



ИЗВЕСТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ ТАВРИДЫ

**TRANSACTIONS OF TAURIDA
AGRICULTURAL SCIENCE**

№ 46 (209) 2026

№ 46 (209), 2026

№ 46 (209), 2026

Известия
сельскохозяйственной
науки Тавриды

Transactions
of Taurida Agricultural
Science

**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.

**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.

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

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

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

Коба В.П. , д-р биол. наук, профессор	Koba V.P. , Dr. Biol. Sci., Professor
Коковихин С.В. , д-р с.-х. наук, профессор	Kokovikhin S.V. , Dr. Agr. Sci., Professor
Кораблева Т.Р. , д-р ветеринар. наук, профессор	Korablieva T.R. , Dr. Vet. Sci., Professor
Лемещенко В.В. , д-р ветеринар. наук, профессор	Lemeshchenko V.V. , Dr. Vet. Sci., Professor
Лиховской В.В. , д-р с.-х. наук	Likhovskoy V.V. , Dr. Agr. Sci.
Лукьянова Г.А. , д-р ветеринар. наук, профессор	Lukianova G.A. , Dr. Vet. Sci., Professor
Мамсиров Н.И. д-р с.-х. наук, доцент	Mamsirov N.I. Dr. Agr. Sci.
Мельничук Т.Н. , д-р с.-х. наук	Melnichuk T.N. , Dr. Agr. Sci.
Паштецкий В.С. , д-р с.-х. наук, член-корреспондент РАН	Pashtetsky V.S. , Dr. Agr. Sci., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
Смыков А.В. , д-р с.-х. наук	Smykov A.V. , Dr. Agr. Sci.
Сотник А.И. , д-р с.-х. наук	Sotnik A.I. , Dr. Agr. Sci.
Сулейманов С.М. , д-р ветеринар. наук, профессор	Suleymanov S.M. , Dr. Vet. Sci., Professor
Танюкевич В.В. , д-р с.-х. наук, профессор	Tanyukevich V.V. , Dr. Agr. Sci., Professor
Щипакин М.В. , д-р ветеринар. наук, доцент	Shchipakin M.V. , Dr. Vet. Sci., Associate Professor

Содержание

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Иванченко В. И., Замета О.Г., Корниенко Б. Н., Каменева И. А., Якубовская А. И. Влияние обработки виноградных черенков подвойного сорта Берландиери х Риариа Кобер 5ББ микробными препаратами на регенерационные свойства	8
Бердникова Е. Г., Бойчук И. В., Щербина Е. В., Папакина Н. С., Бердникова А. И. Влияние систем основной обработки почвы на содержание подвижного фосфора в почве при выращивании сельскохозяйственных культур в орошаемых условиях Северного Причерноморья	21
Бараташвили З.А., Алексеенко М.А., Горгулько Т.В., Дидович С.В. Влияние бактериализации фосфатомобилизующими бактериями на бобово-ризобиальный симбиоз гороха и сои	42
Макуха О. В., Коковихин С. В. Влияние доз азотных удобрений и норм высева на фенологические и биометрические показатели растений сои в Херсонской области	52
Адамень Ф. Ф., Коковихин С. В., Сташкина А. Ф., Арсланова Л.Е. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность льна масличного в зависимости от условий увлажнения, сортового состава и удобрения	67
Салтыков А.Н., Мурзаханов А.Р., Кваша П.Г. Сосна Крымская и дуб Скальный: особенности естественного возобновления в условиях среднего пояса главной гряды Крымских гор.....	88
Сташкина А.Ф. Фито-географическое распространение рода (<i>Pistacia L.</i>) в Израиле.	100
Дударев Д.П., Тарасенко Б.А., Рогозенко А.В., Изотов А.М., Братков С.Д. Использование фотометрических методов для оценки обеспеченности посева твердой озимой пшеницы азотом в Крыму	116
Горбунова Е.В., Ильин А.В., Шаповалова М.В., Горбунов В.Р. Сравнительная продуктивность и адаптивность сортов льна масличного в условиях Предгорно-степной зоны Республики Крым	125

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Коноплев П.Г., Михайлов А.А., Ефанов Н.Н., Коломенский Д.С., Полилов А.А., Бурнаев Е.В. Стабилизация полета модели бионического микропла с дискретным управлением посредством адаптивного нелинейного контроллера	134
Горобей В.П., Старчиков С. С., Максимов Ю. А., Рыбакина О. С., Москалевич В.Ю., Скориков Н.А. Исследование и разработка конструктивных узлов подборщика-измельчителя виноградной лозы	142
Ажермачев С.Г., Высоцкая Н.Д., Бойко Б.В. Регулирование динамических воздействий и обеспечение безопасности эксплуатации агрегатов систем агропромышленных комплексов путем использования виброизоляторов	154
Машков А. М., Рутенко В. С., Завалий А. А., Лаго Л. А., Коровин В. Е., Коровина В. А. Разработка пневмосепаратора вороха орехов миндаля	163
Соболевский И.В., Соболевский В.И. Теоретическое обоснование бионически подобного ударного механизма рабочего органа стернового культиватора	172
Шовкопляс А. В. Использование бионических принципов при разработке дисковых почвообрабатывающих рабочих органов.....	182

ВЕТЕРИНАРИЯ

Куевда Е.Н., Решетова А.Р. Оценка результатов клинико-лабораторных исследований лошадиного метаболического синдрома.....	192
---	-----

Лизогуб М.Л., Собошанская Е. М., Ксенофонтова Е.С. Этиология и диагностика холелитиаза у собак	199
Саенко Н.В., Саенко П.С., Маркевич М.Э. Лечение пахово-мошоночных грыж у поросят.....	212
Кувейда Н.Н., Таран Т.А. Экспресс-оценка гидратации и ее коррекция при острой гипертермии голштинских коров.....	223
Плахотнюк Е.В., Митенкова А.А. Анализ эффективности коротких протоколов химиотерапии при лимфоме кошек	232
Лукьянова Г.А., Лукьянов М.Р. Динамика выделения инвазионных стадий <i>echinococcus granulosus</i> у собак после дегельминтизации	242
Нехайчук Е.В., Скобельская Т.П., Жирова Н.А. Клинико-патоморфологическая картина опухолей у собак	249
Сенчук И.В., Иващенко Ю.А., Глобинец А.И. Итоги диспансеризации лошадей	259
Рефераты.....	268

Contents

AGRONOMY AND FORESTRY

Ivanchenko V.I.; Zameta O.G.; Kornienko B.N.; Kameneva I.A.; Yakubovskaya A.I. The effect of microbial formulations on the regeneration properties of Berlandieri x Riparia Kober 5BB rootstock cuttings	8
Berdnikova E. G., Boychuk I. V., Shcherbina E. V., Papakina N. S., Berdnikova A. I. Influence of primary soil cultivation systems on the content of mobile phosphorus in soils when cultivating agricultural crops in irrigated conditions of the northern black Sea Region	21
Baratashvili Z. A., Alekseenko M.A., Gorgulko T.V., Didovich S.V. The effect of bacterization by phosphate-solubilizing bacteria on the bean-rhizobial symbiosis of peas and soybeans	42
Makukha O. V., Kokovikhin S. V. The effect of nitrogen fertilizer doses and seeding rates on the phenological and biometric parameters of soybean plants in the Kherson region	52
Adamen F. F., Kokovikhin S. V., Stashkina A. F., Arslanova L.E. Photosynthetic activity and productivity of oil flax depending on moisture conditions, varietal composition and fertilization	67
Saltykov A.N., Murzakhanov A.R., Kvasha P.G. Crimean pine And sessile oak: characteristics of natural reproduction in the middle belt of the glavnaya range of the Crimean mountains	88
Stashkina A.F. Phyto-geographical distribution of the genus (<i>Pistacia</i> L.) in Israel	100
Dudarev D.P., Tarasenko B.A., Rogozenko A.V., Izotov A.M., Bratkov S.D. Using photometric methods to assess the nitrogen supply of durum winter wheat sowing in Crimea	116
Gorbunova E.V., Iljin A.V., Shapovalova M.V., Gorbunov V.R. Comparative productivity and adaptability of oilseed flax varieties in the conditions of the foothill-steppe zone Republic of Crimea	125

AGRO-INDUSTRIAL ENGINEERING

Konoplev P.G., Mikhailov A.A., Efanov N.N., Kolomenskiy D.S., Polilov A.A., Burnaev E.V. Flight stabilization of a biomimetic micro-uav model with discrete control via an adaptive nonlinear controller	134
Gorobey V.P., Starchikov S. S., Maximov Yu. A., Rybakina O.S., Moskalevich V.Yu., Skorikov N.A. Research and development of design components for grapevine pick-up and crusher	142
Azhernachev S.G., Vysotskaya N.D., Boyko B.V. Regulation of dynamic effects and ensuring safe operation of units of agro-industrial complexes systems by using vibration isolators	154
Mashkov A. M., Rutenko V. S., Zavaliy A. A., Lago L. A., Korovin V. E., Korovina V. A. Development of a pneumatic separator for almond heap	163
Sobolevsky I.V., Sobolevsky V.I. Theoretical substantiation of a bionically similar impact mechanism of the working organ of a stubble cultivator	172
Shovkoplias A. V. The use of bionic principles in the development of disc tillage working bodies ...	182

VETERINARY

Kuevda E.N., Reshetova A.R. Diagnosis and treatment of equine metabolic syndrome using a clinical case example	192
Lizogub M.L., Sobeschanskaya E. M., Ksenofontova E.S. Etiology and diagnosis of cholelithiasis in dogs	199
Saenko N.V., Saenko P.S., Markevich M. E Treatment of inguinoscrotal hernias in piglets	212
Kuevda N.N., Taran T.A. Hydration's rapid assessment and its correction in holstein cows acute hyperthermia	223
Plakhotniuk E.V., Mitenkova A.A. Analysis of the efficacy of short term chemotherapy protocols for feline lymphoma	232

Lukianova G.A., Lukianov M.R. Dynamics of the shedding of infective stages of echinococcus granulosus in dogs following anthelmintic treatment	242
Nekhaychuk E.V., Skobelskaya T.P., Zhirova N.A. Clinical and pathological features of canine tumours..	249
Senchuk I.V., Ivashchenko Y.A., Globinets A.I. Results of dispanserization of horses	259
Abstracts	268

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.8.03:631.541.3:631.8

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ВИНОГРАДНЫХ ЧЕРЕНКОВ ПОДВОЙНОГО СОРТА - БЕРЛАНДИЕРИ x РИПАРИА КОБЕРА 5ББ МИКРОБНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ НА РЕГЕНЕРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

THE EFFECT OF MICROBIAL F ORMULATIONS ON THE REGENERATION PROPERTIES OF BERLANDIERI x RIPARIA KOBBER 5BB ROOTSTOCK CUTTINGS

Иванченко В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Замета О.Г., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Корниенко Б.Н., аспирант;

Каменева И.А., кандидат сельскохозяйственных наук,

Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»;

Якубовская А.И., кандидат биологических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма».

Ivanchenko V.I. Doctor of Agricultural Science, Professor;

Zameta O.G. Candidate of Agricultural Science, Associate Professor;

Kornienko B.N. PhD student;

Kameneva I.A. Candidate of Agricultural Science,

Institute «Agricultural Technology Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»;

Yakubovskaya A.I. Candidate of Biological Science, Federal State Budgetary Institution of Science «Research Institute of Agriculture of Crimea».

В статье излагаются результаты по влиянию новых микробных препаратов: Биопрофид Агро, Биопрофид Новый и Экобацил Агро, и их производный комплекс КМП на ризогенез подвойных черенков сорта винограда Берландиери x Рипариа Кобер 5ББ при выращивании корнесобственных саженцев. Оптимальный диапазон разведения нового микробного комплекса на основе полифункциональ-

The article presents the results of a study on the effects of new microbial preparations — Bioprofid Ag-ro, Bioprofid Novy, and Ecobacil Agro. and their derivative complex (KMP) on the rhizogenesis of Berlandi-eri x Riparia Kober 5BB grapevine rootstock cuttings during the production of own-rooted seedlings. The optimal dilution range for the new microbial complex, based on multifunctional microbial

ных штаммов микроорганизмов КМП 1:10 (Биопрофид Агро, Биопрофид Новый, Экобацил Агро). Данная концентрация в наибольшей степени способствует раскрытию потенциала ризогенной активности подвойного сорта винограда Берландиери x Рипариа Кобер 5 ББ на всех этапах корнеобразования и по своей эффективности сопоставимо в сравнении с традиционным химическим аналогом.

Ключевые слова: ризогенез, черенки подвойного сорта, Берландиери x Рипариа Кобер 5ББ, микробные препараты, КМП, интенсивность распускания глазков, укореняемость.

strains (KMP), was determined to be 1:10 (Bioprofid Agro, Bioprofid Novy, Ecobacil Agro). This concentration most effectively promotes the realization of the rhizogenic activity potential of the rootstock variety at all stages of root formation, showing effectiveness comparable to that of a conventional chemical analogue.

Keywords: rhizogenesis, rootstock cuttings, Berlandieri x Riparia Kober 5BB, microbial preparations, KMP, bud burst intensity, rooting capacity.

Введение. Виноградарство является одной из приоритетных отраслей агропромышленного комплекса Республики Крым. Общая площадь виноградных насаждений на начало 2026 года составляет 22,3 тыс. га, из которых 18,6 тыс. га плодоносящих. Согласно разработанной программе «Стратегия развития виноградарства и виноделия Крыма (2020–2050 гг.)» в Крыму (с г. Севастополь) площадь виноградных насаждений к 2050 г. должна возрасти до 150 тыс. га. За этот период будет заложено 130 тыс. га виноградных насаждений. Общая потребность в посадочном материале за указанный период составит 325,0 млн шт., при ежегодном производстве до 10,8 млн шт. [19].

Дальнейшее наращивание производственного потенциала в значительной степени сдерживается недостаточными объемами выпуска сертифицированного посадочного материала, ориентированного на выращивание сортов, адаптированных к почвенно-климатическим показателям региона. Это побуждает виноградарей закупать импортный посадочный материал, поставки которого ограничены внешнеэкономическими факторами. Совершенствование инфраструктуры питомниководческой базы и селекционного процесса является одним из основополагающих направлений для устойчивого развития виноградарства в Крыму [10, 17, 18, 21].

Существующая на территории Республики Крым инфраструктура питомниководческих хозяйств не позволяет в полной мере обеспечить ежегодную потребность в посадочном материале. Для дальнейшего увеличения производства посадочного материала необходимо наращивать площади маточных насаждений. При высокой агротехнике возделывания с каждого гектара маточника подвойных сортов интенсивного типа на 3–4 год получают по 100–120 тыс. шт. стандартных полуметровых черенков, а с маточника привойных сортов ин-

тенсивного типа по 150 и более тыс.шт. стандартных 6–8 глазковых черенков. Для производства 1 млншт. прививок, при тщательном соблюдении технологии выращивания лоз, нужно иметь около 10 га маточника подвойных сортов и 2–2,5 га маточника привойных сортов интенсивного типа. Таким образом, для ежегодного производства саженцев в количестве 10,8 млн шт., согласно программе «Стратегия развития ...», в Крыму должно быть около 130 га маточных насаждений подвойных сортов при 70% выходе стандартных саженцев. По информации Филиала ФГБУ «Россельхозцентр по Республике Крым» и ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» по состоянию на 01.01.2024 в Республике Крым апробированы маточники подвойных лоз на площади 55 га [15].

Интенсивныматочники подвойных сортов необходимо закладывать здоровым корнесобственным посадочным материалом. Для улучшения укореняемости подвойных сортов применяют стимуляторы роста. По данным литературных источников, использование стимуляторов роста активизируют регенерационные процессы у черенков винограда [5, 6, 20].

В виноградном питомниководстве для укоренения применяются, в основном, синтетические-стимуляторы роста, среди которых наиболее распространённый и доступный – гетероауксин. Кроме того, на сегодняшний день борьба с фитопатогенами и вредителями основываетсятакже на химических средствах. Применяемые в виноградарстве химические препараты, являются экологически и физиологически опасными веществами, которые, в последствии аккумулируются почвой, мигрируют в другие эко объекты (грунтовые воды, атмосферу и др.), поглощаются растениями из пищевых потоков экологических цепей и связей. Антропогенные воздействия увеличивают в почве концентрацию различных химических элементов, в том числе и тяжелых металлов, оказывающих негативное влияние на живые почвенные макро- и микроорганизмы [2, 3, 4].

В настоящее время разработаны высокоэффективные микробиологические препараты на основе полезных ризосферных бактерий, обладающих полифункциональным действием, которые широко применяются при выращивании полевых и овощных культур. Микроорганизмы, являющиеся основой этих биопрепаратов, тесно взаимодействуют с растениями, образуя «ассоциативный симбиоз», и способны выполнять полезные для растений ряд функций [1, 12, 14].

Микробные препараты на основе полифункциональных штаммов бактерий способны оказывать стимулирующий эффект на процессы регенерации привитых черенков винограда, кроме этого, при определенных условиях они сдерживают развитие патогенной микрофлоры во время стратификации [8, 9, 11].

Недостаточно изучено влияние микробных комплексов на процесс корнеобразования подвойных черенков винограда, а также их влияние на степень защиты от фитопатогеновво время выращивания в школке. В виноградном питомниководстве данное направление требует более досконального изучения. Одним из важных этапов будет разработка элементов технологии корнеобразовательной способности у подвойных сортов, с применением активных штам-

мов азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов.

Таким образом, оценка новых микробных препаратов наризогенез подвойного сорта винограда Берландиери х Рипариа Кобер 5ББ весьма актуальна.

Цель исследований – изучить влияние нового поколения микробных препаратов наризогенез черенков подвоя на фоне применения общепринятых в виноградарском питомниководстве способов стимулирования образования корней.

Материал и методы исследований. Исследования проводились в 2024–2025 гг. на кафедре плодовоовощеводства и виноградарства Института «Агротехнологическая академия».

Варианты опыта:

1. Без обработки стимуляторами (контроль).
2. Гетероауксин 0,02 %.
3. Комплексный микробный препарат (КМП) 1:10.
4. Биопрофид Агро 1:10.
5. Биопрофид Новый 1:10.
6. Экобацил Агро 1:10.

Микробные препараты (МП) разработаны и изготовлены в ФГБУН «НИИ-ИСХ Крыма» на основе собственных штаммов бактерий-антагонистов возбудителей грибных и бактериальных заболеваний сельскохозяйственных культур из Крымской коллекции микроорганизмов (<http://www.ckp-rf.ru/usu/507484/>) с комплексом полезных для растений свойств (азотфиксация, фосфатмобилизация, синтез физиологически активных веществ (ФАВ), активация адаптивных функций растений к стресс-факторам): Биопрофид–Агро (*Paenibacillus polymyxa* П13НК) [Патент РФ № 2838661]; Экобацил–Агро (препарат на основе штамма *Bacillus subtilis* 12501) [Патент РФ № 2764695]; штамм *Bacillus* sp. 92 – эндофит с высокой степенью ассоциативности к сельскохозяйственным культурам, условно названный Биопрофид Новый; инновационный биозащитный комплекс микробных препаратов (КМП), полученный путем механического смешивания жидких культур указанных выше трех штаммов, биосовместимых и усиливающих действие друг друга.

Гетероауксин используется для стимулирования корнеобразования саженцев и черенков плодово-ягодных культур, декоративных деревьев, кустарников, а также для обработки семян, корней рассады, луковиц и клубнелуковиц. У всех растений, обработанных этим стимулятором роста, образуется здоровая корневая система, что способствует отличному росту их надземной части, хорошей урожайности овощных и плодово-ягодных культур.

Для исследования были взяты лозы районированного подвойного сорта Берландиери х Рипариа Кобер 5ББ, нарезанные на двухглазковые черенки, заготовленные в период относительного покоя. Исследования проводились в условиях вегетационного опыта. Оценка качества подвойной лозы включала признаки: внешний вид, длина междоузлий, содержание крахмала, содержание влаги, степень вызревания [13]. Измерялся диаметр побега междоузлия в

двух перпендикулярных плоскостях и диаметр сердцевины. Затем рассчитывались общая площадь поперечного сечения побега, сердцевины и древесины. Условный коэффициент вызревания побега (K_v) определялся по отношению площади поперечного сечения древесины к общей площади сечения побега. Экспериментальным путем установлена степень вызревания побега: хорошее вызревание при K_v , равном не менее 0,90; удовлетворительное – K_v от 0,80 до 0,89 и слабое вызревание при K_v менее 0,80 [7].

Черенки контрольного варианта помещались на вымачивание в течение 24 часов. Вымачивание проводилось путем полного погружения черенков в емкость с водой. Температура воды 18°C.

Комплексный микробный препарат КМП получали путем механического смешивания в пропорции 1:1 (базовая концентрация). Приготовление водной суспензии комплексного микробного препарата КМП 1:10 путем разбавления дистиллированной водой до концентрации 1:10. Инокуляция черенков проводилась путем кратковременного погружения пяток базальной части черенка в приготовленный раствор на 2–3 мин.

Комплексный микробный препарат (КМП) включал в себя Биопрофид Агро, Биопрофид Новый и Экобацил Агро.

Обработка черенков 0,02 % раствором гетероауксина осуществляли погружением пяток в раствор на 20 часов.

Инокуляция черенков проводилась путем кратковременного (на 2–3 мин) погружения пяток базальной части черенка в приготовленную суспензию МП в дистиллированной воде 1:10.

Каждый вариант включал 30 черенков (три повторности по 10 шт.). Черенки связывались в пучки по повторностям и вариантам и устанавливали в стеклянные цилиндры емкостью 5 литров со слоем воды 5 см. Сосуды с черенками находились в помещении температурой воздуха +23...+24°C.

Измерения и учёты по степени ингибирования глазков проводили на

21-й день, процент укорененных черенков на 35-й день, биометрические показатели укорененных черенков через 50 дней после начала опыта.

Статистическую обработку данных проводили по общепринятым методикам [7].

Результаты исследований. Успех производства посадочного материала во многом будет зависеть от качества выращенной подвойной лозы и технологически правильного хранения черенкового материала после срезки. При длительном хранении черенков наблюдается потеря влаги за счет протекания биологических процессов, в частности дыхания и испарения влаги через надрезы. Поэтому одной из задач технолога перед началом кампании по размножению корнесобственных саженцев является обеспечение необходимой влажности черенкового материала. При утрате черенками надлежащей физиологической влажности (менее 45 %) значительно понижается их способность к укоренению, наблюдается запаздывание в наступлении вегетации, слабый рост и пониженный выход саженцев из школки [16].

Нами была проведена оценка качественных показателей черенков подвойного сорта Берландиери х Рипариа Кобер 5ББ (табл. 1).

По данным наших исследований влажность черенков составляла 50,6 %. Одним из главных визуальных способов определения степени вызревания побегов является установление отношения диаметра древесины и коры к диаметру сердцевины на поперечном срезе по середине междоузлия между плоской и желобчатой сторонами. Обычно у нормально вызревших побегов толщина древесины и коры должна быть в два раза больше сердцевины. Коэффициент соотношения древесины к сердцевине составил 2,9. Длина междоузлия является одним из сортовых признаков и дает представление об условиях развития маточных кустов в период вегетации.

Таблица 1. Качественные показатели подвойной лозы

Год	Длина междоузлия, см	Диаметр лозы, мм	Кв коэффициент вызревания	Отношение древесины к сердцевине	Содержание влаги, %
2024	18,1	7,44,	0,86	2,7	50,6
2025	16,7	8,85	0,93	3,1	50,8
Среднее	17,4	8,14	0,90	2,9	50,7

В то же время, этот показатель, может служить индикатором проявления вирусных заболеваний (короткоузлие). В среднем за два года длина междоузлия составила 17,4 см, что соответствует нормальному междоузлию для сорта Берландиери х Рипариа Кобер 5ББ, а данные партии черенков не имеет вирусных заболеваний. По количеству узлов, приходящихся на черенке длиной 43 см, изучаемый подвойный сорт имел показатель 3,07. Полученные данные демонстрируют хорошую степень развития и вызревания лозы, что может свидетельствовать о правильном агротехнологическом уходе за маточными насаждениями.

Проведенный анализ по оценке влияния доли черенков с распутившимися глазками показал, что в среднем за два года исследований наибольший процент распутившихся глазков был отмечен в контрольном варианте без применения стимуляторов 78,4 % (табл. 2). При этом в 2024 г. выход черенков с распутившимися глазками составил 70,0 %, тогда как в 2025 г. этот показатель увеличился на 16,7% и достиг уровня 86,7%. Такие различия по годам исследований можно объяснить сложившимися климатическими условиями. За вегетационный период 2023 г. сумма активных температур составила 4368,4°C, при выпавших осадках в количестве 394 мм, из которых 107 мм приходилось на сентябрь и октябрь. В этот период затухают ростовые процессы и активно протекает вызревание лозы. Чрезмерное количество выпавших за этот период осадков не способствовало хорошему вызреванию лозы, что и сказалось на более удлиненных междоузлиях, с меньшим диаметром лозы.

Проведенная оценка стимуляторов роста химического и биологического происхождения показала, что все они оказывают определенное влияние на

состояние глазков черенка. Вымачивание черенкового материала в течение 24 часов в Гетероауксине с концентрацией 0,02% оказало ингибирующее воздействие на процесс пробуждения глазков. Выход черенков с проросшими глазками по годам составил 53,7 %–73,3% при среднем показателе 63,5%, что значительно ниже, чем в контрольном варианте.

Таблица 2. Влияние стимуляторов роста на интенсивность распускания глазков

№	Вариант	Черенки с распустившимися глазками, %		
		2024 г.	2025 г.	Ср. многолетние
1	Без обработки (к)	70,0	86,7	78,4
2	Гетероауксин 0,02%	53,7	73,3	63,5
3	КМП (1:10)	56,3	66,7	61,5
4	Биопротид Агро (1:10)	62,8	80,3	71,6
5	Биопротид Новый (1:10)	64,7	80,0	72,4
6	Экобацил Агро (1:10)	58,7	69,3	64,0
НСР ₀₅		4,50	4,95	5,47

Разница между контрольным вариантом и Гетероауксином 0,02% по годам исследований составляла 16,3% -13,4 % и в среднем за два года 14,9 %.

