут, угнетения разной степени выраженности (41%), аппетит был снижен, а у некоторых животных полностью отсутствовал. У нескольких поросят наблюдалась рвота. Присутствовали признаки снижения массы тела (73%), и исхудания. Наблюдаемое пониженное значение температуры тела у 26% животных указывает на начавшиеся процессы истощения организма вследствие действия патологических факторов имеющих место при гастроэнтерите. У некоторых поросят регистрировали гипертермию. Установлено повышение референтных значений эритропоза у части исследуемых поросят (количество эритроцитов, гемоглобина и гематокритная величина вследствие гиповолемии, развивающейся из-за поноса и рвоты. Наблюдаемые мальабсорбция/мальдигестия вызывают нарушение гемопоэза, что сопровождается снижением концентрации гемоглобина и средним значением его же в эритроцитах. Незначительный лейкоцитоз отмечался у 93% в ответ на стрессовую реакцию, развивающейся в результате отъема

поросят. В результате биохимического анализа крови поросят при гастроэнтерите установлено у 13% поросят повышенное содержание общего белка ($78,9 \pm 1,22$) и у 19% альбумина ($31,2 \pm 2,3$), что является следствием дегидратации. Одновременно у 13 и 27% исследуемых животных соответственно эти показатели понижены, что указывает на нарушения усвоения питательных веществ в полости кишечника при энтерите. Содержание глюкозы у значительной части поросят было меньше референтных значений по причине мальдигестии. Концентрация электролитов в плазме у животных изменялась по характерному для гастроэнтериту характеру. Вследствие рвоты, диареи и гипорексии у значительной части животных выявляли гипокалиемию и гипохлоремию – 55 и 49% животных соответственно. Концентрация натрия была изменена у половины поросят неоднозначно – у 13% животных этот показатель был повышен, а у 42% – снижен. Повышение натрия является следствием развития гиперосмотической гидратации небольшой части клинически устойчивых поросят, а снижение – в результате дефекта транспорта ионов Na^+ , и с причинами, вызывающими снижение других электролитов (рвота, диарея и гипорексия). Результаты биохимического исследования плазмы крови в целом характерны для дегидратации, которая у большинства животных была гипотонической, а у части – гипертонической.

Lizogub M.L., Shevlyakov D. S.

RESULTS OF CLINICAL AND BIOCHEMICAL STUDIES OF PIGLETS GASTROENTERITIS

The article presents the results of studying the etiology, clinical manifestations and hematological changes in piglets with gastroenteritis. The aim of the work was to determine the clinical, morphological and biochemical parameters of gastroenteritis in piglets. A clinical examination of the animals revealed the presence of the main sign of enteritis – diarrhea (in 98% of the examined animals). In sick piglets, violent peristalsis was clearly audible, signs of abdominal pain were observed, the abdomen was tense, tightened, depression of varying severity (41%), appetite was reduced, and in some animals it was completely absent. Several piglets were vomiting. There were signs of weight loss (73%) and emaciation. The observed decreased body temperature in 26% of animals indicates the beginning of the processes of exhaustion of the body due to the action of pathological factors occurring in gastroenteritis. Hyperthermia was recorded in some piglets. An increase in the reference values of erythropoiesis was found in some of the piglets studied (the number of red blood cells, hemoglobin, and hematocrit due to hypovolemia developing due to diarrhea and vomiting). The observed malabsorption/maldigestion causes a violation of hematopoiesis, which is accompanied by a decrease in the concentration of hemoglobin and its average value in red blood cells. Minor leukocytosis was observed in 93% in response to a stress reaction developing as a result of weaning piglets. As a result of a biochemical analysis of piglet blood in gastroenteritis, 13% of piglets had an increased content of total protein (78.9 ± 1.22) and 19% of albumin (31.2 ± 2.3), which is a consequence of dehydration. At the same time, in 13 and 27% of the studied animals, respectively, these indicators are lowered, which indicates impaired absorption of nutrients in the intestinal cavity during enteritis. The glucose content in a significant part of the piglets was lower than the reference values due to maldigestion. The concentration of electrolytes in the plasma of the animals varied according to the characteristic pattern of gastroenteritis. Due to vomiting, diarrhea and hyporexia, hypokalemia and hypochloremia were detected in a significant part of the animals – 55 and 49% of the animals, respectively. The sodium concentration was changed ambiguously in half of the piglets – in 13% of the animals this indicator was increased, and in 42% it was decreased. An increase in sodium is a consequence of the development of hyperosmotic hydration of a small part of clinically stable piglets, and a decrease is a result of a defect in the transport of Na^+ ions, and with causes that cause a decrease in other electrolytes (vomiting, diarrhea, and hyporexia). The results of the biochemical study of blood plasma are generally characteristic of dehydration, which was hypotonic in most animals, and hypertensive in some.