Комплексный микробный препарат (КМП) показал наиболее высокую эффективность по сдерживанию развития глазков, эффект сдерживания составил 61,5%, что на 16,9% выше контрольного варианта. По эффективности КМП 1:10 превышает Гетероауксин 0,02 % на 2,0 %, что свидетельствует о том, что они близки между собой и не имеют существенных различий при НСР₀₅ равной 5,47. При оценке воздействия каждого из компонентов КМП 1:10 вариант Экобацил Агро 1:10 имел наиболее высокий показатель 64,0% и по значимости был на 2,5% ниже варианта КМП 1:10. Варианты Биопротид Агро 1:10 и Биопротид Новый 1:10 также способствуют сдерживанию распускания глазков в сравнении с контролем на 6,8–6,0 % соответственно. Однако по эффективности уступали КМП 1:10.

Одним из основных факторов, оценивающих степень ризогенеза черенкового материала, предназначенного для выращивания корнесобственных саженцев, является степень их укореняемости. Все изучаемые стимуляторы роста способствуют увеличению укореняемости черенкового материала (табл.3).

В контрольном варианте, без обработки стимуляторами, укореняемость составила в среднем 28,4%, при этом, как и в предыдущем опыте, результаты 2025 г. были значительно выше, чем в 2024 г.

Оценивая влияние изучаемых стимуляторов роста на укореняемость, в сравнении с контролем, было установлено, что процент укорененных черенков был выше. Наибольший эффект был получен при применении КМП 1:10, где доля укорененных черенков составил 54,5%, что выше контрольных показателей практически в 2 раза. Применение синтетического препарата Гетероаукси-

на 0,02%, так-же способствовало значительному наращиванию корневой системы – 48,4%, в сравнении с контролем этот показатель был в 1,7 раза выше, но на 6,1 % ниже, чем в варианте с КМП 1:10.

Таблица 3. Влияние стимуляторов роста на укореняемость черенков подвойного сорта, %

№	Вариант	Укореняемость, %		
		2024 г.	2025 г.	Ср. многолетние
1	Без обработки (к)	20,0	36,7	28,4
2	Гетероауксин 0,02%	40,0	56,7	48,4
3	КМП (1:10)	48,0	61,0	54,5
4	Биопротид Агро (1:10)	40,0	36,7	38,4
5	Биопротид Новый (1:10)	43,3	40,0	41,7
6	Экобацил Агро (1:10)	36,7	46,7	41,7
НСР ₀₅		7,34	4,30	9,42

Микробные биостимуляторы Биопротид Агро 1:10, Биопротид Новый 1:10 и Экобацил Агро 1:10 оказывают стимулирующее действие на укореняемость черенков и имеют существенные различия в сравнении с контролем, где разница составила от 10,0 до 13,3% соответственно.

Развитие мощной корневой системы у подвойных черенков обеспечивает хорошую приживаемость и повышенную сортность саженцев при высадке в школку открытого грунта. В наших исследованиях важной задачей было влияние ростовых препаратов на корнеобразование. Проведенные исследования показали следующие результаты (табл.4).

Таблица 4. Влияние стимуляторов роста на ростовые процессы

№	Вариант	Средние показатели на один черенок		
		масса корней, г	длина корней, мм	масса побегов, г
1	Без обработки (к)	0,01	11	0,15
2	Гетероауксин 0,02 %	0,04	53	0,71
3	КМП (1:10)	0,04	54	0,82
4	Биопротид Агро ((1:10)	0,02	20	0,31
5	Биопротид Новый (1:10)	0,02	21	0,58
6	Экобацил Агро (1:10)	0,02	19	0,48

Стимуляторы роста способствовали наращиванию длины корневой системы черенков. В контрольном варианте общая длина корней составляла 11 мм. Тогда как, при обработке стимуляторами роста, эти показатели были значительно выше. Обработка Гетероауксином 0,02% способствовала увеличению длины корней в 4,9 раза и составляла 53 мм. Близкие результаты были получены и по варианту КМП 1:10 – 54 мм. Микробные препараты Биопротид Агро 1:10,

Биопротид Новый 1:10 и Экобацил Агро 1:10, так же оказывали положительное воздействие на развитие корневой системы черенков, а их эффективность превышала показатели контрольного варианта на 8-10 мм.

Развитая корневая система способствует более интенсивному росту побегов. Наибольший прирост вегетативной массы был получен в вариантах с обработкой Гетероауксином 0,02% и комплексным микробным препаратом.

Выводы. Естественной способностью черенков винограда являются развитие глазков, образование зачатков корней, а увеличение их числа в значительной степени зависит от условий года, предшествующему укоренению.

Обработка черенков стимуляторами роста, не зависимо от их природы (синтетической или биологической), оказывает положительное влияние на криогенез черенков подвойного сорта Берландиери х Рипариа Кобер 5ББ.

КМП показал высокую эффективность по ингибированию развития глазков – 61,5% (на 16,9% выше контроля) и был близок к варианту с Гетероауксином 0,02% (разница составила 2,0 %).

Анализ полученных данных показал, что комплексный микробный препарат (КМП) не уступает по эффективности Гетероауксину 0,02%, стандартно применяемому в питомниководстве, и его можно рекомендовать широкому производственному испытанию в прививочных комплексах и виноградных питомниках юга России для стимуляции ризогенеза черенков винограда.

Эффект корнеобразования под воздействием комплексного микробного препарата (КМП) на подвойном сорте винограда согласуется с данными на других культурах. Увеличение объемов их использования позволит снизить долю химических препаратов в процессе выращивания высококачественного посадочного материала.

Список использованных источников:

1. Азотфиксирующие и фосфатомобилизующие бактерии для стимуляции роста сельскохозяйственных культур / З. М. Алешенкова, Г. В. Сафронова, Н. В. Мельникова [и др.] // Вестник Башкирского университета. – 2015. – Т. 20, № 1. – С. 82–86.
2. Белков, А. С. Активизация процесса биотрансформации органических фунгицидов триазольной группы в почве обогащенной биоматериалом / А. С. Белков // Виноделие и виноградарство. – 2021. – № 1. – С. 10–13.
3. Воробьева, Т. Н. Влияние супрессивности почвы амеллоценозов на деток-

References:

1. Nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria for stimulating the growth of agricultural crops/Aleshchenkova, Z. M., Safronova, G. V., Melnikova, N. V., et al.//Bulletin of Bashkir University, 20(1), 82–86,2015.
2. Belkov, A. S. Activation of the biotransformation process of organic fungicides of the triazole group in soil enriched with biomaterial. //Winemaking and Viticulture, (1), 10–13, 2021.
3. Vorobyeva, T. N. Soil suppressiveness of ampelocenosis and its effect on tebuconazole detoxification /M.E. Podgornaya, A.S. Belkov// Fruit

сикацию тебунако-зола / Т. Н. Воробьева, М. Е. Подгорная, А. С. Белков // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2019. – № 57 (3). – С. 125–137. – URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/19/03/10.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-125-137 (дата обращения: 03.09.2019). – DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-125-137. – Текст : электронный.

4. Воробьева, Т. Н. Токсичные остатки органических фунгицидов в антропогенно-трансформируемой почве ампелоценозов / Т. Н. Воробьева, М. Е. Подгорная // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2018. – № 52 (4). – С. 68–74. – URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/18/04/08.pdf>. – Текст : электронный.

5. Габибова, Е. Н. Агробиологическая оценка различных способов выращивания корнесобственных саженцев винограда / Е. Н. Габибова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2021. – № 68 (2). – С. 116–129. – DOI 10.30679/2219-5335-2021-2-68-116-129. – Текст : электронный.

6. Дерендовская, А. И. Применение стимуляторов роста в практике виноградного питомнико-водства / А. И. Дерендовская, Е. А. Морошан // Виноделие и виноградарство. 2014. – № 2. – С. 16–17.

7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

8. Иванченко, В. И. Влияние микробных препаратов на ризогенез подвойного сорта винограда Берландиери х Рипариа Кобер 566 / В. И. Иванченко, А. И. Якубовская, А. Ю. Зотиков // Виноградарство и виноделие. – 2019. – Т. 48. – С. 28–29.

9. Иванченко, В. И. Комплексное влия-

Growing and Viticulture of the South of Russia, 57(3), 125–137, 2019. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/19/03/10.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-125-137.

4. Vorobyeva T. N. Toxic residues of organic fungicides in anthropogenically transformed soils of ampelocenoses / T. N. Vorobyeva, M. E. Podgornaya // Fruit Growing and Viticulture of the South of Russia, 52(4), 68–74, 2018. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/18/04/08.pdf>

5. Gabibova, E. N. Agrobiological assessment of different methods for growing own-rooted grapevine seedlings // Fruit Growing and Viticulture of the South of Russia, 68(2), 116–129, 2021. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-2-68-116-129.

6. Derendovskaya A. I. Application of growth stimulators in grape nursery practice / A. I. Derendovskaya, E. A. Moroshan // Winemaking and Viticulture, 2, 16–17, 2014.

7. Dospekhov B. A. Methods of Field Experimentation (with Fundamentals of Statistical Data Processing) / B. A. Dospekhov // 5th ed., revised and expanded. Moscow: Agropromizdat, 351 p., 1985.

8. Ivanchenko, V. I. Effect of microbial preparations on rhizogenesis of the grape rootstock variety Berlandieri × Riparia Kober 5BB / V. I. Ivanchenko, A. I. Yakubovskaya, A. Yu. Zotikov // Viticulture and Winemaking. – 2019. – Vol. 48. – P. 28–29.

9. Ivanchenko, V. I. Combined effect of new microbial preparations on the development of grafted grape cuttings during open stratification / V. I. Ivanchenko, A. Yu. Zotikov // Viticulture and Winemaking. – 2020. – Vol. 49. – P. 157–160.

10. Which grape varieties are suitable for cultivation in Crimea // Agronomist Expert: [website]. — URL: <https://agronomist-expert.ru/>

ние новых микробных препаратов на развитие привитых черенков винограда во время открытой стратификации / В. И. Иванченко, А. Ю. Зотиков // Виноградарство и виноделие. – 2020. – Т. 49. – С. 157–160.

10. Какие сорта винограда подходят для Крыма // Агроном. Эксперт: [сайт]. — URL: <https://agronom.expert/posadka/sad/kustarniki/vinograd/sorta-dlya-kryma.html>.

11. Клименко, О. Е. Воздействие микробных препаратов на рост и развитие плодовых саженцев / О. Е. Клименко, Н. И. Клименко, И. А. Каменева // Генетическая интеграция прокариот и эукариот: фундаментальные исследования и современные агротехнологии : труды международной конференции. – Санкт-Петербург : НЦ РАН, 2015. – С. 79.

12. Максимов, И. В. Стимулирующие рост растений бактерии в регуляции устойчивости растений к стрессовым факторам / И. В. Максимов, С. В. Веселова, Т. В. Нужная [и др.] // Физиология растений. – 2015. – Т. 62, № 6. – С. 763–775.

13. Матузок, Н. В. К методике определения вызревания побегов у винограда / Н. В. Матузок // Совершенствование сортамента, производство посадочного материала и винограда : сборник научных трудов / КГАУ. – Краснодар, 2002. – Вып. 394 (422). – С. 158–160.

14. Мельничук, Т. Н. Биохимические аспекты взаимодействия ризобактерий и растений / Т. Н. Мельничук, Т. Ю. Пархоменко, А. А. Лолойко, И. А. Каменева // Universum. Химия и биология: электронный научный журнал. – 2014. – № 7. – URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/1429>. – Текст : электронный.

15. Министерство сельского хозяйства Республики Крым. Статистические данные. – URL: <https://msh.rk.gov.ru/>

[expert/posadka/sad/kustarniki/vinograd/sorta-dlya-kryma.html](https://msh.rk.gov.ru/expert/posadka/sad/kustarniki/vinograd/sorta-dlya-kryma.html).

11. Klimenko, O. E. Effect of microbial preparations on the growth and development of fruit seedlings / O. E. Klimenko, N. I. Klimenko, I. A. Kameneva // Genetic Integration of Prokaryotes and Eukaryotes: Fundamental Research and Modern Agrotechnologies: proceedings of the international conference. – Saint Petersburg: Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2015. – P. 79.

12. Maksimov, I. V. Plant growth-promoting bacteria in the regulation of plant resistance to stress factors / I. V. Maksimov, S. V. Veselova, T. V. Nuzhnaya [et al.] // Plant Physiology. – 2015. – Vol. 62, No. 6. – P. 763–775.

13. Matuzok, N. V. On the methodology for determining shoot maturation in grapevines / N. V. Matuzok // Improvement of Varietal Composition, Production of Planting Material and Grapes: collection of scientific papers / Kuban State Agrarian University. – Krasnodar, 2002. – Issue 394 (422). – P. 158–160.

14. Melnichuk, T. N. Biochemical aspects of interaction between rhizobacteria and plants / T. N. Melnichuk, T. Yu. Parkhomenko, A. A. Loloyko, I. A. Kameneva // Universum. Chemistry and Biology: electronic scientific journal. – 2014. – No. 7. – URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/1429>. – Text: electronic resource.

15. Ministry of Agriculture of the Republic of Crimea. Statistical data. – URL: <https://msh.rk.gov.ru/documents/d7244938-7b9b-46db-ba0d-f4718c007f05>. – Text: electronic resource.

16. Manual for quality control of grape planting material. – Chisinau:

documents/d7244938-7b9b-46db-ba0d-f4718c007f05. – Текст : электронный.

16. Пособие по контролю за качеством виноградного посадочного материала. – Кишинев : Картия Молдовеняскэ, 1974. – 71 с.

17. Рюмшин, А. В. Состояние виноградно-винодельческой отрасли Республики Крым 2014–2020 гг. / А. В. Рюмшин, В. И. Иванченко, А. Н. Булава // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2021. – № 23 (2). – С. 110–114.

18. Свиридова, А. Д. Перспективы отечественного виноградарства (на примере Ростовской области и Республики Крым) / А. Д. Свиридова, А. И. Власов // Экономика и экология территориальных образований. – 2021. – Т. 5, № 3. – С. 74–86. – DOI 10.23947/2413-1474-2021-5-3-74-86. – Текст : электронный.

19. Стратегия развития виноградарства и виноделия Крыма (2020–2050 гг.): [сайт] / ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН». — URL: <http://magarach-institut.ru/wp-content/uploads/2020/09/strategiya-razvitiya-vinogradarstva-i-vinodeliya-kryma-5-4-fevralya-2020-tikhievina.pdf> (дата обращения: 17.06.2025). – Текст : электронный.

20. Хреновсков, Э. И. Пути повышения выхода и улучшения качества привиты саженцев винограда при выращивании в школке / Э. И. Хреновсков // Виноград и вино России. – 2014. – № 1. – С. 25–26.

21. Шутаева, Е. А. Современное состояние и перспективы развития виноградарства в Республике Крым: факторы роста и вызовы отрасли / Е. А. Шутаева, В. В. Побирченко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – 2025. – Т. 11, № 2. – С. 75–90.

Kartya Moldovenyaske, 1974. – 71 p.

17. Ryumshin, A. V. State of the grape and wine industry of the Republic of Crimea in 2014–2020 / A. V. Ryumshin, V. I. Ivanchenko, A. N. Bulava // *Magarach. Viticulture and Winemaking*. – 2021. – No. 23 (2). – P. 110–114.

18. Sviridova, A. D. Prospects of domestic viticulture (on the example of the Rostov region and the Republic of Crimea) / A. D. Sviridova, A. I. Vlasov // *Economics and Ecology of Territorial Formations*. – 2021. – Vol. 5, No. 3. – P. 74–86. – DOI: 10.23947/2413-1474-2021-5-3-74-86. – Text: electronic resource.

19. Strategy for the development of viticulture and winemaking in Crimea (2020–2050): [website] / All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the Russian Academy of Sciences. — URL: <http://magarach-institut.ru/wp-content/uploads/2020/09/strategiya-razvitiya-vinogradarstva-i-vinodeliya-kryma-5-4-fevralya-2020-tikhievina.pdf> (accessed: 17.06.2025). – Text: electronic resource.

20. Khrenovskov, E. I. Ways to increase yield and improve the quality of grafted grape seedlings in a nursery / E. I. Khrenovskov // *Grapes and Wine of Russia*. – 2014. – No. 1. – P. 25–26.

21. Shutaeva, E. A. Current state and prospects for the development of viticulture in the Republic of Crimea: growth factors and industry challenges / E. A. Shutaeva, V. V. Pobirchenko // *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*. – 2025. – Vol. 11, No. 2. – P. 75–90.

Сведения об авторах:

Иванченко Вячеслав Иосифович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры плодовоовощеводства и виноградарства Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, e-mail: magarach.iv@mail.ru.

Замета Олег Григорьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой плодовоовощеводства и виноградарства Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное.

Корниенко Богдан Николаевич – аспирант кафедры плодовоовощеводства и виноградарства Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное.

Каменева Ирина Алексеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295453, РФ, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: irina.kameneva.7@yandex.ru

Якубовская Алла Ивановна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295453, РФ, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: yakubovskaya_alla@mail.ru

Information about the authors:

Ivanchenko Vyacheslav Iosifovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Horticulture and Viticulture, Institute «Academy of Life and Environmental Sciences» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: magarach.iv@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Zameta Oleg Grigorievich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Horticulture and Viticulture, Institute «Academy of Life and Environmental Sciences» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: zameta_oleg@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Kornienko Bogdan Nikolaevich – PhD student, Institute «Academy of Life and Environmental Sciences» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: bogdan.kor2414@yandex.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Kameneva Irina Alekseevna – Candidate of Agricultural Science, Senior Research Fellow, Federal State Budgetary Institution of Science «Research Institute of Agriculture of Crimea», e-mail: irina.kameneva.7@yandex.ru, 295453, Republic of Crimea, Simferopol, 150 Kievskaya St.

Yakubovskaya Alla Ivanovna – Candidate of Biological Science, Senior Research Fellow, Federal State Budgetary Institution of Science «Research Institute of Agriculture of Crimea», e-mail: yakubovskaya_alla@mail.ru, 295453, Republic of Crimea, Simferopol, 150 Kievskaya St.

УДК 631.416.1:631.51:631.67(477.7)

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ
ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ
ПОЧВЫ НА СОДЕРЖАНИЕ
ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В
ПОЧВЕ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
КУЛЬТУР В ОРОШАЕМЫХ
УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО
ПРИЧЕРНОМОРЬЯ**

Бердникова Е. Г., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Бойчук И. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Щербина Е. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Папакина Н. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Бердникова А. И., преподаватель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Херсонский государственный педагогический университет»

В статье отображены результаты исследований, которые были направлены на установление динамики содержания подвижного фосфора в зависимости от дифференциации системы основной обработки почвы и доз азотного удобрения (на фоне применения фосфорных удобрений) на полях короткоротационного зерно-пропашного орошаемого севооборота в условиях Северного Причерноморья. Доказано, что исследуемые показатели (система основной обработки почвы и удобрения) в разной степени влияют на динамику показателей содержания подвижного

**INFLUENCE OF PRIMARY
SOIL CULTIVATION SYSTEMS ON
THE CONTENT
OF MOBILE PHOSPHORUS IN
SOILS WHEN CULTIVATING
AGRICULTURAL CROPS IN
IRRIGATED CONDITIONS OF
THE NORTHERN BLACK SEA
REGION**

Berdnikova E. G., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

Boychuk I. V., PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor;

Shcherbina E. V., PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor;

Papakina N. S., PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor;

Berdnikova A. I., Lecturer, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kherson State Pedagogical University"

This article presents the results of research aimed at determining the dynamics of available phosphorus content depending on the differentiation of primary tillage systems and nitrogen fertilizer rates (compared to the application of phosphorus fertilizers) in fields of a short-rotation grain-row crop irrigated crop rotation in the Northern Black Sea region. It was demonstrated that the studied parameters (primary tillage system and fertilizers) have varying degrees of influence on the dynamics of available phosphorus content in fields with winter wheat,

фосфора на полях с озимой пшеницей, озимым ячменем, кукурузой и соей в севообороте. Применение различных подходов к изменению глубины и способа обработки почвы в начале вегетационного периода оказало значительное влияние на доступность фосфора для культур орошаемого севооборота. Максимальную эффективную обеспечила дифференцированная система обработки почвы, которая обеспечила наивысшее содержание исследуемого показателя в начале вегетации – от 70,1 до 71,8 мг/кг почвы, кроме того этот показатель варьировал в зависимости от используемых схем внесения азотно-фосфорных удобрений. Так, использование удобрений в дозе $N_{105}P_{40}$ привело к увеличению содержания подвижного фосфора до 63,3–74,4 мг/кг почвы, что в среднем на 1,9% превышало показатели, полученные только за счет применения дифференцированной обработки почвы. Однако, дальнейшее увеличение дозы азота до N_{120} (на фоне применения 40 кг д.в./га фосфора) не оказало существенного влияния на содержание доступного фосфора в почве, что указывает на более высокую лимитирующую роль фосфора по сравнению с другими макроэлементами. Использование сидеральных культур показало существенный положительный эффект на содержание подвижного фосфора как в начале, так и в конце вегетационного периода. Следует подчеркнуть, что в начале вегетации, при одинаковом фоне внесения удобрений ($N_{120}P_{40}$), применение сидератов позволило увеличить содержание подвижного фосфора в среднем на 8,4% по всему севообороту, которые возросли до

winter barley, corn, and soybeans in the crop rotation. The use of various approaches to changing the depth and method of soil tillage at the beginning of the growing season significantly influenced phosphorus availability for crops in the irrigated crop rotation. The differentiated tillage system demonstrated maximum effectiveness, delivering the highest levels of the studied parameter at the beginning of the growing season—from 70.1 to 71.8 mg/kg of soil. Furthermore, this parameter varied depending on the nitrogen-phosphorus fertilizer application schedules used. Thus, the application of fertilizers at a dose of $N_{105}P_{40}$ led to an increase in the content of available phosphorus to 63.3–74.4 mg/kg of soil, which was, on average, 1.9% higher than the values obtained with differentiated tillage alone. However, a further increase in the nitrogen dose to N_{120} (with the application of 40 kg active ingredient/ha of phosphorus) did not significantly affect the content of available phosphorus in the soil, indicating a higher limiting role of phosphorus compared to other macronutrients. The use of green manure crops showed a significant positive effect on the content of available phosphorus both at the beginning and at the end of the growing season. It should be emphasized that at the beginning of the growing season, with the same fertilizer application rate ($N_{120}P_{40}$), the use of green manure crops increased available phosphorus content by an average of 8.4% across the entire crop rotation, reaching 62.1–65.7 mg/kg of soil, depending on the tillage system used. By the end of the growing season, the benefit

62,1-65,7 мг/кг почвы в зависимости от применяемой системы обработки почвы. В конце вегетации, преимущество от использования сидеральных культур стало еще более заметным. Так, содержание подвижного фосфора на вариантах с сидератом было в среднем на 6,5% выше, чем на вариантах без их применения. Это свидетельствует о том, что сидераты не только способствуют увеличению доступности фосфора в начале вегетации, но и поддерживают его высокий уровень на протяжении всего периода роста культур. Таким образом, результаты исследования подчеркивают важность комплексного подхода к управлению системой удобрения разных по биологическим особенностям и требованиям озимых и яровых культур с учетом сильного влияния искусственного увлажнения, включающего дифференцированную обработку почвы, сбалансированное внесение азотно-фосфорных удобрений и, особенно, использование сидеральных культур для повышения эффективности всех агресурсов, особенно удобрений и орошения.

Ключевые слова: севооборот, орошение, сидерат, удобрения, озимая пшеница, озимый ячмень, кукуруза, соя, подвижный фосфор.

of using green manure crops became even more pronounced. Available phosphorus content in the variants with green manure was, on average, 6.5% higher than in the variants without it. This indicates that green manure crops not only increase phosphorus availability at the beginning of the growing season but also maintain its high level throughout the entire crop growth period. Thus, the results of the study highlight the importance of an integrated approach to managing the fertilization system of winter and spring crops with different biological characteristics and requirements, taking into account the strong influence of artificial moisture, including differentiated soil cultivation, balanced application of nitrogen-phosphorus fertilizers and, especially, the use of green manure crops to increase the efficiency of all agricultural resources, especially fertilizers and irrigation.

Keywords: crop rotation, irrigation, green manure, fertilizers, winter wheat, winter barley, corn, soybeans, available phosphorus.

Введение. Нормирование агресурсов для достижения экономически и экологически целесообразных уровней урожайности с.-х. культур обеспечивает сохранение плодородия почвы, что требует полного обеспечения растений элементами питания. Эффективность применения удобрений зависит от систем основной обработки почвы, а также соотношения содержания макро-, мезо- и микроэлементов питания в почве. Также важную роль играют почвенные микроорганизмы, особенно азотфиксирующие и фосфатмобилизующие, включение в севообороты бобовых культур и применение сидератов. Современные системы орошаемого земледелия должны функционировать при полном их на-

учно-практическом обосновании и оперативном управлении с использованием цифровых технологий и учетом уникальных особенностей природно-ресурсного потенциала каждого хозяйства [1, 2, 3, 4, 5].

В условиях растущего экологического давления, вопросы рационального использования ресурсов и защиты агрофитоценозов при возделывании разных по биологическим параметрам и генетическому потенциалу культур на орошаемых землях играет важную роль. В условиях нарастающих климатических изменений, обеспечение продовольственной безопасности и устойчивого развития сельского хозяйства в России требует комплексного подхода к решению задач оптимизации агротехнологий. Главным элементом этого подхода является переход к передовым системам адаптивного земледелия, основанным на глубоких научных знаниях и учитывающих специфику изменяющегося климата. Эти системы должны быть направлены не только на максимизацию урожайности, но и на обеспечение экологической устойчивости агроэкосистем. Важно внедрять практики, способствующие поддержанию и повышению плодородия почв, включая рациональное использование органических и минеральных удобрений, севообороты и другие агротехнические приемы. Особое внимание следует уделять защите почв от деградации, вызванной ветровой и водной эрозией, особенно на орошаемых землях, где риск эрозионных процессов возрастает. Использование таких систем земледелия позволит не только адаптироваться к новым климатическим реалиям, но и смягчить негативное воздействие сельского хозяйства на окружающую среду, обеспечивая долгосрочную продуктивность и устойчивость аграрного сектора. Это подразумевает применение точных технологий, мониторинг состояния почв и растений, а также разработку и внедрение инновационных агротехнических решений, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям. Достижение этих целей возможно только при условии минимизации затрат, как экономических, так и энергетических, поэтому актуальное значение имеет совершенствование существующих и разработка новых, экономически и энергетически эффективных методов обработки почвы и систем удобрений, адаптированных к условиям короткоротационных севооборотов на орошаемых землях [6, 7, 8, 9, 10].

Почвы с высоким содержанием гумуса богаты органическими формами азота и другими элементами питания растений. При примитивных системах земледелия формирование урожая происходило за счет элементов питания почвы и не компенсировалось внесением органических и минеральных удобрений и посевом сельскохозяйственных культур, которые бы обогащали почву элементами питания и улучшали его мелиоративное состояние. Это приводило к быстрому истощению запасов элементов питания почвы, ухудшению строения почвенного профиля и значительной потере потенциального плодородия. В современной аграрной науке значительное внимание уделяется влиянию систем основного возделывания почвы на режим питания растений [11, 12, 13, 14]. Установлено, что обработка почвы и дозы внесения минеральных

удобрений влияют на содержание и распределение элементов питания в обрабатываемом слое. Однако неоднозначные данные научных разработок учёных имеют место в данном вопросе. Объясняется это разнотипностью почв, содержанием в них тяжело связанных форм азота, фосфора и калия, имеющих важное значение в орошаемом земледелии [15, 16, 17, 18, 19].

Многолетние исследования, направленные на оптимизацию энергосберегающих технологий и глубины основной обработки почвы при выращивании озимой пшеницы, озимого ячменя, кукурузы и сои в орошаемых районах Северного Причерноморья, выявили тесную взаимосвязь между агротехническими приемами и плодородием почвы. В частности, установлено, что различные системы основной обработки почвы в сочетании с разными дозами и способами внесения удобрений оказывают значительное влияние на физико-водные свойства почвы, процессы накопления и перераспределения влаги и питательных веществ. Эти факторы, в свою очередь, приводят к формированию неоднородного содержания доступных для растений форм основных элементов питания в почвенном профиле. В результате, наблюдается существенная дифференциация в урожайности рассматриваемых сельскохозяйственных культур и общей продуктивности севооборотов, что подчеркивает важность учета почвенно-климатических условий и оптимизации агротехнологий для достижения максимальной эффективности земледелия в регионе. [20, 21, 22, 23, 24].

Фосфору, наряду с азотом и калием, принадлежит важная роль в формировании и повышении урожайности с.-х. культур. Этот макроэлемент питания принимает основное участие во многих физиологических процессах растений, непосредственно влияя на рост, развитие, продуктивность, а также экономическую эффективность агротехнологий, особенно в условиях орошения выступая как главный фактор интенсификации. Недостаток фосфора проявляется быстро в виде красновато-фиолетовой (антоциановой) окраски листьев, что вызвано нарушением обмена веществ в растениях и нарушением фотосинтеза, из-за чего растения прекращают рост, начинается истончение стеблей, корневая система практически прекращает снабжение надземной части влагой и питательными веществами. Фосфор в почве присутствует в различных формах, но растения могут усваивать его только в виде двух ионов – дигидрофосфат и гидрофосфат, однако, его доступность для растений зависит от pH почвы, содержания в ней органических веществ, температуры, влагообеспеченности и наличия других ионов (например, кальция, железа, алюминия и др.). В кислых почвах фосфор может фиксироваться и переходить в недоступные формы, образуя соединения с железом и алюминием, а в щелочных почвах – с кальцием, оптимальной pH для усвоения фосфора является диапазон 6,0-7,0. Фосфор необходим для образования хлорофилла, хотя и не входит в его молекулу напрямую, но участвует в процессах, обеспечивающих образование и функционирование хлоропластов (органелл), где происходит фотосинтез. Также фосфор важен для фиксации углекислого газа и образования сахаров, он участвует в процессах клеточного дыхания, обеспечивая высвобождение энергии из органи-

ческих веществ. Он является важнейшим биологическим элементом агроэкосистем и играет важнейшую роль в продукционном процессе с.-х. культур [25, 26, 27, 28].

Фосфор в почве является одним из наиболее значимых и дефицитных макроэлементов для многих сельскохозяйственных культур. Причем большая часть фосфора использовалась для формирования репродуктивных органов вегетирующих растений. Этот элемент способствует созреванию плодов растений, улучшая использование растений воды. В почве он находится в форме нерастворимых и слабо растворимых минеральных и органических соединений. Растениями поглощаются только минеральные соединения фосфора. Также отмечена важная роль в процессах обмена энергии в растениях и в процессе фотосинтеза. В почве он относительно неподвижный. Он не перемещается с грунтовой водой и остается в непосредственной близости от места его внесения. Отечественными и зарубежными учеными доказано, что на уровне севооборота в условиях орошения большое значение на динамику элементов питания оказывает обработка почвы во взаимодействие минеральных и органических удобрений, а также дифференцированной обработки почвы позитивно проявляется на показателях плодородия, в том числе и на содержании макроэлементов питания растений [29, 30, 31, 32, 33].

Материал и методы исследований. Цель исследований – изучить влияние почвенной обработки, дифференцированного внесения минеральных удобрений и применения сидератов на динамику содержания подвижного фосфора в почве зерно-пропашного севооборота в орошаемых условиях Северного Причерноморья.

На протяжении 2009-2019 гг. в многолетнем стационарном полевом опыте, организованного с соблюдением требований методики опытного дела [34], были проведены комплексные полевые и лабораторные исследования. Закладка опыта осуществлялась методом рендомизированных расщепленных делянок. В исследовании сравнивались различные системы обработки почвы (дифференцированная, мелкая дисковая безотвальная, чизельная, нулевая) на орошаемых землях Северного Причерноморья. Оценивалась динамика подвижного фосфора в пахотном слое (0-40 см) при дождевом орошении и короткоротационных севооборотах. Содержание основных элементов питания определялось лабораторным анализом почвенных образцов.

Результаты и их обсуждение. Многолетние экспериментальные исследования, которые были проведены в период 2009-2016 гг., позволили выявить закономерности изменения содержания подвижных форм фосфора в почве на полях севооборота. Полученные данные демонстрируют, что на посевах озимых пшеницы и ячменя, выращиваемых в условиях орошаемого севооборота, наблюдается стабильно высокий уровень доступного фосфора, что отмечено как для участков, где применяли дисковое поверхностное рыхление в рамках реализации системы дифференцированной обработки почвы, так и для полей, в которых длительное время применялся данный вид почвенной обработки. доказано, что дисковое рыхление, используемое в системе дифференцированной обработки почвы, является эффек-

тивным приемом поддержания оптимального питательного режима и в первую очередь относительно содержания подвижного фосфора на орошаемых землях при возделывании озимых зерновых культур (таблица 1). Следует отметить, что влияние различных способов и глубины обработки почвы на доступность фосфора для растений проявляется по-разному в зависимости от культуры орошаемого севооборота. Наиболее эффективным способом почвенной обработки для обеспечения максимального содержания подвижного фосфора в посевах сои и кукурузы оказалось глубокое чизельное разрыхление, применяемое в сочетании с системой безотвальной обработки почвы с изменением её глубины. Это свидетельствует о том, что такая комбинация почвенной обработки способствует оптимальному распределению и высвобождению фосфора в корневой зоне этих культур. Следует подчеркнуть, что в посевах озимых зерновых культур наблюдалась обратная тенденция: содержание подвижного фосфора было выше при использовании нулевой обработки почвы, чем в посевах кукурузы и сои. Это может быть связано с особенностями корневой системы озимых, их способностью более эффективно усваивать фосфор из верхних слоев почвы, не подвергавшихся механическому воздействию, а также с влиянием нулевой обработки на улучшение структуры и биологической активности верхнего почвенного горизонта. Выбор оптимального способа обработки почвы для обеспечения растений фосфором должен учитывать не только тип почвы, но и возделываемую культуру, что позволяет максимизировать эффективность использования фосфорных удобрений и повысить урожайность.

Таблица 1. Содержание подвижных форм фосфора в начале вегетации культур орошаемого севооборота при разных системах основной обработки почвы и удобрения, мг/кг почвы, слой почвы 0–40 см, 2009–2016 гг.

Система основной обработки почвы (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Культуры севооборота				Среднее по севообороту
		пшеница	ячмень	кукуруза	соя	
Дифференцированная	N ₉₀ P ₄₀	72,6	80,6	68,5	65,4	71,8
	N ₁₀₅ P ₄₀	81,8	75,2	62,7	66,1	71,4
	N ₁₂₀ P ₄₀	78,0	72,1	65,6	65,0	70,2
Безотвальная мелкая	N ₉₀ P ₄₀	74,8	72,0	50,1	62,9	64,9
	N ₁₀₅ P ₄₀	70,7	67,5	55,5	59,6	63,3
	N ₁₂₀ P ₄₀	70,2	73,4	55,8	61,7	65,3
Разноглубинная безотвальная	N ₉₀ P ₄₀	66,2	61,1	60,3	78,3	66,5
	N ₁₀₅ P ₄₀	67,2	63,7	62,1	79,8	68,2
	N ₁₂₀ P ₄₀	68,0	64,1	66,2	79,6	69,5
Нулевая	N ₉₀ P ₄₀	78,5	71,9	61,3	63,1	68,7
	N ₁₀₅ P ₄₀	82,6	74,8	68,1	72,3	74,4
	N ₁₂₀ P ₄₀	75,8	72,6	67,2	62,8	69,6
НСР ₀₅	А	2,1	1,8	1,7	1,8	—
	В	1,4	1,2	1,3	1,5	—

Доказано положительное влияние дифференцированной обработки почвы в начале вегетационного периода на содержание подвижных соединений фосфора в среднем за годы проведения исследований. Влияние различных систем обработки почвы на содержание исследуемого показателя было значительным. Так, при традиционной системе обработки почвы наблюдались наиболее высокие значения, варьировавшиеся от 70,1 до 71,8 мг/кг в зависимости от применяемой системы удобрения. Применение нулевой обработки почвы привело к несколько более низким результатам, в диапазоне от 68,7 до 74,4 мг/кг, также зависящим от используемых удобрений. Наиболее существенное снижение содержания исследуемого показателя было зафиксировано при использовании безотвальной мелкой дисковой обработки почвы, которые находились в диапазоне от 63,3 до 68,2 мг/кг, что было в среднем на 8% ниже, чем при традиционной системе обработки почвы (контрольный вариант). Таким образом, выбор системы обработки почвы оказывает существенное влияние на содержание данного показателя в почве, причем безотвальная дисковая обработка приводит к его наибольшему снижению.

Влияние различных систем удобрения на доступность фосфора в почве показало, что параметры, определяющие его потребление растениями, существенно зависят от применяемой дозы удобрений и способа обработки почвы. При внесении удобрений в дозе $N_{90}P_{40}$ содержание подвижного фосфора в почве варьировало в диапазоне от 68,2 до 70,1 мг/кг, причем эти колебания были обусловлены в первую очередь различиями в применяемых системах основной обработки почвы. Повышение дозы азотно-фосфорных удобрений до $N_{105}P_{40}$ привело к увеличению содержания подвижных соединений фосфора до 63,3-74,4 мг/кг, что было в незначительной степени (на 1,9%) выше контрольного варианта. Однако, дальнейшее увеличение дозы азота на фоне фосфорного удобрения до $N_{120}P_{40}$ не оказало значимого влияния на количество доступного фосфора в почве, что указывает на наличие определенного предела эффективности азотных удобрений в отношении повышения доступности фосфора в данных почвенно-климатических условиях.

К завершению вегетационного периода исследуемых сельскохозяйственных культур, выращиваемых в орошаемом севообороте, выявленная ранее закономерность в содержании подвижного фосфора в почве оставалась схожей. При этом, наиболее высокое содержание этого макроэлемента питания, необходимого для роста и развития растений, достигалось при применении дифференцированного способа обработки почвы. Показатели содержания фосфора изменялись в пределах 50,8-57,7 мг/кг почвы и зависели от системы внесения удобрений (таблица 2). Сниженными показателями отличился вариант разнотравно-глубинного безотвального разрыхления в севообороте, где он был равен 47,6-55,0 мг/кг почвы. Использование системы мелкой дисковой одноглубинной безотвальной обработки и на вариантах с прямым высевом в необработанную почву привело к получению практически одинаковых показателей (50,0-52,4 мг/кг почвы), в среднем по фактору В (система удобрения), а в среднем по фактору было на 5,3% меньше контрольного варианта.

Таблица 2. Содержание подвижных форм фосфора в конце вегетации культур орошаемого севооборота при разных системах основной обработки почвы и удобрения, мг/кг почвы, слой почвы 0–40 см, 2009–2016 гг.

Система основной обработки почвы (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Культуры севооборота				Среднее по севообороту
		пшеница	ячмень	кукуруза	соя	
Дифференцированная	$N_{90}P_{40}$	49,3	83,8	43,8	53,9	57,7
	$N_{105}P_{40}$	63,1	56,3	36,5	57,9	53,5
	$N_{120}P_{40}$	57,6	45,8	47,3	52,6	50,8
Безотвальная мелкая	$N_{90}P_{40}$	51,5	73,3	36,4	48,5	52,4
	$N_{105}P_{40}$	57,0	64,9	43,7	43,3	52,2
	$N_{120}P_{40}$	52,6	48,3	44,9	50,8	49,2
Разноглубинная безотвальная	$N_{90}P_{40}$	50,0	75,6	42,0	52,1	54,9
	$N_{105}P_{40}$	53,4	51,7	46,6	68,4	55,0
	$N_{120}P_{40}$	47,5	49,9	39,2	53,8	47,6
Нулевая	$N_{90}P_{40}$	48,3	62,7	36,9	52,0	50,0
	$N_{105}P_{40}$	66,8	40,4	42,3	57,2	51,7
	$N_{120}P_{40}$	55,4	53,1	49,8	48,8	51,8
НСР ₀₅	А	1,4	1,3	1,1	1,2	—
	В	0,9	1,1	0,7	1,0	—

Влияние системы удобрения, применяемой на полях орошаемого севооборота, оказывало существенное воздействие на содержание подвижных форм фосфора в почве. Определено, что максимальным (50,0–57,7 мг/кг почвы) изучаемый показатель достиг при использовании минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{40}$. При этом полученные значения зависели от применяемой системы обработки почвы, а увеличение дозы азотных удобрений до N_{120} на фоне внесения P_{40} приводило к незначительному снижению содержания фосфора в среднем на 0,65 мг/кг почвы. Однако такое снижение было статистически не доказуемым (ниже показателя НСР₀₅ по этому фактору). Применение системы удобрения с внесением $N_{120}P_{40}$, в зависимости от способа обработки почвы, вызвало снижение содержания подвижных форм фосфора в пределах 46,7–51,8 мг/кг почвы, что было в среднем на 7,8% меньше рекомендованной дозы внесения удобрений – $N_{90}P_{40}$. Результаты исследований свидетельствуют об оптимальности дозы применения азота на уровне 90 кг д.в./га на фоне фосфорного питания на уровне 40 кг/га для обеспечения максимального содержания подвижного фосфора в почве орошаемого севооборота.

За период с 2016 по 2019 гг., в ходе многолетних исследований динамики содержания подвижных форм фосфора в почве орошаемого севооборота, было установлено, что его максимальное содержание в начале вегетационного периода было при применении дифференцированной и разноглубинной безотвальной обработки почвы, на которых этот показатель изменялся в пределах от 67,0 до 73,6 мг/кг

почвы, в зависимости от вариантов фонов минерального питания. В то же время, применение мелкой одноглубинной дисковой обработки почвы обусловило значительное уменьшение запасов подвижного фосфора в начале вегетационного периода исследуемых культур – в среднем по севообороту на 6,7%. Минимальные показатели подвижного фосфора были на делянках, где применялась нулевая обработка почвы с проведением посева семян непосредственно в необработанную почву, а в среднем по севообороту, содержание подвижного фосфора составляло от 60,3 до 65,0 мг/кг почвы, что на 11,7% ниже, чем на контрольном варианте фактора А.

Влияние применения минеральных удобрений в сочетании с сидератами на содержание подвижного фосфора в почве оказалось значительным и зависело от изучаемых факторов и их вариантов. Внесение удобрений в дозе $N_{90}P_{40}$ совместно с сидератом обеспечивало повышение данного показателя в диапазоне 60,3-67,0 мг/кг почвы с их значительных колебаний по вариантам почвенной обработки. Применение более высокой дозы удобрений ($N_{105}P_{40}$) в сочетании с сидератом способствовало существенному росту содержания подвижного фосфора в среднем по севообороту на 4,8%. Максимальный в полевых опытах изучаемый показатель (65,0-73,6 мг/кг почвы) сформировался при применении удобрений в дозе $N_{120}P_{40}$, где минеральные удобрения использовали во взаимодействии с сидеральной культурой, где этот вариант продемонстрировал увеличение содержания фосфора на 8,5% по сравнению с использованием дозы $N_{90}P_{40}$ +сидерат, что свидетельствует о положительной закономерности между дозой удобрений и обеспеченностью фосфора для растений.

Установлено, что использование сидеральной культуры увеличивает запасы подвижного фосфора в начале вегетации культур. Так, при одинаковом питании на варианте с внесением $N_{120}P_{40}$ показатели фосфора находились в диапазоне 62,1-65,7 мг/кг почвы по вариантам системы почвенной обработки. Использование в орошаемом севообороте сидерата способствовало увеличению содержания в 0-40 сантиметровом слое почвы подвижных форм фосфора на 7,9% (таблица 3).

При завершении вегетационного периода исследуемых культур орошаемого севооборота отмечено некоторое снижение содержания подвижного фосфора в почве, тем не менее, общая положительная динамика, обусловленная применением агротехнических приемов, осталась прежней. Наиболее эффективным способом почвенной обработки, способствующим накоплению подвижного фосфора в слое 0-40 см, оказалась безотвальная обработка почвы с изменением глубины обработки. Доказано, что при использовании данной системы обработки почвы в сочетании с различными схемами внесения удобрений, запасы подвижного фосфора достигали 48,9-59,4 мг/кг почвы, что превышает показатели контрольного варианта на 5,1% и свидетельствует о значительном положительном влиянии безотвальной обработки на питательный режим почвы и в частности на положительную динамику подвижных форм фосфора (таблица 4).

Таблица 3. Содержание подвижных форм фосфора в начале вегетации культур орошаемого севооборота при разных системах основной обработки почвы, удобрения и сидеральной культуры, мг/кг почвы, слой почвы 0-40 см, 2016-2019 гг.

Система основной обработки почвы (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Культуры севооборота				Среднее по севообороту
		пшеница	ячмень	кукуруза	соя	
Дифференцированная	$N_{90}P_{40}^{+}$ сидерат	70,9	73,1	62,1	61,8	67,0
	$N_{105}P_{40}^{+}$ сидерат	79,9	73,3	64,5	64,5	70,6
	$N_{120}P_{40}^{+}$ сидерат	81,1	73,8	70,2	69,5	73,7
	$N_{120}P_{40}$	74,9	72,7	67,7	58,4	68,4
Безотвальная мелкая	$N_{90}P_{40}^{+}$ сидерат	64,7	59,7	58,8	74,2	64,4
	$N_{105}P_{40}^{+}$ сидерат	65,6	62,1	60,6	75,5	66,0
	$N_{120}P_{40}^{+}$ сидерат	68,4	62,6	64,6	77,6	68,3
	$N_{120}P_{40}$	64,3	60,2	61,5	64,8	62,7
Разноглубинная безотвальная	$N_{90}P_{40}^{+}$ сидерат	76,7	70,1	59,8	61,5	67,0
	$N_{105}P_{40}^{+}$ сидерат	80,6	72,9	66,4	70,5	72,6
	$N_{120}P_{40}^{+}$ сидерат	82,4	70,8	70,9	70,2	73,6
	$N_{120}P_{40}$	71,1	70,1	60,2	61,4	65,7
Нулевая	$N_{90}P_{40}^{+}$ сидерат	68,2	65,5	52,1	55,2	60,3
	$N_{105}P_{40}^{+}$ сидерат	69,4	65,9	56,2	58,1	62,4
	$N_{120}P_{40}^{+}$ сидерат	69,8	71,6	58,4	60,3	65,0
	$N_{120}P_{40}$	65,7	65,8	52,7	64,2	62,1
НСР ₀₅	А	1,9	1,6	1,4	1,5	—
	В	1,3	1,1	1,1	1,0	—

В условиях проведения опытов, применение мелкой одноглубинной безотвальной обработки почвы привело к незначительному снижению содержания подвижного фосфора в почве, которое варьировалось от 46,2 до 49,9 мг/кг в зависимости от применяемой системы удобрения. Это снижение составило в среднем 3,9% по сравнению с контрольным вариантом, где обработка почвы не проводилась.

Таблица 4. Содержание подвижных форм фосфора в конце вегетации культур орошаемого севооборота при разных системах основной обработки почвы, удобрения и сидеральной культуры, мг/кг почвы, слой почвы 0–40 см, 2016–2026 гг.

Система основной обработки почвы (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Культуры севооборота				Среднее по севообороту
		пшеница	ячмень	кукуруза	соя	
Дифференцированная	$N_{90}P_{40}^{+}$ сидерат	48,6	41,4	43,1	53,1	46,6
	$N_{105}P_{40}^{+}$ сидерат	62,2	55,5	35,9	57,0	52,7
	$N_{120}P_{40}^{+}$ сидерат	56,7	45,1	46,6	51,8	50,1
	$N_{120}P_{40}$	53,2	66,9	53,5	44,1	54,4
Безотвальная мелкая	$N_{90}P_{40}^{+}$ сидерат	49,2	70,0	34,7	46,3	50,1
	$N_{105}P_{40}^{+}$ сидерат	54,4	62,1	41,7	41,4	49,9
	$N_{120}P_{40}^{+}$ сидерат	53,3	48,9	45,4	51,5	49,8
	$N_{120}P_{40}$	52,1	44,2	43,2	45,4	46,2
Разноглубинная безотвальная	$N_{90}P_{40}^{+}$ сидерат	47,8	55,2	41,3	51,4	48,9
	$N_{105}P_{40}^{+}$ сидерат	48,2	62,5	45,9	67,3	56,0
	$N_{120}P_{40}^{+}$ сидерат	50,4	68,2	49,8	69,3	59,4
	$N_{120}P_{40}$	47,1	53,9	48,2	49,8	49,8
Нулевая	$N_{90}P_{40}^{+}$ сидерат	47,6	49,1	36,3	47,4	45,1
	$N_{105}P_{40}^{+}$ сидерат	55,1	49,5	41,7	48,1	46,1
	$N_{120}P_{40}^{+}$ сидерат	57,4	53,4	45,1	51,2	49,4
	$N_{120}P_{40}$	48,6	51,2	41,4	40,6	45,5
НСР ₀₅	А	1,2	1,7	1,2	1,7	—
	В	0,9	1,3	1,0	1,1	—

Наибольшее снижение содержания подвижного фосфора наблюдалось при использовании системы нулевой обработки почвы в севообороте. В этом случае его показатели колебались в пределах 45,6–55,2 мг/кг, что на 9,2% ниже, чем на контрольных вариантах. В конце вегетационного периода, на вариантах с применением удобрений в дозе $N_{90}P_{40}^{+}$ в сочетании с сидератами, содержание

подвижного фосфора в орошаемом севообороте зависело от способа основной обработки почвы и находилось в диапазоне 45,1-48,9 мг/кг. Дальнейшее увеличение дозы удобрения до $N_{105}P_{40}$ в сочетании с сидератами способствовало статистически значимому увеличению содержания подвижного фосфора в почве в среднем на 7,3%. Это свидетельствует о положительном влиянии повышенного азотного питания на доступность фосфора для растений. Повышение дозы азотного питания, в среднем по севообороту, оставило содержание фосфора в почве неизменным. В то же время применение сидеральной культуры увеличивает уровень содержания в почве фосфора на период окончания вегетации культур севооборота. При варианте сидерации показатели были, в среднем, на 6,5% выше по сравнению с вариантами, где сидерат не использовался на одном фоне минерального питания культур севооборота.

Выводы. Установлено, что исследуемые показатели (система основной обработки почвы и удобрения) в разной степени влияют на динамику показателей содержания подвижного фосфора в темно-каштановой почве орошаемого зерно-пропашного севооборота. Дифференцированная система основного возделывания почвы в начале вегетационного периода позволила получить максимальные показатели содержания фосфора в почве в начале вегетации – 70,1-71,8 мг/кг почвы, в зависимости от изучаемых вариантов системы удобрения. При внесении азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{105}P_{40}$ в почве отмечалось значительное повышение содержания подвижного фосфора, достигая значений от 63,3 до 74,4 мг/кг. В среднем, этот прирост составлял 1,9%. Дальнейшее увеличение нормы азота до N_{120} при фоновой дозе фосфора на уровне P_{40} не оказывало существенного влияния на динамику содержания подвижных форм фосфора в течение вегетационного периода. В то же время, применение сидеральных культур продемонстрировало выраженный положительный эффект на накопление подвижного фосфора как в начале, так и в конце вегетации орошаемых севооборотов. При одинаковом уровне азотно-фосфорного питания ($N_{120}P_{40}$) в начале вегетации, содержание подвижного фосфора варьировалось от 62,1 до 65,7 мг/кг почвы, что зависело от применяемой системы основной обработки почвы. Использование сидеральной культуры в этом случае позволило увеличить запасы подвижного фосфора в среднем на 8,4% по всему севообороту. К концу вегетационного периода положительное влияние сидератов на содержание подвижного фосфора сохранялось, причем в среднем по всем вариантам эксперимента его запасы были на 6,5% выше по сравнению с контрольными участками, где сидерация не применялась. Таким образом, сидеральные культуры являются эффективным средством повышения доступности подвижного фосфора для растений в орошаемых севооборотах Северного Причерноморья.