УДК: 19:616.411-006.441

Плахотнюк Е.В., Митенкова А.А.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ДИАГНОСТИКИ ЛИМФОМЫ КОШЕК

В статье представлены результаты исследования распространённости и диагностики лимфомы у кошек в условиях ветеринарной клиники «Крымский ветеринарный центр 24 часа» (г. Симферополь) за 2023–2025 гг. Лимфома – одна из наиболее частых онкологических патологий у кошек: она составляет до 50 % всех опухолей и до 90 % опухолей кроветворной системы, с преобладанием среди самцов (соотношение 3:1 по литературным данным). В исследование вошли 36 кошек с подтверждённым диагнозом (цитологически и/или гистологически) из 2268 первичных обращений за указанный период. Применялись: общий и биохимический анализ крови, онкоцитология, гистология, ПЦР диагностика на ВИК и ВЛК, УЗИ, рентгенография и КТ. Данные обработаны статистически в Microsoft Excel с использованием критерия Стьюдента. Наиболее распространённой формой оказалась алиментарная лимфома (75 % случаев, возраст 7-13 лет). Среди пациентов преобладали самцы (61 %, соотношение самцы:самки – 1,6:1). Также выявлены грудная (8,4 %), мультицентрическая (2,8 %) и экстранодальная (13,8%) формы. Оптимальный алгоритм диагностики включает сбор анамнеза, клинический осмотр, анализы крови, визуализацию (УЗИ/РГ/КТ) и цитологию (эффективность 100 %). Гистология рекомендуется для подтверждения сомнительных результатов. Ранняя цитологическая диагностика позволяет своевременно начать химиотерапию, что критично при быстром прогрессировании болезни.

Plakhotniuk E.V., Mitenkova A.A.

MODERN ASPECTS OF DIAGNOSIS OF FELINE LYMPHOMA

The article presents the results of a study of the prevalence and diagnosis of lymphoma in cats at the Crimean Veterinary Center 24 Hours Veterinary Clinic (Simferopol) for 2023-2025. Lymphoma is one of the most common oncological pathologies in cats: it accounts for up to 50% of all tumors and up to 90% of tumors of the hematopoietic system, with a predominance among males (the ratio is 3:1 according to literature data). The study included 36 cats with a confirmed diagnosis (cytologically and/or histologically) from 2,268 initial visits during the specified period. The following methods were used: general and biochemical blood analysis, oncocytology, histology, PCR diagnostics for VIK and VLK, ultrasound, radiography and CT. The data was processed statistically in Microsoft Excel using the Student's criterion. The most common form was alimentary lymphoma (75% of cases, aged 7-13 years). Males predominated among the patients (61%, male ratio:females – 1.6:1). Thoracic (8.4%), multicentric (2.8%) and extranodal (13.8%) forms were also identified. The optimal diagnostic algorithm includes medical history collection, clinical examination, blood tests, imaging (ultrasound/RG/CT) and cytology (100% efficiency). Histology is recommended to confirm questionable results. Early cytological diagnosis allows timely initiation of chemotherapy, which is critical for the rapid progression of the disease.

Ответственный секретарь — Е.В. Горбунова
Техническое редактирование и верстка — О.Е. Дубровина
Перевод — О.А. Клиценко

Подписано в печать 24.03.2026. Формат 70х100/16. Заказ №
Усл. печ. л. 19,09. 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**