Список использованных источников:

1. Адамень, Ф. Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических факто-

References:

1. Adamen, F. F. Efficiency of artificial humidification, taking into account meteorological factors, in growing

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

3. Вожегова, Р. А. Моделирование и агроамелиоративное 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.

4. 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.

5. Адамень, Ф. Ф. Влияние гидро-термических 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.

6. 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

major 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.

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

3. Vozhehova, R. A. Modeling and agro-ameliorative justification of crop rotation on non-irrigated and irrigated lands of the Southern Steppe of Ukraine / R. A. Vozhehova, 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

Тавриды. – 2024. – № 39(202). – С. 80-99.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

- 2024. - No. 39 (202). - P. 80-99. 7. 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.

8. 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.

9. Kokovikhin, S. V. Optimization of farming systems in the Northern Black Sea region under changing climate conditions 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.

10. Makarenko, A. A. Modeling of irrigated crop rotations using ecological and meliorative and 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. 11. Chernyshova, E. O. Productivity of corn hybrids depending on sowing time and plant protection system 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.

12. Environmental and resource components in the development of subregions of the tourist territory / N. Shashkova, Ye. Lukyanova, M. Shulga

12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. 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 [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.
13. The Effect of Moisture Supply, Mineral Nutrition, and Plant 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.
14. The Efficiency of Using Biopreparations in Growing Winter Wheat after Different Predecessors / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. A. Makarenko, T. V. Logoida // Transactions of the Kuban State Agrarian University. – 2024. – No. 112. – P. 113-124.
15. 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.
16. Adamen, F. F. Scientific substantiation of agricultural technologies on non-irrigated and irrigated lands of the Northern Black Sea region in modern ecological-meliorative and economic-economic conditions / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 38 (201). - P. 180-198.
17. Solving the transport problem as a basis for preserving the ecology of the popular resorts of the Black Sea coast / N.

сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 38(201). – С. 180-198.

17. Solving the transport problem as a basis for preserving the ecology of the popular resorts of the Black Sea coast / N. Shashkova, Ye. Lukyanova, V. V. Selivanov [et al.] // E3S Web of Conferences, Voronezh, 09–13 октября 2023 года. Vol. 458. – Voronezh: EDP Sciences, 2023. – P. 03023.

18. Коковихин, С. В. Продуктивность материнской формы простого гибрида кукурузы Борисфен 433 МВ в зависимости от режимов орошения, доз азотного удобрения и густоты стояния растений в условиях южной зоны Степи Украины : специальность 06.01.09 "Овощеводство" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Коковихин Сергей Васильевич. – Днепропетровск, 2000. – 18 с.

19. 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.

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

21. 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. – №

Shashkova, E. Lukyanova, V. V. Selivanov [et al.] // E3S Web of Conferences, Voronezh, October 9–13, 2023. Vol. 458. – Voronezh: EDP Sciences, 2023. – P. 03023.

18. Kokovikhin, S. V. Productivity of the maternal form of simple corn hybrid Borysfen 433 MB depending on irrigation regimes, nitrogen fertilizer doses and plant density in the southern steppe zone of Ukraine: specialty 06.01.09 "Vegetable growing": abstract of a dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Sergey Vasilievich Kokovikhin. - Dnepropetrovsk, 2000. - 18 p.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

22. Ecological justification of the fertilization system of irrigated crop rotation depending on the system of primary tillage / 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.

43(206). – С. 54-78.

22. 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.

23. Бердникова, Е. Г. Продуктивность пшеницы озимой в зависимости от предшественника в условиях Юга Херсонской области / Е. Г. Бердникова // Вавиловские чтения - 2023 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 136-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 23–25 ноября 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 71-75.

24. 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.

25. Магомадов, А. С. Использование регуляторов роста растений в технологии возделывания кукурузы как способ повышения эффективности химической прополки / А. С. Магомадов, З. П. Оказова, Е. Г. Бердникова // International Agricultural Journal. – 2025. – Т. 68, № 3.

26. 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.

27. Шашкова, Н. И. Цифровое государственное управление: роль, риски и

23. Berdnikova, E. G. Productivity of winter wheat depending on the predecessor in the conditions of the South of the Kherson region / E. G. Berdnikova // Vavilov Readings - 2023: Collection of articles from the International scientific and practical conference dedicated to the 136th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov, Saratov, November 23-25, 2023. - Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilova, 2023. – P. 71-75.

24. Kazdokhov, HK Influence of growth regulators on the competitiveness of grain crops / HK Kazdokhov, LA Titova, EG Berdnikova // International Agricultural Journal. – 2025. – Vol. 68, No. 3.

25. Magomadov, AS Use of plant growth regulators in corn cultivation technology as a way to increase the efficiency of chemical weeding / AS Magomadov, ZP Okazova, EG Berdnikova // International Agricultural Journal. – 2025. – Vol. 68, No. 3.

26. 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.

27. 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.

28. 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.

новые парадигмы развития / Н. И. Шашкова // Вестник экономики, права и социологии. – 2023. – № 3. – С. 55-59.

28. 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.

29. 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.

30. Artificial Intelligence in Education and Training / N. Shashkova, P. Chetyrbok, Ye. Lukyanova [et al.] // International Conference on Innovative Approaches to the Application of Digital Technologies in Education and Research : Conference Proceedings, Stavropol, 29 декабря 2022 года. Vol. 1222. – Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2025. – P. 365-371.

31. Макуха, О. В. Фотосинтетическая деятельность посевов фенхеля обыкновенного / О. В. Макуха, Д. В. Виноградов, Д. Ф. Хромцев // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – № 6. – С. 63-71.

32. 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.

33. Макуха, О. В. Влияние агротех-

– Kyiv, 2018. – P. 263-277.

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

30. Artificial Intelligence in Education and Training / N. Shashkova, P. Chetyrbok, Ye. Lukyanova [et al.] // International Conference on Innovative Approaches to the Application of Digital Technologies in Education and Research: Conference Proceedings, Stavropol, December 29, 2022. Vol. 1222. – Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2025. – P. 365-371.

31. Makukha, O. V. Photosynthetic activity of common fennel crops / O. V. Makukha, D. V. Vinogradov, D. F. Khromtsev // International Technical and Economic Journal. - 2014. - No. 6. - Pp. 63-71.

32. 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. - Pp. 1075-1083.

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 management: monograph. - Moscow: Publ. Russian

нических приемов на азотное питание фенхеля обыкновенного / О. В. Макуха // Экономика: 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.

State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, 2011. - 336 p.

Сведения об авторах:

Елена Геннадьевна Бердникова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой географии и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Херсонский государственный педагогический университет», 275722, Херсонская область, г. Скадовск, ул. Покровская, д. 7а.

Инна Владимировна Бойчук – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой географии и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Херсонский государственный педагогический университет», 275722, Херсонская область, г. Скадовск, ул. Покровская, д. 7а.

Елена Викторовна Щербина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой географии и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Херсонский государственный педагогический универси-

Information about the authors:

Elena Gennadyevna Berdnikova – candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of geography and ecology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kherson State Pedagogical University”, 275722, Kherson region, Skadovsk, Pokrovskaya str., 7a.

Inna Vladimirovna Boychuk – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geography and Ecology at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kherson State Pedagogical University,” 7a Pokrovsk Street, Skadovsk, Kherson Oblast, 275722.

Elena Viktorovna Shcherbina – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geography and Ecology at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kherson State Pedagogical University,” 7a Pokrovsk Street, Skadovsk, Kherson Oblast, 275722.

Elena Viktorovna Shcherbina –

тет», 275722, Херсонская область, г. Скадовск, ул. Покровская, д. 7а.

Наталья Сергеевна Папкина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой географии и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Херсонский государственный педагогический университет», 275722, Херсонская область, г. Скадовск, ул. Покровская, д. 7а.

Анастасия Игоревна Бердникова – преподаватель кафедры спорта и оздоровительных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Херсонский государственный педагогический университет», 275722, Херсонская область, г. Скадовск, ул. Покровская, д. 7а.

PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geography and Ecology at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kherson State Pedagogical University,” 7a Pokrovsk Street, Skadovsk, Kherson Oblast, 275722.

Natalia Sergeevna Papakina – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geography and Ecology at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kherson State Pedagogical University,” 7a Pokrovsk Street, Skadovsk, Kherson Oblast, 275722.

Anastasia Igorevna Berdnikova – lecturer at the Department of Sports and Health Technologies of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kherson State Pedagogical University”, 275722, Kherson region, Skadovsk, Pokrovsk street, 7a.

УДК579.64:633.34:633.358

**ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЗАЦИИ
ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИМИ
БАКТЕРИЯМИ НА
БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНЫЙ
СИМБИОЗ ГОРОХА И СОИ****THE EFFECT OF BACTERIZATION
BY PHOSPHATE-SOLUBILIZING
BACTERIA ON THE BEAN-
RHIZOBIAL SYMBIOSIS OF PEAS
AND SOYBEANS**

Бараташвили З.А., микробиолог;
Алексеенко М.А., младший научный
сотрудник;
Горгулько Т.В., научный сотрудник;
Дидович С.В., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный
сотрудник,
ФГБУН «Научно-исследовательский
институт сельского хозяйства Крыма»

Baratashvili Z.A., microbiologist;
Alekseenko M.A., junior Researcher;
Gorgulko T.V., researcher;;
Didovich S.V., Cand. Sc. (Agr.), leading
researcher,
Laboratory of plant-microbial
interaction, Department of agricultural
microbiology, FSBSI «Research Institute
of Agriculture of Crimea».

*Изучено влияние совместной
бактеризации штаммами фосфат-
мобилизующих и симбиотических
азотфиксирующих бактерий на
бобово-ризобиальное взаимодей-
ствие и биометрические показате-
ли бобовых культур. Выявлено, что
совместное применение фосфат-
мобилизующих и симбиотических
азотфиксирующих штаммов на сое:
Lelliottia nimipressuralis CCM 32-
3, Pseudomonas synxantha 1204 с
Bradyrhizobium ottawaense M-8 и Br.
japonicum 36 увеличило высоту рас-
тений на 17–31 % и количество азот-
фиксирующих клубеньков на 80–430%
относительно контроля. Установле-
но достоверное повышение массы сои
на 30% при использовании монообра-
ботки штаммом P. synxantha 1204.*

Ключевые слова: клубеньковые
бактерии, фосфатмобилизующие
бактерии, горох, соя, бобово-ризоби-
альное взаимодействие.

*The effect of joint of phosphate-
mobilizing and symbiotic nitrogen-fixing
strains on legume-rhizobial interaction
and biometric indicators of legume
crops has been studied. It was found
that the combined use of phosphate-
mobilizing and symbiotic nitrogen-fixing
strains of Lelliottia nimipressuralis
CCM32-3, Pseudomonas synxantha 1204
with Bradyrhizobium ottawaense M-8,
and Bradyrhizobium japonicum 36 on
soybeans increased plant height by
17–31% and the number of nitrogen-
fixing nodules by 80–430% relative to
the control. A significant increase in
soybean weight by 30% was observed
with the use of monotreatment with the
Pseudomonas synxantha 1204 strain.*

Key words: nodule bacteria,
phosphate-mobilizing bacteria, peas,
soybean, legume-rhizobia interaction.

Введение. Развитие сельского хозяйства России базируется на внедрении экологически безопасных технологий [1]. В рамках рассматриваемых технологий, для использования биологического азота, по мнению многих исследователей необходимо увеличение выращивания бобовых культур, которые являются хорошими предшественниками в севооборотах, и в симбиозе с клубеньковыми бактериями способны до 90% усваивать атмосферный азот, сохраняя азотный баланс почвы [2, 9]. Такой эффект обеспечивает нитрагинизация – предпосевная обработка семян бобовых культур микробными препаратами на основе клубеньковых бактерий. Биологическая азотфиксация снижает затраты при выращивании и является альтернативой применению минеральных азотных удобрений, при этом уменьшается загрязнение азотсодержащими соединениями почв и природных вод [10]. Для улучшения питания растений фосфором, целесообразно использование биопрепаратов на основе фосфатмобилизующих микроорганизмов, которые способствуют переводу труднорастворимых соединений фосфора в легкоусвояемые для растений формы, происходит биологическая мобилизация органических и минеральных почвенных фосфатов [12]. Азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии позитивно влияют на растения и почву. Рациональное совместное применение препаратов на основе таких микроорганизмов улучшает минеральное питание, повышает устойчивость растений к стрессам и способствует получению экологически безопасной продукции [4]. Следует учитывать рекомендации и соблюдать технологию обработки микробными биоудобрительными препаратами, чтобы максимально использовать потенциал растительно-микробного взаимодействия [6, 8].

В отделе сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «НИИСХ Крыма» проводятся исследования по разработке микробиологических удобрительных препаратов на основе симбиотических и фосфатмобилизующих микроорганизмов, обладающих полифункциональными свойствами по отношению к растениям и почве [13].

Цель исследований – изучить влияние совместной инокуляции семян штаммами фосфатмобилизующих и клубеньковых бактерий на эффективность бобово-ризобиального симбиоза гороха и сои.

Материалы и методы исследований. Исследование проводили в условиях вегетационного опыта на тест культурах – горохе посевном (*Pisum sativum* L.) сорта Альянс и сое (*Glycine max* (L.) Merr.) сорта Милл Риф. Растения выращивали в пленочной теплице в сосудах с перфорированным дном объемом 500 мл. Субстрат – чернозем южный, по фону с титром аборигенной популяции клубеньковых бактерий $10\text{--}10^2$ клубенькообразующих единиц/растение [11].

В исследовании использованы штаммы из коллекции ФГБУН «НИИСХ Крыма» (<http://ckp-rf.ru/usu/507484/>): фосфатмобилизующих бактерий (ФМБ): *Pseudomonas baetica* 0613, *Ps. synxantha* 1204; симбиотических азотфиксаторов для гороха: *Rhizobium leguminosarum* K-29 и *Rh. Leguminosarum* Y-1, для сои: *Bradyrhizobium ottawaense* M-8 и *Br. Japonicum* 36. В качестве референтного штамма использовали производственный штамм фосфатмобилизующей бак-

терии *Lelliottia nimipressuralis* ССМ 32-3 [7]. Семена предварительно прорастили, разложили по 4 семени в сосуд. Инокулировали по 10 мл суспензией штаммов ФМБ и азотфиксирующих бактерий из расчета 10^6 бактерий/семя. В контрольных сосудах инокулировали водой. Эффективность совместной бактериализации оценивали через 8 недель вегетации в фазу начала цветения по количеству азотфиксирующих клубеньков, высоте и фитомассе растений. Повторность опыта шестикратная [5].

Схема опыта:

Горох (сорт Альянс) / соя (сорт Милл Риф):

Контроль – обработка водой;

Варианты бактериализации:

32-3 (референт)

0613

1204

К-29+32-3 / М-8+32-3

К-29+0613 / М-8+0613

К-29+1204 / М-8+1204

У-1+ 32-3 /36+32-3

У-1+0613 / 36+0613

У-1+1204 / У-1+1204

Статистическую обработку результатов исследования проводили согласно общепринятым методам математической статистики при помощи стандартного пакета документов MicrosoftOfficeExcel 2010 и Statistica 10. Достоверность отличий оценивали по критерию Стьюдента при $p < 0,05$. В графиках представлены средние значения и их стандартные ошибки [3].

Результаты и обсуждение. Анализ полученных результатов опыта свидетельствует о том, что бактериализация гороха посевного сорта Альянс в большинстве вариантов обеспечила уровень высоты растений близкий к контролю. Совместная обработка семян штаммами У-1 и 1204 позволила достоверно повысить данный показатель в среднем на 8,5 см (36%) и 7,2 см (29%) по сравнению с производственным штаммом *L. nimipressuralis* ССМ 32–3 соответственно. ($p < 0,05$) (рисунок 1).

При исследовании совместного воздействия штаммов ФМБ и азотфиксирующих микроорганизмов на надземную массу гороха выявлено, что применение штамма 1204 увеличило данный показатель на 0,1 г/растение (7%), а совместная бактериализация штаммами У-1 и 1204 – на 0,5 г/растение (36%) в сравнении с контролем. Влияние остальных обработок не оказало существенного влияния на массу растений. В вариантах 32-3, К-29+32-3, К-29+0613, К-29+1204, У-1+0613 и 0613 инокуляция семян снижала массу растений на 7–30% по сравнению с контролем ($p < 0,05$), при обработке штаммами У-1+32-3 – была на уровне контроля (рисунок 2).

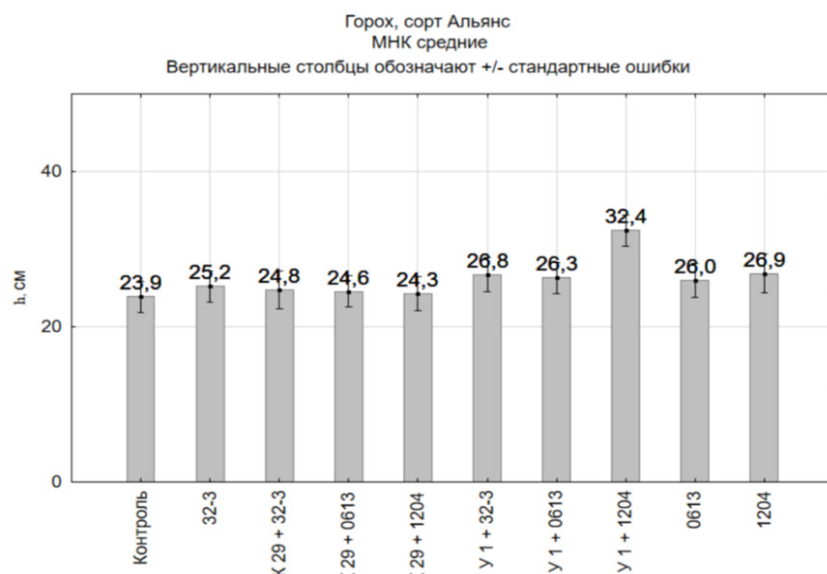


Рисунок 1. Влияние бактериализации штаммами ФМБ и симбиотических азотфиксаторов на высоту растений гороха сорта Альянс

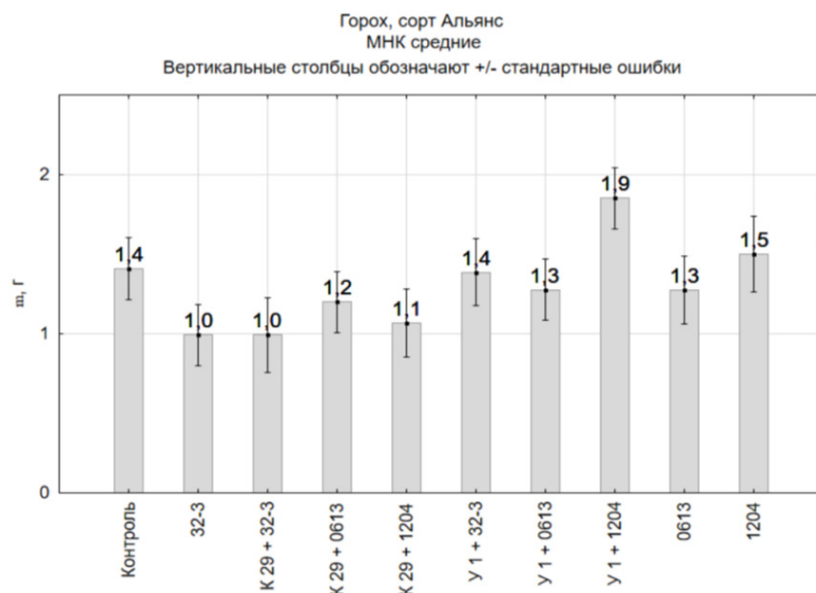


Рисунок 2. Влияние бактериализации штаммами ФМБ и симбиотических азотфиксаторов на массу растений гороха сорта Альянс

Установлено, что на фоне почвенной аборигенной популяции клубеньковых бактерий монообработка штаммами 32-3 и 0613 снижала клубенькообразование на 46-78%, инокуляция штаммом 1204 – на 29%, в вариантах совместной бактериализации клубенькообразование уменьшилось на 32-78% кроме обработки

штаммами К-29 + 32-3, где количество клубеньков увеличилось на 2% по сравнению с контролем ($p < 0,05$) (таблица 1). Таким образом, установлено, что сорт гороха Альянс был малоотзывчивым к бактеризации.

Таблица 1. Влияние бактеризации штаммами ФМБ и симбиотических азотфиксаторов на клубенькообразование гороха сорта Альянс

Вариант	Количество азотфиксирующих клубеньков		
	среднее, ед/растение	$\pm SE$	$\pm \% \text{ к контр.}$
Контроль (вода)	9,2	4,5	-
32-3	5,0	3,4	- 46
0613	2,0	1,3	- 78
1204	11,9	3,0	+29
К-29 + 32-3	9,4	5,7	+2
К-29 + 0613	2,5	1,8	- 72
К-29 + 1204	2,0	1,1	- 78
У 1 + 32-3	3,5	1,5	- 62
У 1 + 0613	2,5	1,8	- 72
У 1 + 1204	6,3	2,5	- 32

Установлены положительные высокие достоверные корреляционные связи между показателями высоты и массы растений с коэффициентом корреляции 0,9. Отмечена слабая, но достоверная корреляционная связь ($r = 0,4$) количества клубеньков с высотой и массой растений сорта Альянс (таблица 2).

Таблица 2. Корреляции гороха сорта Альянс на уровне $p < 0,05$

№	Показатель	1	2	3
1	высота, см	1,0	0,9	0,4
2	масса, г	0,9	1,0	0,4
3	кол-во клубеньков, %	0,4	0,4	1,0

В опыте изучено влияние совместной инокуляции семян штаммами фосфатмобилизующих и клубеньковых азотфиксирующих бактерий на сое сорта Милл Риф. Совместная бактеризация положительно повлияла на высоту растений сои. При обработке штаммами и их сочетаниями 32-3, М-8+32-3, 36+32-3, 36+1204, 0613, 1204 установлено повышение данного показателя на 8,5 см (31%), 6,4 см (24%), 6,7 см (25%), 4,7 см (17%), 8,5 см (31%) и 6,4 см (23%) по сравнению с контролем ($p < 0,05$) (рисунок 3).

Выявлено, что инокуляция семян исследуемыми штаммами 32-3, М-8+32-3, 36+32-3, 0613 обеспечила прибавку массы растений 0,6 г/растение (20%) в сравнении с контролем (рисунок 4). Бактеризация штаммом 1204 обеспечила достоверное повышение массы растений на 0,9 г/растение (30%) относительно контроля. Обработка штаммами М-8+1204 и 36+1204 позволила увеличить данный показатель на 0,1 и 0,5 г/растение (3 и 17%) относительно контроля. Отмечено, что применение изучаемых штаммов позволило получить результаты близкие к показателям производственного штамма *L. nimipressuralis* ССМ 32-3 ($p < 0,05$).

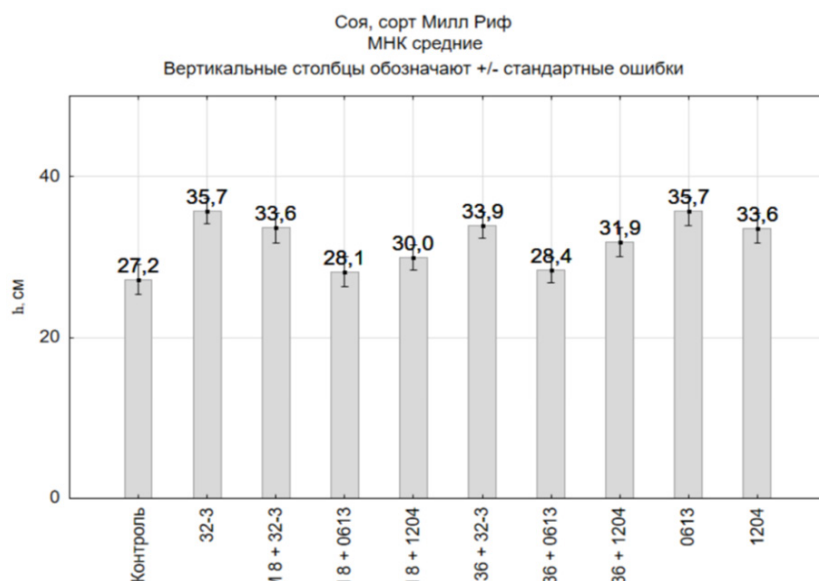


Рисунок 3. Влияние бактериализации штаммами ФМБ и симбиотических азотфиксаторов на высоту растений сои сорта Милл Риф

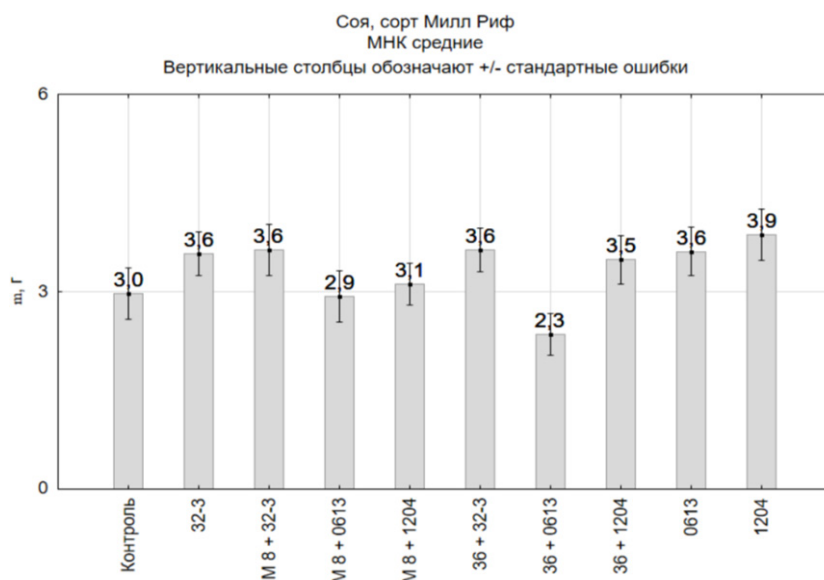


Рисунок 4. Влияние бактериализации штаммами ФМБ и симбиотических азотфиксаторов на массу растений сои сорта Милл Риф

Образование клубеньков на сое во всех опытных вариантах превышало показатели контроля. При бактериализации штаммами М-8+32-3, М-8+1204, 36+32-3, 36+0613, 36+1204 установлено достоверное увеличение количества азотфиксирующих клубеньков: на 80–430% в сравнении с контролем ($p < 0,05$) (таблица 3).

Таблица 3. Влияние бактериализации штаммами ФМБ и симбиотических азотфиксаторов на клубенькообразование сои сорта Милл Риф

Вариант	Количество азотфиксирующих клубеньков		
	среднее, ед./растение	± SE	± % к контр.
Контроль (вода)	4,4	1,1	-
32-3	5,0	1,8	+14
0613	4,9	3,2	+11
1204	5,9	2,3	+34
М-8 + 32-3	14,6	7,1	+232*
М-8 + 0613	7,6	4,8	+73
М-8 + 1204	7,9	2,0	+80*
36 + 32-3	19,5	2,4	+343*
36 + 0613	12,1	3,5	+175*
36 + 1204	23,3	5,0	+430*

* – достоверный результат

Выявлена слабая, но достоверная корреляция между количеством азотфиксирующих клубеньков и высотой, количеством клубеньков и массой растений на уровне 0,3. Средние показатели достоверной корреляции ($r=0,7$) установлены между высотой и массой растений сои (таблица 4).

Таблица 4. Корреляции сои сорта Милл Риф на уровне $p < 0,05$

№	Показатель	1	2	3
1	высота, см	1,0	0,7	0,2
2	масса, г	0,7	1,0	0,3
3	кол-во клубеньков, %	0,2	0,3	1,0

Выводы. В вегетационных опытах изучено влияние совместной бактериализации штаммами фосфатмобилизующих и симбиотических азотфиксирующих бактерий на бобово-ризобиальное взаимодействие и биометрические показатели бобовых культур.

При совместной бактериализации семян гороха сорта Альянс штаммами *R. leguminosarum* У-1 и *P. synxantha* 1204 зафиксировано достоверное увеличение высоты растений на 8,5 см (36 %) и массы на 0,5 г (36 %). Высокая эффективность бактериализации сои сорта Милл Риф установлена при совместной обработке семян фосфатмобилизующих и симбиотических азотфиксирующих штаммов: *L. nimipressuralis* ССМ 32-3, *P. synxantha* 1204 с *B. ottawaense* М-8 и *B. japonicum* 36, обеспечившая прирост высоты растений – 4,7–8,5 см (17–31 %) и значительное увеличение количества азотфиксирующих клубеньков на 80–430% относительно контроля. Установлено достоверное увеличение массы сои на 0,9 г/растение (30%) при использовании монообработки штаммом *P. synxantha* 1204.

Список использованных источников:

1. Биологизация защиты расте-

References

1. Biologization of plant protection is

ний – необходимое условие для развития растениеводства / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. [Электронный ресурс] URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/biologizatsiya-zashchity-rasteniy-neobkhodimoe-uslovie-dlya-razvitiya-rastenievodstva/>

2. Гуменко Р.С., Кашапова Г.М., Владимирова А.А., Кагирова А.С., Баймиев Ан.Х. Клубеньковые бактерии как основа высокоэффективных биоудобрений для бобовых культур. Биомика, 2017, Том 9, № 4, 345-348

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по требованию, 2013. 349

4. Зотиков В.И., Зубарева К.Ю., Варламов Н.В. Отзывчивость различных сортов сои на применение органоминеральных микроудобрений. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 2(42):5-15. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-5-15

5. Методы исследований клубеньковых бактерий: Методические рекомендации для курсов повышения квалификации научных сотрудников по сельскохозяйственной микробиологии // Под ред. Доросинского Л.М. Л.: ВИР, 1981. 48 с.

6. Научно обоснованная система земледелия Республики Крым / Под ред. Е.В. Николаева и В.П. Гордиенко. Симферополь: Редотдел Крымского комитета по печати. 1994. 350 с.

7. Патент РФ № 2676926. Фосфат-мобилизующий штамм почвенных бактерий *Lelliottia nimipressuralis* ССМ 32-3 и биопрепарат на его основе для оптимизации минерального питания расте-

a necessary condition for the development of crop production / Ministry of Agriculture of the Russian Federation. [Electronic resource]. – URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/biologizatsiya-zashchity-rasteniy-neobkhodimoe-uslovie-dlya-razvitiya-rastenievodstva/>

2. Gumenko R.S., Kashapova G.M., Vladimirova A.A., Kagirowa A.S., Baimiev An.Kh. ROOT BACTERIA AS A BASIS FOR HIGH-EFFECTIVE BIOFERTILIZERS FOR LEGUME CROPS. Biomica, 2017, Vol. 9, No. 4, 345-348

3. Dospekhov B. A. Methods of field research: with the basics of statistical processing of research results. Moscow: Knigapotrebovaniyu, 2013. 349 p.

4. Zotikov V.I., Zubareva K.Yu., Varlamov N.V. Responsiveness of Different Soybean Varieties to the Application of Organomineral Microfertilizers. Legumes and Cereals. 2022; 2(42):5-15. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-5-15

5. Methods of research of nodule bacteria: methodological recommendations for advanced training courses for researches in agricultural microbiology // Edited by Dorosinsky L.M. Leningrad: N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 1981. 48 p

6. The Scientific-Based Farming System of the Republic of Crimea / Edited by E.V. Nikolaev and V.P. Gordienko. Simferopol: Editorial Department of the Crimean Committee for Printing. 1994. 350 p.

7. Russian Federation Patent No. 2676926. Phosphate-mobilizing strain of soil bacteria *Lelliottia nimipressuralis* CCM 32-3 and a biopreparation based on it for optimizing mineral nutrition of plants,

ний, стимуляции их роста и повышения урожайности. 11.01.2019.

8. Сельхозкультуры России: принципы размещения и особенности обработки / ЦТО, 29.09.2023. [Электронный ресурс] URL: <https://mtraktor.ru/blog/traktor/selhozкультуры-rossii>

9. С.С. Пислегина, С.А. Четвертных. Урожайность сортов гороха в конкурсном сортоиспытании в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2018, том 67, № 6, С. 58-64. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.58-64.

10. Степанов А. Ф., Чибис С. П., Христич В. В., Александрова С. Н., Храмов С. Ю. Азотфиксирующая способность и роль бобовых трав в биологизации земледелия // Земледелие. 2023 №1 С. 18–22. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-1-18-22.

11. Толкачев Н. З. Модифицированный метод определения количества клубеньковых бактерий сои в почве // Труды ВНИИСХМ. 1990. Т. 60. С. 37–43.

12. Чайковская Л.А. Ключенко В.В., Баранская М.И., Овсиенко О.Л. Фосфатмобилизующие бактерии в агроценозах Крыма: монография / Под редакцией д.с-х.н. Л.А. Чайковской. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. 156 с.

13. Чайковская Л. А., Овсиенко О. Л. Фосфатмобилизующие микроорганизмы: 1 Биоразнообразие, влияние на минеральное питание растений и их продуктивность // Таврический вестник аграрной науки. 2021 № 4(28). С. 159–182. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182.

stimulating their growth, and increasing their yield. 11.01.2019.

8. Russian Agricultural Crops: Placement Principles and Processing Features / CTO, 29.09.2023. [Electronic resource].–URL: <https://mtraktor.ru/blog/traktor/selhozкультуры-rossii>

9. S.S. Pislegina, S.A. Chetvertnykh. Yield of Pea Varieties in Competitive Variety Testing in the Kirov Region // Agrarian Science of the Euro-North-East, 2018, Vol. 67, No. 6, pp. 58-64. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.58-64.

10. Stepanov A. F., Chibis S. P., Khristich V. V., Aleksandrova S. N., Khramov S. Yu. Nitrogen-fixing ability and the role of legumes in the biologisation of agriculture // Zemledelie. 2023 No. 1 P. 18–22. DOI:10.24412/0044-3913-2023-1-18-22.

11. Tolkachev N. Z. Modified method for determining the number of soybean nodule bacteria in the soil // Proceedings of All-Union Research Institute for Agricultural Microbiology (VNIISHM). 1990. Vol. 60. P. 37–43.

12. Chaykovskaya L.A. Klyuchenko V.V., Baranskaya M.I., Ovsienko O.L. Phosphate-mobilizing Bacteria in the Agroecosystems of the Crimea: Monograph / Edited by Dr. L.A. Chaykovskaya. Simferopol: IT "ARIAL", 2018. 156 p.

13. Chaykovskaya L. A., Ovsienko O. L. Phosphate-mobilizing microorganisms: 1 Biodiversity, influence on mineral nutrition of plants and their productivity // Tavrichesky Bulletin of Agrarian Science. 2021 No. 4(28). Pp. 159–182. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182.

Сведения об авторах:

Бараташвили Зинеп Асановна – микробиолог лаборатории растительно-микробного взаимодействия, отдела сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», e-mail: zinepb@bk.ru, 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150.

Алексеенко Мария Андреевна – младший научный сотрудник лаборатории растительно-микробного взаимодействия, отдела сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», e-mail: alekseenko_mashulya@bk.ru, 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150.

Горгулько Татьяна Владимировна, научный сотрудник лаборатории растительно-микробного взаимодействия, отдела сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», e-mail: t.gorgulko@gmail.com, 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150.

Дидович Светлана Витальевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, лаборатории растительно-микробного взаимодействия, отдела сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», e-mail: sv-alex.68@mail.ru, 295493, г. Симферополь, ул. Киевская, 150.

Information about the authors:

Baratashvili Zinep Asanovna – microbiologist of the Laboratory of plant-microbial interaction, Department of agricultural microbiology, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, e-mail: zinepb@bk.ru, 295493, 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia.

Alekseenko Maria Andreevna – junior Researcher of the Laboratory of plant-microbial interaction, e-mail: alekseenko_mashulya@bk.ru, 295493, 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia.

Gorgulko Tatiana Vladimirovna, researcher, Laboratory of the Laboratory of plant-microbial interaction, e-mail: t.gorgulko@gmail.com, 295493, 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia.

Didovich Svetlana Vitalievna – Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of plant-microbial interaction, Department of agricultural microbiology, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; e-mail: sv-alex.68@mail.ru, 295493, 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia.

УДК 633.34:631.811.1:631.531.04:581.1

**ВЛИЯНИЕ ДОЗ АЗОТНЫХ
УДОБРЕНИЙ И НОРМ
ВЫСЕВА НА
ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ И
БИОМЕТРИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ СОИ В
ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**THE EFFECT OF NITROGEN
FERTILIZER DOSES AND
SEEDING RATES ON THE
PHENOLOGICAL AND
BIOMETRIC PARAMETERS
OF SOYBEAN PLANTS IN THE
KHERSON REGION**

Макуха О. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Коковихин С. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

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

Makukha O.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

Kokovikhin S. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

В статье представлены результаты научных исследований особенностей фенологии, динамики густоты посева и основных биометрических параметров растений сои в зависимости от фона азотного питания и нормы высева в условиях орошения Херсонской области. Ценность и конкурентные преимущества сои обусловлены ее принадлежностью одновременно к двум хозяйственно важным группам культур – зернобобовым и масличным, многоплановостью практического использования и производимой продукции, прибыльностью выращивания. Значимость сои в агротехническом аспекте связана со способностью трансформации атмосферного азота в доступную для питания растений форму, улучшения агрохимических свойств почвы по показателям азота, что имеет первостепенное значение в Херсонской

The article presents the results of scientific research on the phenology, dynamics of crop density and basic biometric parameters of soybean plants, depending on the background of nitrogen nutrition and seeding rates under irrigation conditions in the Kherson region. The value and competitive advantages of soybeans are due to its belonging simultaneously to two economically important groups of crops – legumes and oilseeds, the versatility of practical use and products, and the profitability of cultivation. The importance of soybeans in the agrotechnical aspect is related to the ability to transform atmospheric nitrogen into a form accessible for plant nutrition, to improve the agrochemical properties of the soil in terms of nitrogen, which is of paramount importance in the Kherson region for dark chestnut soils

области для темно-каштановых почв с низким содержанием его доступных форм. Полевой опыт проведен в 2019-2021 годах по двухфакторной схеме с целью исследования трех градаций фона азотного питания N_0 ; N_{30} ; N_{60} и четырех вариантов нормы высева от 400 до 700 с шагом 100 тыс. шт./га в контексте их влияния на показатели роста и развития сои. Всходы сои наблюдались через 8-11 дней после сева. Длительность вегетационного периода находилась в пределах от 114 до 121 дня, азотные удобрения удлиняли этот период на 2-5 дней, увеличение посевной нормы, наоборот, сокращало его продолжительность на 1-4 дня. Показатель всхожести семян в полевых условиях составил 87,2-92,4%, выживаемости растений – 87,9-93,9%. В опыте зафиксирован диапазон изменения высоты растений сои от 87,4 до 103,9 см, нижние бобы сформированы на высоте 19,7-27,1 см. Линейные параметры растений сои изменялись в прямо пропорциональной закономерности от изучаемых факторов. Площадь листовой поверхности сои достигала наивысшего значения – 43,2 тыс. м²/га на варианте взаимодействия N_{60} посевной нормы 600 тыс. семян на 1 га. Это сочетание градаций исследуемых факторов обеспечило также максимальную величину сухой надземной массы – 10,60 т/га.

Ключевые слова: соя, вегетационный период, календарные сроки фаз развития растений, полевая всхожесть, выживаемость растений, высота растения, площадь листовой поверхности, сухая надземная масса.

with a low content of its available forms. The field experiment was conducted in 2019-2021 according to a two-factor scheme in order to study three gradations of the background of nitrogen nutrition N_0 ; N_{30} ; N_{60} and four variants of the seeding rate from 400 to 700 in increments of 100 thousand units/ha in the context of their impact on the growth and development of soybeans. Soybean seedlings were observed 8-11 days after sowing. The duration of the vegetation period ranged from 114 to 121 days, nitrogen fertilizers extended this period by 2-5 days, an increase in the sowing rate, on the contrary, shortened its duration by 1-4 days. The indicator of seed germination in the field was 87.2-92.4%, the survival of plants – 87.9-93.9%. In the experiment a range of changes in the height of soybean plants from 87.4 to 103.9 cm was recorded, and the lower beans were formed at a height of 19.7-27.1 cm. The linear parameters of soybean plants varied in direct proportion to the studied factors. The soybean leaf surface area reached the highest value – 43.2 thousand m²/ha in the interaction variant of N_{60} and the sowing rate of 600 thousand seeds per 1 ha. This combination of gradations of the studied factors also ensured the maximum value of the dry aboveground mass – 10.60 t/ha.

Keywords: vegetation period, calendar dates of the phases of plant development, field germination, the survival of plants, the height of plant, leaf surface area, dry aboveground mass.

Введение. В мире соя занимает лидирующие позиции среди зернобобовых культур и считается перспективной масличной культурой. К преимуществам сои, обеспечивающим ее прочную конкурентную позицию на современном аграрном рынке в сравнение с другими культурами, можно отнести уникальный состав питательных веществ, значительную прибыльность производства, возможность универсального использования в качестве пищевой, кормовой и технической культуры. Продукция, получаемая из сои, чрезвычайно разнообразна [6, 9, 12].

Сою можно считать уникальной сельскохозяйственной культурой, которая объединила не всегда совместимые аспекты производства: высокий уровень экономической эффективности и положительные агротехнические результаты возделывания благодаря обогащению почвы биологическим азотом, улучшению ее структуры и благоприятному влиянию на последующие культуры севооборота [6, 9]. Главными причинами, которые существенно укрепили позиции данной высокобелковой культуры на мировом рынке, являются рост населения в странах Азии, интенсивное развитие животноводства, изменение рациона питания людей в развитых странах в направлении преимущественного использования в пищу жиров растительного происхождения. Сое принадлежит ведущее место в мировом рейтинге по объемам производства растительного масла, которое на 98% усваивается организмом человека [9, 12, 23, 29].

Минеральное питание сои является достаточно специфическим. Культура отличается большей потребностью в питательных веществах для формирования урожая, чем зерновые, неравномерно поглощает их в течение вегетационного периода, способна усваивать атмосферный азот посредством симбиотического взаимодействия с клубеньковыми бактериями, использовать труднорастворимые фосфорные и калийные соединения почвы и перераспределять их запасы из стеблей в репродуктивные органы. Сложность минерального питания сои обусловлена биологическими особенностями растений, в частности способностью к азотфиксации, а также влиянием почвенных условий и климатических факторов [8, 22, 24, 25, 28]. Процесс симбиотической азотфиксации зависит от почвенных условий: влажности, температурного режима, pH, содержания макро- и микроэлементов [17].

Целесообразность внесения под сою азотных удобрений вызывает споры и противоречия в научном мире [2, 17]. Ряд авторов считают, что азотные удобрения выступают ингибитором формирования клубеньков и, как следствие, оказывают негативное влияние на фиксацию биологического азота растениями сои [17]. Однако следует принять во внимание, что структура азотного питания сои включает биологический азот, получаемый в результате азотфиксации, и минеральный азот, который растения потребляют из почвенных запасов и удобрений [8, 24]. Система удобрения сои должна быть адаптирована с учетом особенностей каждого региона [24] и содержания элементов минерального питания в почве [1, 3, 14]. Кроме того, необходимо обеспечить поддержание азотного баланса почв во избежание загрязнения окружающей среды, разраба-

тивать научные подходы рационального применения азотных удобрений, что связано не только с экологическими, но и экономическими аспектами в связи с их высокой стоимостью [15, 22, 26].

При возделывании культуры на темно-каштановых почвах Херсонской области с низким содержанием азота чрезвычайно актуальной становится проблема определения рациональных доз внесения азотных удобрений с учетом потребностей растений и стремления наиболее полно использовать потенциал природного процесса симбиотической азотфиксации. Норма высева определяет густоту стояния и, как следствие, усиливает или уменьшает влияние условий почвенного питания, влагообеспеченности, освещенности, что сказывается на темпах роста, продолжительности вегетационного периода, особенностях фенологии и урожайности растений [5, 16, 21]. Так, площадь питания растений зависит от нормы высева и считается одним из важных факторов их роста и развития [4]. В свою очередь, от динамики развития и органогенеза растения зависит механизм формирования и величина урожая [10, 16].

Норма высева должна быть подобрана с учетом индивидуальных биологических требований культуры и особенностей сорта [4, 16], должна обеспечивать формирование оптимальной густоты посева и способствовать росту продуктивности растений в определенных почвенно-климатических и агротехнических условиях [5, 20]. Число всхожих семян сои, высеваемых на гектар, варьирует в широком диапазоне 200-800 тыс. шт. в зависимости от особенностей сорта и природно-климатических условий [5, 11].

На загущенных посевах растения сои формируются в условиях недостаточной обеспеченности питательными веществами, освещенности и влагообеспеченности, снижения интенсивности азотфиксации, поэтому может наблюдаться полегание растений, раннее пожелтение и опадание листьев нижних ярусов, образование щуплых недозрелых бобов [5, 13, 21]. Соя является светочувствительной культурой, однако ученые выявили пластичные сорта, которые слабо реагируют или не реагируют на изменение освещенности [4, 21]. При уменьшении нормы высева возрастает продуктивность отдельного растения, но уменьшается их количество на единицу площади, на изреженных посевах бобы прикрепляются на стебле на небольшой высоте (3-5 см), что приводит к потерям во время уборки урожая [5].

Таким образом, развитие агропромышленного комплекса Херсонской области должно обеспечивать расширение площадей и совершенствование технологического сопровождения таких важных зернобобовых культур, как соя, в частности создания благоприятных условий азотного питания и выбора градаций норм высева семян, для оптимизации условий онтогенеза растений, являющихся основой формирования показателей их продуктивности. Выращивание сои в севооборотах региона является актуальным с агротехнической и экономической точки зрения, а также в контексте обеспечения сырьем пищевой и перерабатывающей промышленности.

Материал и методы исследований. Цель научного исследования – установить влияние доз азотных удобрений и норм высева на фенологические характеристики и биометрические параметры растений сои, усовершенствовать элементы сортовой агротехники в орошаемых условиях степной зоны. Задачи исследований: изучить особенности фенологии сои с учетом элементов сортовой агротехники; проанализировать влияние исследуемых факторов на динамику густоты стояния растений; оценить биометрические показатели сои в опыте под влиянием фона азотного питания и нормы высева.

Полевой опыт был заложен на территории К(Ф)Х “Нива” Херсонской области в 2019-2021 годах. Хозяйство находится в степной зоне, которая характеризуется засушливым жарким климатом. Метеорологические условия в годы исследований можно охарактеризовать как контрастные, но в целом они были синхронизированы с многолетними показателями климата региона. Недостаток влаги, как основной экстремальный фактор зоны, искусственно компенсировался за счет режима орошения, что позволило создать необходимые условия и обеспечить биологические потребности растений сои.

Почвенный покров опытных делянок, на которых проводилось технологическое совершенствование выращивания сои, представлен темно-каштановой слабосолонцеватой почвой, по механическому составу среднесуглинистого типа. Пахотный слой почвы содержит гумуса 2,31%, азота в нитратной форме – 24, подвижных соединений фосфора – 32, обменного калия – 240 мг/кг почвы. Плотность сложения составила 1,28-1,30 г/см³, общая пористость – 47,5-48,3%, наименьшая влагоемкость не превышала 22,0%, а влажность увядания – 9,1%. Темно-каштановые почвы степной зоны Херсонской области бедны азотом, поэтому введение в севооборот сои и других культур, способных к симбиотической азотфиксации, позволит улучшить их агрохимические свойства.

Соблюдение апробированных методик и рекомендаций в полевом опыте с соей позволяет утверждать о достоверности полученных данных и практической значимости выводов [7, 18, 19]. Схема опыта представлена такими факторами: Фактор А – фон азотного питания: без удобрений (контроль); N₃₀; N₆₀; Фактор В – норма высева: 400; 500; 600; 700 тыс. шт./га. Закладку полевого опыта проводили, руководствуясь методом расщепленных делянок и соблюдая четырехкратную повторность.

В опыте возделывали районированный сорт сои София селекции Института орошаемого земледелия. При выращивании сои в опыте выполняли рекомендации ведущих научных учреждений для орошаемых условий Херсонской области за исключением технологических элементов в части применения азотных удобрений и нормы высева.

Результаты и обсуждения. Особенности роста и формирования урожая сельскохозяйственных культур связаны с фазами развития растений и этапами их онтогенеза. Фенологический мониторинг позволяет обеспечить контроль развития растений в посеве, исследовать изменения их состояния в зависимо-

сти от влияния биотических, абиотических и антропогенных факторов.

Продолжительность периода от сева сои до формирования всходов была от 8 дней на участках с нормой высева 400 и 500 тыс. шт./га до 9 и 11 дней на вариантах нормы высева, соответственно, 600 и 700 тыс. шт./га. Вегетационный период сои длился 114-121 день. Наиболее коротким этот период был на неудобренном варианте при норме высева 700 тыс. шт./га, наиболее продолжительным – на фоне N_{60} при севе нормами 400 и 500 тыс. шт./га. Вегетационный период сои удлинялся на 2-5 дней в результате применения азотных удобрений, сокращался на 1-4 дня при увеличении нормы высева.

Продолжительность периодов между основными фазами развития сои в зависимости от фона азотного питания и нормы высева составляла: всходы-ветвление – 23-27, ветвление-цветение – 36-38, цветение-формирование бобов – 18-19, формирование бобов-спелость – 37-38 дней (рисунок 1). Степень влияния изучаемых факторов можно оценить, соответственно для приведенных выше периодов, как 17,4; 5,6; 5,6; 2,7%.

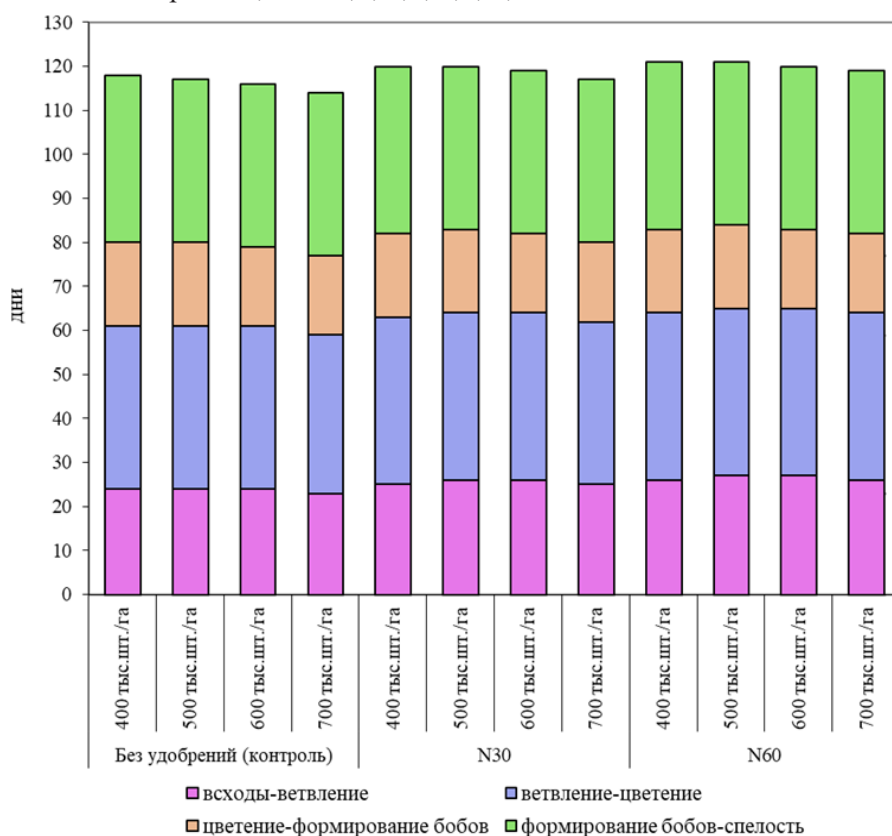


Рисунок 1. Продолжительность межфазных периодов сои в зависимости от влияния исследуемых факторов, дней

Календарные даты фаз развития сои также зависели от влияния фона азотного питания и посевной нормы. Всходы сои появлялись по вариантам опыта 6-9 мая, ветвление проходило 30 мая – 4 июня, цветение – 6-12 июля, формирование бобов – 25-30 июля, спелость – 30 августа – 4 сентября (таблица 1).

Таблица 1. Календарные сроки фаз развития сои в зависимости от влияния исследуемых факторов

Фон азотного питания, фактор А	Норма высева, тыс. шт./га, фактор В	Фазы развития сои					
		сев	всходы	ветвление	цветение	формирование бобов	спелость
Без удобрений (контроль)	400	28.04	06.05	30.05	06.07	25.07	31.08
	500	28.04	06.05	30.05	06.07	25.07	30.08
	600	28.04	07.05	31.05	07.07	25.07	30.08
	700	28.04	09.05	01.06	07.07	25.07	30.08
N ₃₀	400	28.04	06.05	31.05	08.07	27.07	02.09
	500	28.04	06.05	01.06	09.07	28.07	02.09
	600	28.04	07.05	02.06	10.07	28.07	02.09
	700	28.04	09.05	03.06	10.07	28.07	02.09
N ₆₀	400	28.04	06.05	01.06	09.07	28.07	03.09
	500	28.04	06.05	02.06	10.07	29.07	03.09
	600	28.04	07.05	03.06	11.07	29.07	03.09
	700	28.04	09.05	04.06	12.07	30.07	04.09

Условием формирования высокоурожайного посева сои является обеспечение оптимального уровня густоты стеблестоя. Наиболее ответственными являются начальные стадии развития растений сои, когда закладываются предпосылки дальнейшего роста, обеспечивается густота посева и потенциал его продуктивности.

Полевая всхожесть сои уменьшалась от 92,4% при севе нормой 400 тыс. шт. на 1 га до 87,2% на варианте нормы высева 700 тыс. шт. на 1 га. Густота всходов сои изменялась в зависимости от посевной нормы. На варианте сева нормой 400 тыс. шт./га этот показатель составил 37,0; 500 тыс. шт./га – 45,4; 600 тыс. шт./га – 53,9; 700 тыс. шт./га – 61,0 шт/м².

Выживаемость растений сои в конце вегетационного периода была в пределах 87,9-93,9%. Лучшие показатели сформированы на фоне N₃₀ при минимальной в опыте норме высева 400 тыс. шт./га. Внесение азотных удобрений дозой 60 кг д.в./га оказало неблагоприятное влияние на процент выживаемости растений сои, которое усиливалось в загущенных посевах. Предуборочная густота посева сои существенно различалась по вариантам опыта в связи с изучением фактора нормы высева. Влияние азотных удобрений было эквивалентным 2,9%, нормы высева – 59,3%. На 1 м² агроценоза в предуборочный период наблюдалось от 34,1-34,7 растений при норме высева 400 тыс. шт./га до 53,6-55,6 растений при севе нормой 700 тыс. шт./га.

Разная густота стеблестоя и ее динамика в течение вегетационного периода сои влияли на индивидуальные характеристики отдельных растений, условия их развития, питания, освещения и т.д., что в итоге сказывалось на биометрических, фенологических, продуктивных показателях агроценоза.

Биометрические показатели растений – структурные элементы посева сои (таблица 2), которые характеризуют его ростовые процессы, определяют фотосинтетическую деятельность и показатели продуктивности, отражают влияние антропогенных факторов (элементов технологии выращивания), почвенно-климатических и погодных условий на развитие растений.

Высота растений сои была минимальной – 87,4 см на естественном агрохимическом фоне при посевной норме 400 тыс. шт./га, максимальное значение – 103,9 см отмечено на варианте внесения N_{60} , высева 700 тыс. семян на 1 га. Зависимость линейного роста растений сои от влияния исследуемых факторов имела прямо пропорциональный характер, что проявлялось в увеличении их высоты при увеличении дозы азотных удобрений и нормы высева. Степень влияния этих факторов на высоту растений сои составила 10,4% (8,8-12,9%) и 7,7% (5,3-9,3%), соответственно.

Высота прикрепления нижних бобов изменялась от 19,7 см (на неудобренных участках при севе нормой 400 тыс. шт./га) до 27,1 см (на фоне N_{60} и посевной норме 700 тыс. шт./га). Влияние фона азотного питания и нормы высева на величину этого показателя было прямо пропорциональным, как и в случае с высотой растений сои. Данный показатель, в свою очередь, оказывает влияние на продуктивность посевов, так как в случае низкого размещения на растении бобы не обмолачиваются и часть урожая теряется при уборке.

Площадь листовой поверхности растений сои на варианте без удобрений составила 31,8-35,8, на фоне N_{30} – 37,6-40,9, N_{60} – 41,3-43,2 тыс. м²/га в зависимости от влияния нормы высева. Листовая поверхность возросла относительно контроля благодаря применению 30 и 60 кг/га действующего вещества азотных удобрений в абсолютном выражении на 5,6 и 8,3 тыс. м²/га, в относительном выражении на 16,5 и 24,4%, соответственно. При увеличении нормы высева на каждые 100 тыс. шт. на 1 га прирост площади листьев растений сои снижался от 1,4 до 1,2 и 0,3 тыс. м²/га, или в процентном отношении от 3,8 до 3,1 и 0,8%.

Наибольшая величина площади листовой поверхности растений сои с учетом особенностей взаимного влияния изучаемых факторов выявлена на фоне внесения 60 кг действующего вещества азотных удобрений на 1 га при норме высева 600 тыс. семян на 1 га и составила 43,2 тыс. м²/га. Нижний предел экспериментальных данных по этому показателю – 31,8 тыс. м²/га зафиксирован на неудобренном варианте при севе наименьшей в опыте нормой.

Сухая надземная масса сои достигала уровня 10,60 т/га за счет внесения N_{60} , сева нормой 600 тыс. шт./га. Худшие результаты по этому показателю – 8,29 т/га были на неудобренном контроле при наименьшей исследуемой норме высева. Сравнение средних значений сухой надземной массы по фактору А

свидетельствует, что на фоне N_{30} она увеличилась на 1,28 т/га (14,8%), N_{60} – 1,66 т/га, или 19,2% в сравнение с контролем. При повышении нормы высева с 400 до 500 тыс. семян на 1 га надземная масса растений сои возросла на 0,34 т/га (3,7%), с 500 до 600 тыс. шт./га – на 0,31 т/га (3,2%). В дальнейшем увеличение посевной нормы с 600 до 700 тыс. шт./га обусловило потери 0,13 т/га, что в относительном выражении эквивалентно 1,3%.

Таблица 2. Биометрические показатели сои в зависимости от влияния исследуемых факторов

Фон азотного питания, фактор А	Норма высева, тыс. шт./га, фактор В	Высота растений, см	Высота прикрепления нижних бобов, см	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	Сухая надземная масса, т/га
Без удобрений (контроль)	400	87,4	19,7	31,8	8,29
	500	90,2	21,6	33,5	8,64
	600	91,3	23,2	34,7	8,87
	700	92,0	24,8	35,8	8,83
N_{30}	400	91,5	20,9	37,6	9,48
	500	94,9	23,0	39,4	9,86
	600	97,6	24,7	40,6	10,25
	700	99,1	26,5	40,9	10,16
N_{60}	400	95,1	21,3	41,3	10,02
	500	98,8	23,4	42,1	10,31
	600	100,7	25,2	43,2	10,60
	700	103,9	27,1	42,7	10,34
HCP_{05}	А	2,86	0,32	1,43	0,326
	В	1,87	0,87	0,47	0,124

Площадь ассимиляционного аппарата одного растения сои составила 647-1211 см². Благоприятные условия формирования листового аппарата отдельно взятого растения отмечены на варианте внесения азотных удобрений дозой 60 кг д.в./га, сева нормой 400 тыс. шт./га. На фоне N_{60} наблюдался прирост листовой поверхности растения, в среднем, на 27,7% в сравнение с неудобренным вариантом.

Увеличение густоты посева между вариантами минимального значения нормы высева и максимальной изучаемой градации, наоборот, вызвало уменьшение площади листового аппарата одного растения, в среднем, на 32,2%. Следовательно, влияние исследуемых факторов в данном контексте было разнонаправленным (рисунок 2).

Если анализировать показатель сухой надземной массы одного растения сои, можно утверждать, что увеличение дозы азотных удобрений и уменьшение нормы высева обеспечивали его рост. Это объясняет минимальное и максимальное значение эмпирических данных – 16,0 г на варианте без удобрений с нормой высева 700 тыс. шт./га и 29,4 г на фоне N_{60} при севе нормой 400 тыс. шт./га, соответственно.

В результате применения азотных удобрений сухая надземная масса одного растения сои возросла на 21,4%, при увеличении густоты посева уменьшилась на 33,5% в пределах исследуемых диапазонов факторов.

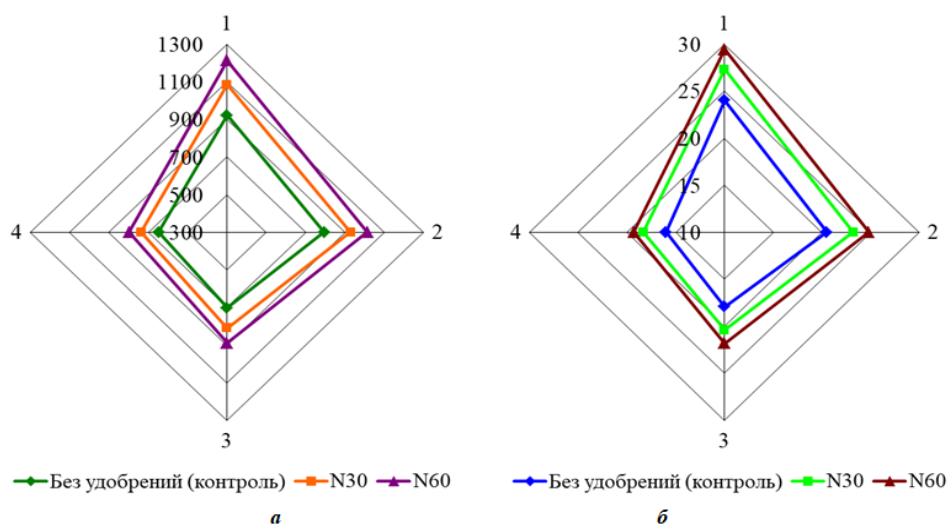


Рисунок 2. Биометрические показатели одного растения сои в зависимости от влияния исследуемых факторов

а – площадь листовой поверхности сои, см² на растение

б – сухая надземная масса сои, г на растение

Норма высева: 1 – 400 тыс. шт./га; 2 – 500 тыс. шт./га; 3 – 600 тыс. шт./га; 4 – 700 тыс. шт./га

Азотные удобрения благоприятно влияли на величину надземной массы отдельного растения и гектара посева. При загущении стеблестоя снижение индивидуальных показателей отдельных растений компенсировалось их большим количеством, поэтому выход сухой надземной массы с единицы площади агроценоза сои возрастал. На варианте сева наивысшей в опыте нормой усиливалась гибель растений за вегетационный период, что в сочетании с ухудшением условий формирования сухого вещества отдельного растения негативно влияло на показатели биомассы посева сои.

Выводы. В полевых опытах доказано, что выращивание сои имеет исключительно важное продовольственное, кормовое, промышленное, агротехническое, экономическое значение, но для наиболее полного использования ее уникальных потенциальных свойств необходимо проводить корректировку технологического сопровождения с целью его совершенствования.

В опыте продолжительность вегетационного периода сои составила 114-121 день. Он удлинялся под действием азотных удобрений на 2-5 дней и сокращался на загущенных посевах на 1-4 дня. Полевая всхожесть культуры была от 87,2 до 92,4%, выживаемость растений находилась в диапазоне от 87,9 до 93,9%. Густота посева в фазу всходов и перед уборкой урожая значительно варьировала под влиянием нормы высева. Показатели высоты растений и прикрепления нижних

бобов возрастали с увеличением дозы внесения азотных удобрений и нормы высева. Максимальный уровень площади листьев (43,2 тыс. м²/га) и сухой надземной массы сои (10,60 т/га) был на фоне N₆₀ при севе нормой 600 тыс. шт./га.

Список использованных источников:

1. Адамень, Ф. Ф. Влияние гидро-термических 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.

2. Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А., Волкова В.А. Влияние азотных подкормок на урожайность и качество семян сои // Плодородие. – 2025. – № 6. – С. 35-38.

3. Балакай Г.Т., Докучаева Л.М., Юркова Р.Е., Селицкий С.А. Пути усовершенствования элементов технологии возделывания сои // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – № 4 (36). – С. 100-120.

4. Булавинцев Р.А., Головин С.И., Стебаков В.А., Полохин А.М. Эффективность возделывания сои в зависимости от способа посева и нормы высева // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 1 (100). – С. 56-62.

5. Гретченко А.Е., Мезенцева Ю.О., Михайлова М.П., Рафальский С.В. Формирование урожайности сои сорта Китросса в зависимости от густоты посева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2021. – № 7. – С. 50-58.

6. Дорохов А.С., Бельшклина М.Е., Большеева К.К. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития // Вестник Ульяновской государственной сельско-

References:

1. 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.

2. Balabanova N. F., Voronkova N. A., Volkova V. A. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and quality of soybean seeds // Plodorodie. - 2025. - No. 6. - P. 35-38.

3. Balakai G. T., Dokuchaeva L. M., Yurkova R. E., Selitsky S. A. Ways to improve the elements of soybean cultivation technology // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. – 2019. – No. 4 (36). – P. 100-120.

4. Bulavintsev R.A., Golovin S.I., Stebakov V.A., Polokhin A.M. Efficiency of soybean cultivation depending on the sowing method and seeding rate // Bulletin of agrarian science. – 2023. – No. 1 (100). – P. 56-62.

5. Gretchenko A.E., Mezentseva Yu.O., Mikhailova M.P., Rafal'skiy S.V. Formation of the yield of soybean variety Kitrossa depending on the sowing density // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2021. – No. 7. – P. 50-58.

6. Dorokhov A.S., Belyshkina M.E., Bolsheva K.K. Soybean production in the Russian Federation: main trends and development prospects // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. -

хозяйственной академии. – 2019. – № 3 (47). – С. 25-33.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

8. Ерматова Д.Е., Рахимова Х.М., Ибрагимова С.У. Рост и развитие сои при совместном внесении азотных удобрений с инокуляцией // Молодой ученый. – 2018. – № 17 (203). – С. 148-150.

9. Козлова Е.И., Новак М.А., Яндю В.В. Региональные аспекты развития рынка сои на современном этапе // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 16. № 1 (76). – С. 213-220.

10. Коковихин С.В., Чернышова Е.О., Макуха О.В. Эффективность использования орошения при выращивании сельскохозяйственных культур в северном Причерноморье в условиях изменения климата // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 31 (194). – С. 7-16.

11. 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..

12. Левкина О.В., Васильев В.В. Современные тенденции развития мирового соевого рынка // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3. – С. 12-18.

13. Миленко О.Г. Продуктивность агрофитоценоза сои в зависимости от сорта, норм высева семян и способов ухода за посевами // Известия Тимирязевской

2019. - No. 3 (47). - P. 25-33.

7. Dospekhov B.A. Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results). - Moscow: Agropromizdat, 1985. - 351 p.

8. Ermatova D.E., Rakhimova H.M., Ibragimova S.U. Soybean growth and development with combined application of nitrogen fertilizers with inoculation // Young scientist. - 2018. - No. 17 (203). - P. 148-150.

9. Kozlova E.I., Novak M.A., Yandyo V.V. Regional aspects of soybean market development at the present stage // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. - 2023. - Vol. 16. No. 1 (76). - P. 213-220.

10. Kokovikhin S.V., Chernyshova E.O., Makukha O.V. Efficiency of using irrigation in growing agricultural crops in the northern Black Sea region under climate change // Bulletin of agricultural science of Tavrida. - 2022. - No. 31 (194). - P. 7-16.

11. 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 // Bulletin of the agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 39 (202). - P. 80-99..

12. Levkina O. V., Vasiliev V. V. Modern trends in the development of the world soybean market // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. - 2017. - No. 3. - P. 12-18.

13. Milenko O. G. Productivity of soybean agrophytocenosis depending on the variety, seeding rates and crop care methods // Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy. – 2019. – No. 1. – P. 170-181.

14. Muravyov A.A., Demidova A.G. Yield and seed quality of soybean varieties in the forest-steppe of the Central Black Earth Region on differently fertilized

зевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 170-181.

14. Муравьев А.А., Демидова А.Г. Урожай и качество семян сортов сои в лесостепи ЦЧР на разнородных фонов // Земледелие. – 2018. – № 3. – С. 22-25.

15. Некрасова Т.П., Лукин А.Л., Пичугин А.П., Макаров А.Д. Роль влагоудерживающего удобрения в повышении эффективности биологической азотфиксации и продуктивности сои // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». – 2022. – № 4 (44). – С. 74-83.

16. Рафальский С.В., Рафальская Н.Б., Мельникова Т.В., Рафальская О.М. Влияние структуры посева на формирование урожая сои сорта Топаз // Агронаука. – 2023. – Том 1. № 1. – С. 171-177.

17. Синеговская В.Т., Ануфриева И.В., Урюпина А.А. Влияние обеспеченности растений минеральным азотом на развитие симбиотического аппарата и урожайность сои // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. № 6. – С. 28-32.

18. 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.

19. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковихин С.В. Методика польового досліду (зрошування землеробство). – Херсон: Гринь ДС, 2014. – 448 с.

20. Фадеева А.Н., Абросимова Т.Н. Формирование структуры посева и продуктивности растений сои северного экотипа при разных способах посева в условиях лесостепи среднего Поволжья

backgrounds // Agriculture. – 2018. – No. 3. – P. 22-25.

15. Nekrasova T.P., Lukin A.L., Pichugin A.P., Makarov A.D. The role of water-retaining fertilizer in increasing the efficiency of biological nitrogen fixation and soybean productivity // Scientific and production journal "Leguminous and cereal crops". – 2022. – No. 4 (44). – P. 74-83.

16. Rafal'skiy S.V., Rafal'skaya N.B., Melnikova T.V., Rafal'skaya O.M. The influence of cropping structure on the formation of the Topaz soybean yield // Agrosience. - 2023. - Vol. 1. No. 1. - P. 171-177.

17. Sinegovskaya V.T., Anufrieva I.V., Uryupina A.A. The influence of plant mineral nitrogen supply on the development of the symbiotic apparatus and soybean yield // Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. - 2020. - Vol. 34. No. 6. - P. 28-32.

18. Ushkarenko V.A., Lazarev N.N., Goloborodko S.P., Kokovikhin S.V. Dispersion and correlation analysis in crop production and meadow cultivation: monograph. - Moscow: Publ. Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2011. - 336 p.

19. Ushkarenko V.O., Vozhegova R.A., Goloborodko S.P., Kokovikhin S.V. Methodika polovogo doslidu (zroshuvane zemlerobstvo). - Kherson: Grin DS, 2014. - 448 p.

20. Fadeeva A.N., Abrosimova T.N. Formation of sowing structure and productivity of soybean plants of the northern ecotype with different sowing methods in the forest-steppe conditions of the middle Volga region // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. - 2020. -

// Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (59). Т. 15. – С. 49-53.

21. Чепелев Г.П., Михайлова М.П., Гретченко А.Е., Мезенцева Ю.О. Влияние плотности посева сои сорта Кружевница на урожайность и качество семян в условиях юга Приамурья // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. № 8. – С. 80-84.

22. Чернышова Е.О., Макуха О.В., Коковихин С.В. Продуктивность сортов сои в зависимости от влияния инокулянтов и защиты растений в орошаемых условиях северного Причерноморья // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 34 (197). – С. 16-28.

23. Юмашев Х.С., Захарова И.А., Крамаренко В.Я. Влияние азотных удобрений и запасов подвижного фосфора почвы на продуктивность сои в условиях лесостепи Южного Зауралья // Аграрный вестник Урала. – 2024. – Т. 24. № 2. – С. 185-196.

24. Юркова Р.Е., Докучаева Л.М. Влияние минеральных удобрений на рост, развитие и урожайность сои на лугово-черноземных почвах Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. – 2021. – Т. 11. № 3. – С. 206-220.

25. Drobitko, A. V. Effect of pre-sowing seed inoculation on the productivity of soybean varieties in the Steppe of Ukraine / A. V. Drobitko, S. V. Kokovikhin // Agrarian innovations. – 2020. – No. 1. – P. 40.

26. Efficiency of soybean crops using solar energy and soil moisture on irrigated and non-irrigated lands / A. V. Drobitko, R. A. Vozhehova, S. V. Kokovikhin, I. M. Bilyaeva // Орошаемое земледелие. – 2020. – No. 74. – P. 35.

27. Energy efficiency of sweet corn

No. 3 (59). Vol. 15. – Pp. 49-53.

21. Chepelev G.P., Mikhailova M.P., Gretchenko A.E., Mezentseva Yu.O. Effect of sowing density of the Kruzhevitsa soybean variety on yield and seed quality in the southern Amur region // Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. – 2020. – Vol. 34. No. 8. – Pp. 80-84.

22. Chernyshova E.O., Makukha O.V., Kokovikhin S.V. Productivity of soybean varieties depending on the effect of inoculants and plant protection in irrigated conditions of the northern Black Sea region // News of agricultural science of Tavrida. – 2023. – No. 34 (197). – Pp. 16-28.

23. Yumashev H.S., Zakharova I.A., Kramarenko V.Ya. The influence of nitrogen fertilizers and reserves of available phosphorus in the soil on soybean productivity in the forest-steppe conditions of the Southern Trans-Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2024. – Vol. 24. No. 2. – P. 185-196.

24. Yurkova R.E., Dokuchaeva L. M. Effect of mineral fertilizers on the growth, development, and yield of soybeans on meadow-chnozem soils of the Rostov region // Land Reclamation and Hydraulic Engineering. – 2021. – Vol. 11. No. 3. – Pp. 206-220.

25. Drobitko, A. V. Effect of pre-sowing seed inoculation on the productivity of soybean varieties in the Steppe of Ukraine / A. V. Drobitko, S. V. Kokovikhin // Agrarian innovations. – 2020. – No. 1. – P. 40.

26. Efficiency of soybean crops using solar energy and soil moisture on irrigated and non-irrigated lands / A. V. Drobitko, R. A. Vozhehova, S. V. Kokovikhin, I. M. Bilyaeva // Irrigated agriculture. – 2020. – No. 74. – P. 35.

27. 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.

28. Scientific and methodological principles of remote agro-ecological monitoring and forecasting / O. Furdychko, O. Tarariko, T. Il'ienko [et al.] // Вісник аграрної науки. – 2022. – Vol. 100, No. 4. – P. 64-71.

29. The influence of agricultural practices on the efficiency of using photosynthetic active radiation and moisture by soybean under the conditions of the South of Ukraine / R. A. Vozhehova, S. V. Kokovikhin, A. V. Drobitko, V. H. Naidonov // Taurian Scientific Herald. – 2021. – No. 117. – P. 22-28.

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

28. Scientific and methodological principles of remote agro-ecological monitoring and forecasting / O. Furdychko, O. Tarariko, T. Il'ienko [et al.] // Bulletin of Agrarian Science. – 2022. – Vol. 100, No. 4. – P. 64-71.

29. The influence of agricultural practices on the efficiency of using photosynthetic active radiation and moisture by soybean under the conditions of the South of Ukraine / R. A. Vozhekhova, S. V. Kokovikhin, A. V. Drobitko, V. H. Naidonov // Taurian Scientific Herald. – 2021. – No. 117. – P. 22-28.

Сведения об авторах:

Ольга Владимировна Макуха – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники и защиты растений, e-mail: olga_ovm19@mail.ru.

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», e-mail: serg.ac@mail.ru, 350044, Краснодар, ул. Калинина, 13.

Information about the authors:

Olga Vladimirovna Makukha – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Botany and Plant Protection, e-mail: olga_ovm19@mail.ru.

Sergey Vasilievich Kokovikhin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, 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, Kalinina st., 13.

УДК 633.854.54:581.132:631.8:631.67

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И
ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНА
МАСЛИЧНОГО В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ
УВЛАЖНЕНИЯ, СОРТОВОГО
СОСТАВА И УДОБРЕНИЯ**

**PHOTOSYNTHETIC
ACTIVITY AND PRODUCTIVITY
OF OIL FLAX
DEPENDING ON MOISTURE
CONDITIONS, VARIETAL
COMPOSITION AND
FERTILIZATION**

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. Трубилкина»;

Сташкина А. Ф., кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»

Арсланова Л. Э., кандидат с.-х. наук, преподаватель ОТКЗ агропромышленного колледжа (филиал) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

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"

Arslanova L.E., candidate of agricultural Sciences, lecturer at the branch of the Agro-Industrial College of the V.I. Vernadsky KFU

В статье приведены результаты полевых исследований по изучению влияния условий увлажнения и удобрений на фотосинтетическую деятельность и продуктивность льна масличного в условиях Северного Причерноморья. Установлено, что площадь листьев существенно (на 10,0-11,1%) увеличивается при внесении высоких доз мине-

The article presents the results of field studies on the influence of moisture conditions and fertilizers on the photosynthetic activity and productivity of oil flax in the Northern Black Sea region. It was found that the leaf area significantly (by 10.0-11.1%) increases with the application of high doses of mineral fertilizers ($N_{90}P_{60}$). The

ральных удобрений ($N_{90}P_{60}$). Показатели фотосинтетического потенциала посевов были напрямую связаны с площадью листовой поверхности. Установлено, что с увеличением площади листа (особенно в период бутонизации-цветения) ФП также повышался. Орошение проявило значительное положительное влияние на формирование показателей продуктивности исследуемых сортов льна масличного. Максимальное количество коробочек – 18,0 шт., и семян на 1 растении – 160,5 шт. сформировали растения сорта Вера за внесение $N_{90}P_{60}$. У сорта Эврика количество семян на растении при поливных условиях сформировалось на 75,8 шт. больше, чем при естественном увлажнении. Наибольшей массой 1000 семян как на орошении (8,94-9,06 г), так и в неполивных условиях (7,90-8,05 г) характеризовался сорт льна масличного Эврика. Прирост урожайности на поливных вариантах составил в среднем 0,77 т/га, что показывает высокую эффективность использования орошения для этой культуры. В орошаемых условиях наибольшую урожайность (2,36 т/га) обеспечил сорт льна масличного Эврика с внесением максимальной дозы минеральных удобрений $N_{90}P_{60}$. Нейронный анализ подтвердил, что орошение существенно повышает урожайность семян льна, особенно в совокупности с оптимизированными биометрическими и фотосинтетическими показателями. Более высокие показатели площади листьев, чем на неполивных делянках, свидетельствуют о интенсификации фотосинтетической деятельности растений льна масличного. В орошаемых условиях наблюдается прямое

photosynthetic potential of crops was directly related to the leaf surface area. It was found that with an increase in leaf area (especially during the budding-flowering period), FP also increased. Irrigation showed a significant positive effect on the formation of productivity indicators of the studied oil flax varieties. Plants of the Vera variety formed the maximum number of capsules - 18.0 pcs., and seeds per 1 plant - 160.5 pcs. after the application of $N_{90}P_{60}$. The Eureka variety formed 75.8 more seeds per plant under irrigation than under natural moisture. The Eureka oil flax variety demonstrated the highest 1,000-seed weight under both irrigated (8.94-9.06 g) and non-irrigated conditions (7.90-8.05 g). Yield increases under irrigated conditions averaged 0.77 t/ha, demonstrating the high efficiency of irrigation for this crop. Under irrigated conditions, the Eureka oil flax variety achieved the highest yield (2.36 t/ha) with the maximum dose of $N_{90}P_{60}$ mineral fertilizer. Neural analysis confirmed that irrigation significantly increases flax seed yield, especially when combined with optimized biometric and photosynthetic parameters. Higher leaf area compared to non-irrigated plots indicates enhanced photosynthetic activity in oil flax plants. Under irrigated conditions, biometric parameters (pod count, seed count, and seed weight per plant) have a direct positive effect on overall seed yield. Thousand-seed weight showed an inverse relationship with yield, both under irrigated and dry conditions.

позитивное влияние биометрических показателей (количества коробочек, количества семян и массы семян с растения) на общую урожайность семян. Масса 1000 семян показала обратную пропорциональную зависимость от урожайности, как в орошаемых, так и в неполивных условиях.

Ключевые слова: лен масличный, орошение, минеральные удобрения, фотосинтетические показатели, биометрические показатели структуры урожая, урожайность, нейронная сеть.

Key words: oil flax, irrigation, mineral fertilizers, photosynthetic indicators, biometric indicators of crop structure, yield, neural network.

Введение. Лен масличный – перспективная сельскохозяйственная культура, обладающая высокой ценностью как источник пищевых, лечебных продуктов и технического сырья (лаки, краски и др.). 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.

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.

Для получения стабильно высоких урожаев качественных семян новых сортов, особенно в условиях меняющегося увлажнения, необходимо совершенствовать агротехнологии, в первую очередь – оптимизировать систему питания растений. Научные исследования подтверждают, что увеличение минерального питания значительно повышает урожайность льна масличного, особенно при орошении, увеличивая выход семян более чем на 30%. В связи с этим, изучение ключевых элементов технологии выращивания льна масличного является актуальной задачей [1, 2, 3, 4, 5].

Растущий спрос на передовые технологии в современном земледелии требует постоянного совершенствования существующих и разработки новых под-

ходов, связанных с цифровыми сервисами, специальными компьютерными программами, датчиками и т.д. Повышение потребительской ценности растениеводческой продукции и стремление к увеличению прибыли при сохранении цены стимулируют поиск инновационных решений. Однако, экономические, технологические, организационные и экологические возможности для улучшения производства не всегда успевают за растущей сложностью запросов внутреннего и мирового рынков. Накопление этого отставания приводит к появлению принципиально новых методов, основанных на передовых научных разработках и технических решениях. В контексте орошаемого земледелия, инновация представляет собой научный подход, обеспечивающий повышение эффективности производства и основанный на современных научно-технических достижениях, обладающих мощным потенциалом в агросфере [6, 7, 8, 9, 10].

Орошаемое земледелие основано на уникальных свойствах почв, представляющих собой сложные биосферные системы, отражающие особенности орошаемого ландшафта и оказывающие значительное влияние на формирование окружающей среды. Это требует особого подхода к использованию земельных ресурсов в регионах орошения [11, 12, 13, 14, 15]. Для повышения эффективности использования орошаемых земель необходимо пересмотреть существующие экономические подходы к их оценке, учитывая их экологическое состояние. Проблемы, возникшие в земледелии, связаны с тем, что его развитие происходило в условиях устаревших экономических моделей и отсутствия комплексных экологических оценок и прогнозов. Неоднозначность целей богарного земледелия и текущее состояние орошаемых земель свидетельствуют о необходимости более глубокого и комплексного анализа возделывания льна масличного [16, 17, 18].

В условиях глобального потепления и возрастающей частоты экстремальных погодных явлений, зависимость растениеводства от климатических факторов становится все более выраженной. В частности, климатическая изменчивость оказывает существенное влияние на урожайность зерновых и масличных культур, объясняя значительную часть колебаний урожая пшеницы и в Европе и России (от 23% до 66%) [19, 20, 21, 22, 23]. Учитывая, что большая часть российских сельскохозяйственных земель находится в зонах рискованного земледелия, прогнозируется дальнейшее усиление этой зависимости и снижение предсказуемости урожайности. В связи с этим, разработка стратегий адаптации к изменяющемуся климату и повышение устойчивости сельскохозяйственного производства приобретают первостепенное значение [24, 25, 26, 27, 28].

Основные льносеющие регионы России – Ставропольский край, Ростовская, Самарская, Саратовская и Волгоградская области и Республика Крым. Быстро расширяется производство льна масличного в Алтайском крае. Выращивают его в небольших количествах и в других регионах – Пензенской, Воронежской, Курской, Оренбургской областях, в республиках Кабардино-Балкарской, Северной Осетии-Алании, Башкортостан и в Краснодарском крае.

Климатические условия южного региона Российской Федерации харак-

теризуются хорошим потенциалом для расширения площадей и повышения продуктивности льна масличного, что позволит активно завоевывать достойное место в аграрном производстве России.

Материал и методы исследований. Целью исследований было установить закономерности показателей фотосинтетической деятельности и продуктивности льна масличного в зависимости от условий увлажнения, сортового состава и удобрения при выращивании в условиях Северного Причерноморья.

Схема трёхфакторного полевого опыта включала:

- условия увлажнения (фактор А): при орошении; без орошения;
- сорт (фактор В): Эврика; Орфей; Вера;
- удобрения (фактор С): без удобрений (контроль); $N_{45}P_{60}$; $N_{60}P_{60}$; $N_{90}P_{60}$.

Общая площадь опытных делянок равнялась 60 м², учетной – 50 м², повторность – трехкратная. Почва опытного участка темно-каштановая тяжело суглинистая. Агротехника в полевых опытах была рекомендованной для зоны Северного Причерноморья за исключением изучаемых факторов. Исследования проводили в соответствии с методикой опытного дела [29, 30].

Результаты исследований. Сортовой состав оказывает также значительное влияние на формирование листовой поверхности. Загущение травостоя от 6 млн шт./га до 8-10 млн шт./га привело к уменьшению площади ассимиляционной поверхности одного растения в фазу бутонизации с 42,1 до 29,8 см²/раст. Урожайность существенно зависит от индекса листовой поверхности. Поэтому наиболее продуктивными будут посевы с оптимальными размерами ассимиляционной поверхности. Получение высоких урожаев возможно только при формировании у растений оптимального по размерам и продолжительности фотосинтетического аппарата, обеспечении высокой интенсивности и качества его работы, что будет способствовать оптимальному использованию продуктов фотосинтеза на процессы роста и развития растений.

Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют, что площадь листьев льна масличного существенно зависит от стадии роста, развития культуры, ее сортовых особенностей, дозы внесения удобрений и условий увлажнения почвы. Лен масляный достаточно медленно развивается и растет в начальные периоды вегетации.

Более активному развитию листьев в этот период способствует применение минеральных удобрений. У сортов льна масличного Эврика, Орфей, Вера на поливных участках площадь ассимиляционной поверхности увеличивалась при внесении $N_{90}P_{60}$ по сравнению с контролем на 11,1; 10,7; 10,0%, на неорошаемых – на 7,6; 8,2; 5,2% (таблица 1).

Подобная тенденция наблюдалась и у фазы бутонизации и цветения на фоне применения $N_{90}P_{60}$. Наибольшие показатели площади листовой поверхности в фазе бутонизации получены у сорта Эврика – 164,7 см²/растение, меньшие – у сорта Вера 156,7 см²/растение, и наименьшие – у сорта льна масличного Орфея 154,6 см²/растение. В фазы цветения эти показатели увеличились

в неполивных условиях на $60 \text{ см}^2/\text{растение}$, по сравнению с контролем (без удобрений) и достигли максимума за проведение орошения – $71 \text{ см}^2/\text{растение}$, что на 55% превысило контрольный вариант.

Следовательно, при внесении минеральных удобрений площадь листовой поверхности посевов масляного льна во все фазы развития была значительно больше, чем у растений на неудобренных участках. В условиях орошения в фазу елочки в среднем за годы исследований она превысила контроль на 1,9–2,2 $\text{см}^2/\text{растение}$ и на 1,0–1,3 $\text{см}^2/\text{растение}$ без полива. В фазу бутонизации за внесение $N_{45}P_{60}$ этот показатель рос относительно контроля на фоне орошения на 20 и на 30% – при условии естественного увлажнения, а с увеличением дозы азотного удобрения до N_{90} на этих же фонах – соответственно, на 50 и на 48%.

В фазу цветения на орошаемых вариантах опыта были получены самые высокие показатели площади листьев: максимальные показатели были получены в варианте с внесением $N_{90}P_{60}$ в сорт льна Эврика и составляли – $164,7 \text{ см}^2/\text{растение}$. Прирост площади листовой поверхности по межфазным периодам показывает, что в период от елки до бутонизации он более интенсивный и при орошении достигает $54,7 \text{ см}^2/\text{растение}$, а при естественном влагообеспечении – $50,5 \text{ см}^2/\text{растение}$.

Таким образом, на площадь листовой поверхности растений влияли сортовые особенности льна масличного, дозы удобрений и условия влагообеспеченности. Применение оптимальной дозы удобрений $N_{90}P_{60}$ способствовало формированию высоких показателей площади листовой поверхности в фазу цветения растений: у сорта льна масличного Эврика при орошении – $164,7 \text{ см}^2/\text{растение}$, что превышало контроль на $76,2 \text{ см}^2/\text{растений}$; у сорта Вера в условиях естественного увлажнения – $131,0 \text{ см}^2/\text{растение}$, где превышение над контрольным вариантом составило $67,9 \text{ см}^2/\text{растение}$.

На формирование урожая влияла не только площадь листа, но и период их функционирования. С этой целью для объективной оценки процессов фотосинтеза существует такой показатель как фотосинтетический потенциал (ФП). Фотосинтетическая активность посевов является основой прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. Она производится по показателям индекса листовой поверхности, фотосинтетического потенциала и чистой производительности фотосинтеза.

Для оценки эффективности работы фотосинтезирующей поверхности листьев льна масличного важен показатель чистой производительности фотосинтеза (ЧПФ), который показывает то количество сухого вещества в граммах, которое образуется за сутки, и в значительной степени зависит от сформированной листовой поверхности. В начале вегетации нарастание биомассы у льна масличного идет медленно, затем темпы прироста увеличиваются. На более ранних стадиях роста растений в межфазный период «ель-бутонизация», когда площадь листовой поверхности была небольшой, значения фотосинтетического потенциала также были на низком уровне – $1314,9\text{--}1483,1 \text{ см}^2 \text{ сут./раст.}$

**Таблица 1. Площадь листовой поверхности сортов льна масличного
в зависимости от исследуемых факторов, 2016-2018 гг.**

Условия увлажнения (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Площадь листьев по фазам развития, см ² /раст.			Прирост площади ли- стьев по межфазным периодам, см ² /раст.	
			ёлочка	бутонизация	цветение	ёлочка - бутонизация	бутонизация -цветение
Орошение	Эврика	Контроль	19,8	60,1	88,5	40,3	28,4
		N ₄₅ P ₆₀	21,0	75,9	115,9	54,9	40,0
		N ₆₀ P ₆₀	21,6	81,7	137,4	60,1	55,7
		N ₉₀ P ₆₀	22,0	93,5	164,7	71,5	71,2
		Среднее	21,1	77,8	126,6	56,7	48,8
	Орфей	Контроль	18,7	55,3	84,1	36,6	28,8
		N ₄₅ P ₆₀	19,9	70,8	109,8	50,8	39,0
		N ₆₀ P ₆₀	20,5	79,7	129,0	59,1	49,3
		N ₉₀ P ₆₀	20,7	90,5	154,6	69,8	64,1
		Среднее	20,0	74,0	119,4	54,1	45,3
	Вера	Контроль	19,0	54,8	90,9	35,8	36,1
		N ₄₅ P ₆₀	20,4	72,2	117,8	51,8	45,6
		N ₆₀ P ₆₀	20,9	77,4	134,5	56,5	57,1
		N ₉₀ P ₆₀	20,9	90,6	156,7	69,7	66,2
		Среднее	20,3	73,7	125,0	53,5	51,2
	Среднее		20,5	75,2	123,6	54,7	48,5
Без орошения	Эврика	Контроль	17,1	48,8	65,9	31,7	17,1
		N ₄₅ P ₆₀	17,9	66,8	97,6	48,9	30,8
		N ₆₀ P ₆₀	18,3	73,3	114,3	55,1	40,9
		N ₉₀ P ₆₀	18,4	85,6	127,1	67,2	41,5
		Среднее	17,9	68,7	101,2	50,7	32,6
	Орфей	Контроль	17,0	47,3	69,1	30,3	21,8
		N ₄₅ P ₆₀	17,9	66,6	94,3	48,8	27,7
		N ₆₀ P ₆₀	18,1	76,0	112,6	57,8	36,7
		N ₉₀ P ₆₀	18,4	83,8	124,0	65,5	40,2
		Среднее	17,8	68,4	100,0	50,6	31,6
	Вера	Контроль	17,4	49,2	63,1	31,8	13,9
		N ₄₅ P ₆₀	18,1	65,9	105,6	47,9	39,7
		N ₆₀ P ₆₀	18,1	73,5	116,8	55,4	43,3
		N ₉₀ P ₆₀	18,3	84,4	131,0	66,0	46,7
		Среднее	18,0	68,2	104,1	50,3	35,9
	Среднее		17,9	68,4	101,8	50,5	33,4
НСР ₀₅ частных различий	Фактор А		7,15	9,53	3,67	8,80	6,23
	Фактор В		1,24	1,61	1,51	0,92	1,19
	Фактор С		0,76	1,03	1,17	1,16	0,46
НСР ₀₅ средних (главных) эффектов	Фактор А		2,06	2,75	1,05	2,54	1,80
	Фактор В		0,43	0,57	0,53	0,32	0,42
	Фактор С		0,31	0,42	0,47	0,47	0,18

После нарастания большей листовой поверхности, в межфазный период «бутонизации-цветения» этот показатель повышался до 1985,8 – 2043,7 см² сут./раст. (таблица 2).

Результаты изучения формирования чистой продуктивности фотосинтеза посевов сортов льна масличного, в зависимости от исследуемых факторов показывают, что в межфазный период «ёлочка-бутонизация» и «бутонизация-цветение» лучшие показатели чистой продуктивности фотосинтеза, независимо от сорта, наблюдались за внесение минеральных удобрений 1,66 – 1,79 и 3,17 – 3,42 г/м² в сутки, тогда как в контрольном варианте (без удобрений) эти величины значительно уступали и составляли – 0,80–0,89 и 1,48–1,54 г/м² в сутки.

В период «ёлочка-бутонизация» чистая продуктивности фотосинтеза сформировалась на уровне 0,80–1,79 г/м² в сутки со средней вариабельностью ($V = 23,9 \%$); на период «бутонизации-цветения» составила 1,42–3,42 г/м² в сутки по достаточно высокой вариабельности ($V = 26,1 \%$).

Коэффициент вариации площади листьев в течение вегетации растений от фазы «елки» до «цветения» повысился от слабого 8,0% до среднего 24,3%.

В условиях орошения чистая производительность фотосинтеза при внесении $N_{90}P_{60}$ была на уровне 1,66–1,79 г/м² в сутки в межфазный период «ёлочка – бутонизация» и, соответственно, 3,20 – 3,42 г/м² в сутки в межфазный период «бутонизация - цветение». В то время на контрольном варианте эти показатели были значительно ниже – 0,80–0,89 и 1,48–1,54 г/м² в сутки.

В неполивных условиях продуктивность фотосинтеза была несколько меньше, чем при внесении $N_{90}P_{60}$ – 1,50–1,65 и 2,62–2,82 г/м² в сутки, так и без внесения удобрений – 0,97–1,04 и 1,42–1,48 г/м² в сутки, соответственно.

При выращивании масла льна на поливе наблюдалась меньшая зависимость формирования фотосинтетического потенциала растений от условий внешней среды. Орошение способствовало формированию вдвое большей ассимиляционной поверхности у растений, чем при естественном увлажнении почвы.

Наиболее эффективной работой ассимиляционного аппарата была у растений сорта Эврика в межфазный период «бутонизация-цветение» за внесение $N_{90}P_{60}$ на фоне орошения, чистая производительность фотосинтеза при этом составила 3,42 г/м² в сутки. При естественном влагообеспечении этот показатель был ниже и составлял 2,82 г/м² в сутки.

В межфазный период «ёлочка - бутонизация» и «бутонизация -цветение» внесение удобрений дозой $N_{90}P_{60}$ обеспечивало увеличение показателей чистой продуктивности фотосинтеза у растений масляного льна у всех исследуемых сортов при обоих условиях влагообеспечения по сравнению с контролем.

В межфазный период «бутонизации - цветения» самые высокие показатели чистой производительности фотосинтеза 2,82 г/м² в сутки наблюдались у сорта Вера при природном увлажнении, 3,20 г/м² – на орошении; у сорта Эврика в неполивных условиях – 2,69 г/м², на поливных участках – 3,42 г/м² в сутки.

Таблица 2. Формирование фотосинтетического потенциала посевов и чистой продуктивности фотосинтеза сортов льна масличного и в зависимости от исследуемых факторов, 2016–2018 гг.

Условия увлажнения (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрения (Фактор С)	ФП, см ² сут./раст.		ЧПФ, г/м ²	
			ёлочка - бутонизация	бутонизация-цветение	ёлочка - бутонизация	бутонизация-цветение
Орошение	Эврика	Контроль	1198,5	1485,0	0,89	1,54
		N ₄₅ P ₆₀	1453,5	1918,0	1,04	2,33
		N ₆₀ P ₆₀	1548,0	2191,0	1,44	2,89
		N ₉₀ P ₆₀	1732,5	2581,0	1,79	3,42
		Среднее	1483,1	2043,7	1,29	2,54
	Орфей	Контроль	1034,6	1532,3	0,82	1,48
		N ₄₅ P ₆₀	1268,4	1984,4	1,01	2,15
		N ₆₀ P ₆₀	1401,4	2293,5	1,23	2,67
		N ₉₀ P ₆₀	1555,4	2695,0	1,71	3,17
		Среднее	1314,9	2126,3	1,19	2,36
	Вера	Контроль	1033,2	1310,4	0,80	1,50
		N ₄₅ P ₆₀	1295,0	1709,1	1,14	2,31
		N ₆₀ P ₆₀	1373,4	1905,3	1,27	2,74
		N ₉₀ P ₆₀	1559,6	2224,8	1,66	3,20
		Среднее	1315,3	1787,4	1,21	2,43
	Среднее		1371,1	1985,8	1,23	2,45
Без орошения	Эврика	Контроль	856,7	1147,0	0,97	1,48
		N ₄₅ P ₆₀	1101,1	1644,0	1,58	1,96
		N ₆₀ P ₆₀	1189,5	1875,0	1,27	2,33
		N ₉₀ P ₆₀	1352,0	2127,0	1,53	2,69
		Среднее	1124,8	1698,2	1,33	2,11
	Орфей	Контроль	771,6	1280,4	0,97	1,47
		N ₄₅ P ₆₀	1012,8	1769,9	1,63	1,94
		N ₆₀ P ₆₀	1128,0	2073,5	1,76	2,24
		N ₉₀ P ₆₀	1225,2	2285,8	1,50	2,62
		Среднее	1034,4	1852,4	1,46	2,06
	Вера	Контроль	730,4	1122,0	1,04	1,42
		N ₄₅ P ₆₀	922,9	1715,0	1,48	2,15
		N ₆₀ P ₆₀	1007,6	1903,0	1,34	2,22
		N ₉₀ P ₆₀	1128,6	2153,0	1,65	2,82
		Среднее	947,3	1723,2	1,37	2,15
	Среднее		1035,5	1757,9	1,39	2,11
НСР ₀₅ частных различий	Фактор А	Фактор А	1,10	36,5	0,12	0,08
		Фактор В	0,75	65,2	0,04	0,07
	Фактор С		0,62	49,4	0,05	0,09
НСР ₀₅ средних (главных) эффектов	Фактор А	Фактор А	0,32	10,2	0,06	0,11
		Фактор В	0,26	23,0	0,01	0,06
	Фактор С		0,25	20,1	0,02	0,03

Урожайность растений формируется с участием отдельных количественных признаков. Для выявления ценности сорта необходимо изучение его продуктивности. С этой целью следует знать закономерности формирования урожая, влияние отдельных компонентов и взаимосвязи между ними. Для получения высокого урожая сельскохозяйственной культуры очень важно повышение их продуктивности.

На продуктивность и качество семян значительно сказываются такие технологические приемы, как сроки сева, нормы высева, обеспеченность растений элементами питания и, конечно, сортовые признаки [14, 15]. Погодные условия, которые складывались в годы исследований, независимо от вариантов опыта, способствовали формированию различной структуры элементов продуктивности, в частности, количества коробочек на растении, количества семян и массы семян одного растения. Элементы семенной продуктивности сортов льна масличного в зависимости от нормы удобрений и условий выращивания показали, что в 2016 году наибольшее количество коробочек на 1 растении – 7,8 шт. и количество семян на 1 растении – 66,2 шт. сформировал сорт льна масличного Вера. Минимальной продуктивностью в условиях естественного увлажнения характеризовался сорт льна масличного Эврика, который сформировал 6,1 шт. коробочек/растения и 38,5 шт. семян. Несмотря на то, что 2017 год исследований был более засушливым, чем предыдущий, тенденция формирования элементов производительности сохранялась такой же, но наибольшее количество коробочек 19,9 шт. и семян на 1 растении 179,4 шт. сформировал также сорт льна Вера при внесении $N_{90}P_{60}$ при орошении.

В 2018 г. наибольшим количеством коробочек 30,1 шт. и семян на 1 растении 270,9 шт. характеризовался сорт льна Эврика при внесении $N_{90}P_{60}$ на орошении. В неполивных условиях выращивания лучше себя проявили сорта льна Орфей и Вера.

Практически на всех вариантах опыта количество коробочек на одном растении при применении орошения увеличивалось по сравнению с неорошаемыми вариантами и в среднем составило 14,9 шт./растения, тогда как при природном влаге обеспечении – 9,3 шт.

Применение удобрений при различных условиях увлажнения почвы и у всех сортов привело к увеличению показателей количества коробочек на одном растении льна масличного, а увеличение доз внесения удобрений способствовало увеличению всех показателей продуктивности. За три года исследований наибольшее количество коробочек на одном растении льна масличного было сформировано у сорта Вера и составляло 13,8–18,0 шт. при орошении и 9,2–11,5 шт. – в неполивных условиях.

В зависимости от норм удобрений, у сортов льна масличного Орфей и Эврика наблюдалось меньшее количество коробочек на одном растении. При выращивании на орошении у сорта Орфей сформировалось 10,9 – 16,4 шт. коробочек, у сорта Эврика в неполивных условиях – 6,4–8,6 шт. (таблица 3).

**Таблица 3. Элементы структуры урожая сортов льна масличного
в зависимости от исследуемых факторов, среднее за 2016-2018 гг.**

Условия увлажнения (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Количество коробочек на 1 растении, шт	Количество семян на 1 растении, шт	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
Орошение	Эврика	Контроль	10,9	92,6	0,81	8,94
		N ₄₅ P ₆₀	13,9	120,6	1,06	9,10
		N ₆₀ P ₆₀	16,0	138,7	1,23	9,15
		N ₉₀ P ₆₀	17,0	147,8	1,28	9,06
	Среднее		14,4	124,9	1,09	9,06
	Орфей	Контроль	10,9	95,7	0,66	7,00
		N ₄₅ P ₆₀	13,5	119,9	0,82	7,04
		N ₆₀ P ₆₀	15,7	140,5	0,98	7,05
		N ₉₀ P ₆₀	16,4	146,3	1,04	7,18
	Среднее		14,1	125,6	0,87	7,06
	Вера	Контроль	13,8	122,5	0,80	6,57
		N ₄₅ P ₆₀	16,1	143,4	0,94	6,59
		N ₆₀ P ₆₀	17,0	152,5	1,01	6,67
		N ₉₀ P ₆₀	18,0	160,5	1,05	6,64
	Среднее		16,2	144,7	0,95	6,61
	Среднее		14,9	131,7	0,97	7,57
Без орошения	Эврика	Контроль	6,4	52,5	0,41	7,90
		N ₄₅ P ₆₀	7,7	64,6	0,50	8,04
		N ₆₀ P ₆₀	8,2	69,2	0,55	8,12
		N ₉₀ P ₆₀	8,6	72,5	0,57	8,05
	Среднее		7,7	76,5	0,51	8,02
	Орфей	Контроль	8,7	75,4	0,47	6,23
		N ₄₅ P ₆₀	9,7	85,6	0,53	6,32
		N ₆₀ P ₆₀	10,2	90,6	0,56	6,31
		N ₉₀ P ₆₀	10,8	96,8	0,60	6,35
	Среднее		9,8	87,1	0,54	6,30
	Вера	Контроль	9,2	81,9	0,48	5,91
		N ₄₅ P ₆₀	10,6	94,7	0,54	5,84
		N ₆₀ P ₆₀	10,8	98,0	0,56	5,87
		N ₉₀ P ₆₀	11,5	102,2	0,59	5,96
	Среднее		10,5	94,2	0,54	5,89
	Среднее		9,3	85,9	0,53	6,73
НСР ₀₅ частных различий	Фактор А		1,85	2,61	0,03	0,32
	Фактор В		1,19	3,77	0,06	0,13
	Фактор С		1,51	3,12	0,04	0,16
НСР ₀₅ средних (главных) эффектов	Фактор А		0,53	1,77	0,01	0,09
	Фактор В		0,42	2,82	0,02	0,05
	Фактор С		0,62	3,29	0,02	0,06

В среднем за годы исследований применение орошения увеличивало семенную продуктивность всех исследуемых сортов, в том числе количество коробочек, которые сформировались на одном растении, количество семян и массу семян из 1 растения.

На поливных участках на растении наблюдалось в 1,5 раза больше семян (131,7 шт.) чем без орошения (85,9 шт.). В зависимости от условий увлажнения масса семян из растения за орошение в среднем по сортам была на уровне 0,97 г, тогда как без полива только 0,53 г. Наивысшей она сформировалась на растениях сорта Эврика 0,81 – 1,28, которые были высеяны на орошаемых участках. У сортов Орфей (0,66 – 1,04 г) и Вера (0,80 – 1,05 г) эти показатели были значительно меньше. Однако в неполивных условиях сорт Эврика уступал другим сортам. да Масса его семян с растения была на уровне 0,41 – 0,57 г, в зависимости от доз удобрений, Орфея 0,47 – 0,60 г, Веры – 0,48 – 0,59 г.

Применение удобрений оказало существенное влияние на формирование семенной продуктивности всех исследуемых сортов льна масличного. Особенно это заметно на орошаемых участках, где прирост массы семян из растения составил 0,25 – 0,47 г в зависимости от сорта; без орошения эти показатели были более чем в два раза ниже – 0,11–0,16 г, соответственно.

Максимальное количество коробочек в опыте – 18,0 шт. и семян на 1 растении – 160,5 шт. имели растения сорта Вера за внесение $N_{90}P_{60}$ на орошении. Однако наибольшая масса семян из одного растения – 1,28 г с массой 1000 семян 9,06 г была получена у сорта Эврика по $N_{90}P_{60}$. Максимальную массу 1000 семян как на орошении (8,94–9,06 г), так и в неполивных условиях сформировал сорт льна масличного Эврика (7,90 - 8,05 г). На вариантах без орошения лучше себя проявили сорта льна Орфей и Вера. Хотя коробочек и семян больше было получено у сорта Вера – 11,5 и 102,2 шт., соответственно, но масса семян из 1 растения – 0,60 г была больше у сорта льна масличного Орфей при внесении $N_{90}P_{60}$ за счет большей массы 1000 семян – 2,4.

Установлено, что применение минеральных удобрений в сочетании с орошением оказывает положительное влияние на формирование урожая семян всех изученных сортов льна масличного (таблица 4).

Орошение позволило увеличить урожайность льна масличного на 0,77 т/га по сравнению с посевами, выращиваемыми без искусственного увлажнения

Сорт льна масличного Эврика на орошаемых полях обеспечил максимальную урожайность кондиционных семян – 2,36 т/га, в то время как в неполивных условиях (1,47 т/га) лидировал сорт Вера при внесении $N_{90}P_{60}$. Сорта Орфей и Вера демонстрировали более сильную реакцию на полив по сравнению с Эврикой. При использовании удобрений в дозе $N_{90}P_{60}$ прирост урожая от орошения составил 56,4% для сорта Эврика, 64,7% для Орфея и 64,2% для Веры.

**Таблица 4. Урожайность кондиционных семян сортов
льна масличного в зависимости от исследуемых факторов, т/га**

Условия увлажнения (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрения (фактор С)	Годы исследований			Средняя урожайность за 2016-2018 гг.
			2016	2017	2018	
При орошении	Эврика	Контроль	1,48	1,77	1,86	1,70
		N ₄₅ P ₆₀	1,76	2,04	2,39	2,06
		N ₆₀ P ₆₀	1,99	2,28	2,42	2,23
		N ₉₀ P ₆₀	2,19	2,41	2,48	2,36
	Среднее		1,85	2,12	2,28	2,08
	Орфей	Контроль	1,44	1,74	1,71	1,63
		N ₄₅ P ₆₀	1,76	1,98	2,18	1,97
		N ₆₀ P ₆₀	1,93	2,19	2,25	2,12
		N ₉₀ P ₆₀	2,11	2,33	2,29	2,24
	Среднее		1,81	2,06	2,11	1,99
	Вера	Контроль	1,43	1,83	1,69	1,65
		N ₄₅ P ₆₀	1,78	2,24	2,18	2,06
		N ₆₀ P ₆₀	1,94	2,37	2,20	2,17
		N ₉₀ P ₆₀	2,13	2,49	2,27	2,29
	Среднее		1,82	2,23	2,08	2,04
Среднее		1,83	2,14	2,16	2,04	
При орошении	Эврика	Контроль	1,25	1,02	0,71	0,99
		N ₄₅ P ₆₀	1,56	1,19	0,84	1,20
		N ₆₀ P ₆₀	1,74	1,27	0,86	1,29
		N ₉₀ P ₆₀	1,88	1,33	0,79	1,33
	Среднее		1,60	1,20	0,80	1,20
	Орфей	Контроль	1,29	1,15	0,73	1,06
		N ₄₅ P ₆₀	1,58	1,31	0,91	1,27
		N ₆₀ P ₆₀	1,76	1,39	0,96	1,37
		N ₉₀ P ₆₀	1,92	1,48	0,96	1,45
	Среднее		1,63	1,33	0,89	1,28
	Вера	Контроль	1,35	1,20	0,78	1,11
		N ₄₅ P ₆₀	1,59	1,34	0,94	1,29
		N ₆₀ P ₆₀	1,76	1,41	1,00	1,39
		N ₉₀ P ₆₀	1,96	1,49	0,97	1,47
	Среднее		1,66	1,36	0,92	1,31
Среднее		1,63	1,30	0,87	1,26	
НСР ₀₅ , т/га		А	0,04	0,03	0,10	0,06
		В	0,02	0,02	0,10	0,09
		С	0,01	0,02	0,11	0,08

С помощью нейронного анализа были установлены закономерности формирования показателей урожайности в орошаемых и неполивных условиях в зависимости площади листовой поверхности, фотосинтетической продуктивности и структуры урожая (рисунок 1).

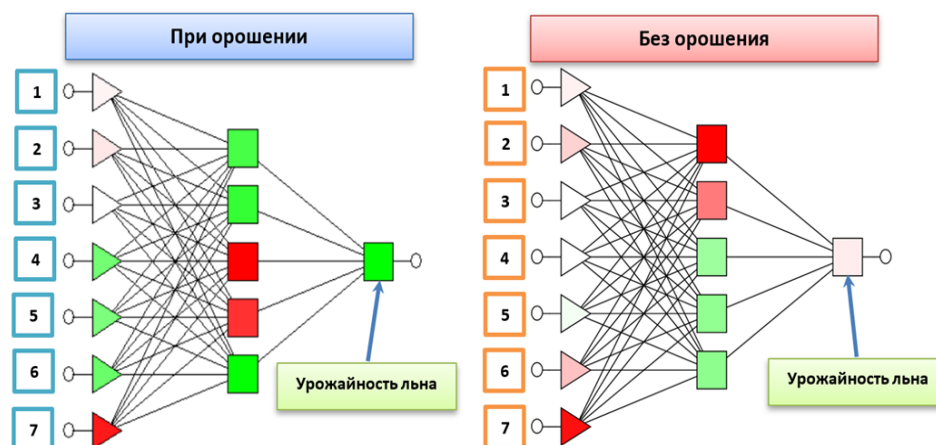


Рисунок 1. Нейронная модель урожайности семян льна в зависимости от фотосинтетической продуктивности и биометрических показателей

Примечания: исходные показатели нейронной сети, влияющие на урожайность семян льна: 1 – площадь листьев в фазу цветения, $\text{см}^2/\text{раст.}$; 2 – ФП, $\text{см}^2 \text{ сут.}/\text{раст.}$; 3 – ЧПФ, $\text{г}/\text{м}^2$; 4 – количество коробочек на 1 растении, шт.; 5 – количество семян на 1 растении, шт.; 6 – масса семян с 1 растения, г; 7 – масса 1000 семян, г

Доказано, что размер листовой поверхности проявился индикатором способности растения к фотосинтезу, особенно в условиях орошения, когда при достаточном водоснабжении, растения формировали большую листовую массу, что положительно сказывается на накоплении питательных веществ. Фотосинтетический потенциал посевов показал большее влияние в условиях искусственного увлажнения. Орошение, поддерживая оптимальную влажность, способствовало более стабильной и высокой фотосинтетической активности. Чистая продуктивность фотосинтеза, которая отражает взаимосвязь накопленной сухой биомассы на единицу площади листьев также проявляла сильное позитивное действие и взаимодействия в орошаемых условиях.

Проведение поливов, особенно в критические периоды цветения и формирования плодов льна, способствовало увеличению числа коробочек. Орошение сыграло важную роль в обеспечении оптимальных условий для формирования и развития коробочек и семян в них. Урожайность на уровне одного растения также была значительно выше в орошаемых условиях, что отображено позитивными корреляционными связями нейронной сети.

Установлено, что в орошаемых условиях увеличивается прямое позитивное действие и корреляционная положительная связь с урожайностью семян льна масличного – количества коробочек на 1 растении, количества семян на 1 растении и масса семян с 1 растения. По массе 1000 семян, как в орошаемых, так и в неполивных условиях проявилось обратно пропорциональная закономерность, что поясняется тенденцией снижения урожайности у растений с большей массой 1000 семян. Таким образом, данная нейронная модель

является более продвинутой версией, поскольку она не только анализирует стандартные показатели развития растения, но и учитывает один из наиболее критических факторов, влияющих на урожай – водный режим, явно разделяя или моделируя ситуации с орошением и без него.

Выводы. В полевых опытах с льном масличным доказано существенное позитивное влияние на величину площади ассимиляционной поверхности внесения повышенных доз минеральных удобрений ($N_{90}P_{60}$) в условиях орошения, где оно увеличилось по сравнению с неудобренным контролем на 10,0-11,1%. Среди исследуемых сортов максимальную площадь листьев имел сорт Эврика. Показатели фотосинтетического потенциала посевов были напрямую связаны с площадью листовой поверхности. Установлено, что с увеличением площади листа (особенно в период бутонизации-цветения) ФП также повышался. Зафиксирована тенденция увеличения показателей чистой продуктивности посевов льна масличного наблюдалась тенденция увеличения его показателей при орошении и внесении высоких доз минеральных удобрений.

Орошение проявило значительное положительное влияние на формирование показателей продуктивности исследуемых сортов льна масличного. Максимальное количество коробочек – 18,0 шт., и семян на 1 растении – 160,5 шт. сформировали растения сорта Вера за внесение $N_{90}P_{60}$. У сорта Эврика количество семян на растении при поливных условиях сформировалось на 75,8 шт. больше, чем при естественном увлажнении. Наибольшей массой 1000 семян как на орошении (8,94-9,06 г), так и в неполивных условиях (7,90-8,05 г) характеризовался сорт льна масличного Эврика. Нашими исследованиями установлена тесная взаимосвязь урожайности кондиционных семян с количеством сформированных коробочек на 1 растении.

Применение орошения позволило значительно увеличить урожайность семян льна масличного по сравнению с вариантами без поливов. Так, прирост урожайности на поливных вариантах составил в среднем 0,77 т/га, что показывает высокую эффективность использования орошения для этой культуры. В орошаемых условиях наибольшую урожайность (2,36 т/га) обеспечил сорт льна масличного Эврика с внесением максимальной дозы минеральных удобрений $N_{90}P_{60}$. В неполивных условиях отличился сорт Вера, который сформировал урожайность семян на уровне 1,47 т/га на фоне внесения $N_{90}P_{60}$.

Нейронный анализ подтвердил, что орошение существенно повышает урожайность семян льна, особенно в совокупности с оптимизированными биометрическими и фотосинтетическими показателями. Более высокие показатели площади листьев, чем на неполивных делянках, свидетельствуют о интенсификации фотосинтетической деятельности растений льна масличного. Фотосинтетический потенциал посевов и чистая продуктивность фотосинтеза возрастали при искусственном увлажнении, как в прямом действии, так и во взаимодействии с другими исходными факторами. В орошаемых условиях наблюдается прямое позитивное влияние биометрических показателей (ко-

личества коробочек, количества семян и массы семян с растения) на общую урожайность семян. Масса 1000 семян показала обратную пропорциональную зависимость от урожайности как в орошаемых, так и в неполивных условиях.

Список использованных источников:

1. Адамень Ф.Ф., Ю.С. Вишневская, Л.Е. Арсланова, О.И. Патраков, А.Ф.Сташкина. Крымский лён – история и биология культуры.- Симферополь 2012 – 123 с.

2. Адамень, Ф. Ф. Влияние гидро-термических 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. 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.

4. 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.

5. Адамень Ф.Ф., Рогозенко А.В., Сташкина А.Ф., Арсланова Л.Э.. Лен масличный : /монография / - Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2015.-488 с.Коковихин, С. В. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв / С. В. Коковихин, В. П.

References:

1. Adamen F.F., Y.S. Vishnevskaya, L.E. Arslanova, O.I. Patrakov, A.F. Stashkina. Crimean flax – history and biology of culture.- Simferopol 2012 – 123 p .

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

3. 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.

4. 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.

5. Adamen F.F., Rogozenko A.V., Stashkina A.F., Arslanova L.E.. Oilseed flax : /monograph / Simferopol : IT "ARIAL", 2015.-488 p. Kokovikhin S. V., Vasilko V. P., Stashkina A. F. Optimization of farming systems in the Northern Black Sea region under conditions of climate change and ecological and meliorative state of soils // News of agricultural science of Taurida. – 2023. – № 36(199). – Pp. 71-89.

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

6. Адамень Ф.Ф., Вергунов В.А. и Вергунова И.Н. Основы математического моделирования агробиопроцессов» (К.: «Нора-Принт», 2005).(Моделирование физики химических процессов в почве стр.277-317..

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. Адамень Ф.Ф. Площадь листо-

6. Adamen F.F., Vergunov V.A. and Vergunova I.N. Fundamentals of mathematical modeling of agrobioprocesses" (Moscow: Nora-Print, 2005).(Modeling the physics of chemical processes in soil, pp.277-317..

7. 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 Taurida. – 2023. – № 35(198). – Pp. 69-81.

8. Influence of moisture supply, mineral nutrition and density of standing 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. – № 2(10). – Pp. 78-88.

9. 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 // Proceedings of Agricultural Science of Taurida. – 2024. – № 39(202). – Pp. 80-99.

10. The effectiveness of the use of biologics in the cultivation of winter wheat after various precursors / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. A. Makarenko, T. V. Logoida // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2024. – No. 112. – pp. 113-124.

11. Adamen F.F. Flat leaf surface of winter wheat, yak productivity factor / F.F. Adamen, L.A. Radchenko, K.G. Zhenchenko // Tavriysk Scientific Journal – Kherson: "Ailant", 2010 – vip. 71, 4.3. – p.160.

12. Adamen, F. F. Scientific

вої поверхні озимої пшениці, як фактор продуктивності / Ф.Ф. Адамень, Л.А. Радченко, К.Г. Женченко // Таврійський науковий вісник – Херсон: «Айлант», 2010 – вип. 71, 4.3. – с.160 .

12. 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.

13. Адамень Ф.Ф., Вергунов В.А. и Вергунова И.Н. — авторы работы «Основы математического моделирования агробиопроцессов» (К.: «Нора-Принт», 2005)..

14. Гонгало А.А., Турин Е.Н. Влияние технологии возделывания на продуктивность семян льна масличного (*linum usitatissimum* L.) в зоне рискованного земледелия 12-я Международная конференция молодых учёных и специалистов,, 2023. Стр.52-56

15. Адамень, Ф.Ф. Практическое руководство по выращиванию льна масличного в Республике Крым (практические рекомендации) / Ф.Ф. Адамень, Ю.В. Плугатарь, А.В. Рюмшин, А.В. Рогозенко и [др.] - Симферополь, 2017. -60 с.

16. Арсланова Л.Э. Оценка химического состава льна масличного (*Linum Usitatissimum* L.) . /Л.Э. Арсланова. // 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

17. The impact of seeding dates and depth on the productivity of common

substantiation of agrotechnologies on non-irrigated and irrigated lands of the Northern Black Sea region in modern ecological, meliorative and economic conditions / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Taurida. – 2024. – № 38(201). – Pp. 180-198.

13. Adamen F.F., Vergunov V.A. and Vergunova I.N. are the authors of the work "Fundamentals of mathematical modeling of agrobioprocesses" (K.: Nora-Print, 2005).

14. Gongalo A.A., Turin E.N. The influence of cultivation technology on the productivity of oilseed flax (*linum usitatissimum* L.) in the zone of risky agriculture 12th International Conference of Young Scientists and Specialists,, 2023. pp.52-56

15. Adamen, F.F. Practical guide to the cultivation of oilseed flax in the Republic of Crimea (practical recommendations) / F.F. Adamen, Yu.V. Plugatar, A.V. Ryumshin, A.V. Rogozenko and [others] - Simferopol, 2017. -60 p.

16. Arslanova L.E. Evaluation of the chemical composition of oilseed flax (*Linum Usitatissimum* L.). /L.E. Arslanova. // Innovations in science and practice: a collection of articles based on the materials of the III International Scientific and practical conference (November 10, 2017, Prague). At 4 p.m.4 / Ufa: Arboretum Publishing House, 2017. – 218 p., pp. 118-1125

17. 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. Markovskaya, H. Mynkina, Y. Chernyshova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and

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.

18. Адамень Ф.Ф. Размещение льна масличного в севооборотах юга Украины / Ф.Ф. Адамень, В.А. Радченко // 36. наукових праць національного наукового центру «Інститут землеробства» УААН». – К., 2007. – вип. 3-4 – с.81-89.

19. 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.

20. Адамень Ф.Ф., Рудік О.Л., Прошина І.О. Мікродобрива, як захід підвищення продуктивності сафлору красильного в незрошуваних умовах Південного Степу України/Ф.Ф. Адамень, О.Л. Рудік, І.О. Прошина//*Онтогенез – стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах* – Херсон : Айлант, 2012. – 26 с.

21. Адамень Ф.Ф. Достижения генетики і селекції олійних культур / Ф.Ф. Адамень, В.І. Січкарь [под. ред. В.В. Моргун та ін.]. – К.: Логос, 2001. – с.159 – 176.

22. Makukha, O. V. Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) yield prediction using a regression model / O. V. Makukha // *Таврійський науковий вісник*. – 2020. – No. 113. – P. 75-84.

23. Влияние систем основной обработки почвы на эффективность использования влаги сельскохозяйственными

Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 1075-1083.

18. Adamen F.F. The placement of oilseed flax in crop rotations in the south of Ukraine / F.F. Adamen, V.A. Radchenko // 36. scientific practices of the national Scientific center "Institute of Earthmoving" UAAN". – K., 2007. – vip. 3-4 – pp.81-89.

19. Modeling of indicators of mobile forms of trace elements in soils during prolonged irrigation and agroecological justification of measures to preserve their fertility / O. V. Makukha, A. A. Makarenko, L. O. Velikanova [et al.] // *Izvestiya agrarianii nauki Tavrida*. – 2024. – № 37(200). – Pp. 55-75.

20. Adamen F.F., Rudik O.L., Proshina I.O. Mikrodobryva, yak zahid pishchennya productivity of safflower dye in the nezrosuvanih minds of the Native Steppe of Ukraine/F.F. Adamen, O.L. Rudik, I.O. Proshina//*Ontogeny, problems and prospects of vivchennya roslin in cultural and natural values* – Kherson : Aylant, 2012. – 26 p.

21. Adamen F.F. The reach of genetics and breeding of ethnic cultures / F.F. Adamen, V.I. Sichkar [edited by V.V. Morgun, in.]. – K.: Logos, 2001. – pp.159-176.

22. Makukha, O. V. Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) yield prediction using a regression model / O. V. Makukha // *Tavriysk Scientific Journal*. 2020. – No. 113. – P. 75-84.

23. The influence of basic 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 [and others] // *Proceedings of the Agricultural Science of Taurida*. – 2025.

культурами орошаемого севооборота в условиях Северного Причерноморья / Е. Г. Бердникова, Н. И. Бардак, С. С. Терехова [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2025. – № 43(206). – С. 54-78.

24. 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.

25. Бердникова, Е. Г. Продуктивность пшеницы озимой в зависимости от предшественника в условиях Юга Херсонской области / Е. Г. Бердникова // Вавиловские чтения - 2023 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 136-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 23–25 ноября 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 71-75.

26. Методология и приборная база фитомониторинга / О. А. Ильницкий, В. А. Ушкаренко, М. И. Федорчук [и др.]. – Херсон : Айлант, 2012. – 120 с.

27. Горянский М. М. Методика полевых опытов на орошаемых землях / М. М. Горянский – К.: Урожай, 1970. – 83 с.

28. 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.

– № 43(206). – Pp. 54-78.

24. Ecological justification of the fertilizer system of irrigated crop rotation depending on the system of basic tillage / 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.

25. Berdnikova, E. G. Productivity of winter wheat depending on its predecessor in the conditions of the South of the Kherson region / E. G. Berdnikova // Vavilov readings - 2023 : Collection of articles of the International scientific and practical Conference dedicated to the 136th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov, Saratov, November 23-25, 2023. Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 2023. pp. 71-75.

26. Methodology and instrument base of phytomonitoring / O. A. Ilnitsky, V. A. Ushkarenko, M. I. Fedorchuk [et al.]. Kherson : Aylant, 2012. 120 p.

27. Goryansky M. M. Methodology of field experiments on irrigated lands / M. M. Goryansky – K.: Harvest, 1970. – 83 p.

28. Ushkarenko V.A., Lazarev N.N., Goloborodko S.P., Kokovikhin S.V. Dispersion and correlation analysis in crop production and meadow farming: a monograph. Moscow: Publishing House of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2011. 336 p.

Сведения об авторах:

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

Сергей Васильевич Коковихин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий 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»

Лейля Энверовна Арсланова – кандидат с.-х. наук, преподаватель ОТКЗ агропромышленного колледжа (филиал) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

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, 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

Leyla Enverovna Arslanova is a candidate of agricultural Sciences, lecturer at the branch of the Agro-Industrial College of the V.I. Vernadsky KFU.

УДК 630*231:[582.475.4+582.632.2]

**СОСНА КРЫМСКАЯ И ДУБ
СКАЛЬНЫЙ: ОСОБЕННОСТИ
ЕСТЕСТВЕННОГО
ВОЗОБНОВЛЕНИЯ В
УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОЯСА
ГЛАВНОЙ ГРЯДЫ КРЫМСКИХ
ГОР**

**CRIMEAN PINE AND ROCKY
OAK: FEATURES OF NATURAL
REGENERATION IN THE
CONDITIONS OF THE MIDDLE
BELT OF THE MAIN RIDGE OF
THE CRIMEAN
MOUNTAINS**

Салтыков А.Н.¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесного дела и садово-паркового строительства;

Мурзаханов А.Р., директор ФГБУ «Объединённая дирекция особо охраняемых природных территорий «Заповедный Крым»;

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

¹ Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Saltykov A.N.¹, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry and Horticultural Construction; **Murzakhanov A.R.**, Director of the Federal State Budgetary Institution "United Directorate of Specially Protected Natural Territories "Reserved Crimea"; **Kvasha P.G.¹**, postgraduate student of the Department of Forestry and Horticultural Construction

¹ Institute of Agricultural Technology Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University.

В статье изложены результаты проверки утверждений и гипотез, согласно которым прослеживается отчётливая тенденция сокращения коренных древостоев сосны крымской. В течение 2025 года были выполнены повторные полевые исследования процессов естественного возобновления на горельниках Ялтинского горно-лесного заповедника. Установлено, что на пространстве горельников сосна крымская весьма успешно восстанавливается естественным путём. Процессы замещения крымской сосны не выявлены.

Ключевые слова: сосна крымская, дуб скальный, самосев, подрост, молодняк, ценопопуляция, насаждение

The article presents the results of the verification of statements and hypotheses, according to which there is a clear tendency to reduce the indigenous stands of Crimean pine. During 2025, repeated field studies of the processes of natural renewal on the mountain ranges of the Yalta Mountain and Forest Reserve were carried out. It has been established that the Crimean pine is recovering very successfully in a natural way in the gorelnik area. The processes of substitution of the Crimean pine have not been identified.

Keywords: Crimean pine, rocky oak, self-seeding, undergrowth, young growth, cenopopulation, planting

Введение. Коренные леса типичного представителя средиземноморской флоры – сосны крымской (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), площадь которых составляет порядка 8,5–9,0 тыс. га, большей частью приурочены к условиям среднего пояса южного макросклона Главной гряды Крымских гор [2, 4, 6, 14]. Ареал распространения сосняков *P. nigra* subsp. *pallasiana* ограничен контуром сравнительно бедных и сухих условий местопроизрастания с минимальным уровнем почвенного плодородия и выходом на дневную поверхность скальных пород. Высокобонитетные крымско-сосновые леса сосредоточены на высоте 600–800 м н. у. м. Здесь, по мнению исследователей, складываются оптимальные экологические, прежде всего, гидротермические условия для роста и развития *P. nigra* subsp. *pallasiana* [6].

Дуб скальный (*Quercus petraea* Liebl.) столь же типичная лесообразующая древесная порода южного макросклона. Экологическое пространство дуба скального совпадает с наличием сравнительно мощного почвенного плаща [2, 4, 8, 6, 14]. На примитивных и бедных почвах дуб скальный ожидаемо уступает доминирование сосне крымской. Говорить о высокой продуктивности скально-дубовых лесов Крыма не приходится, поскольку 90–95% насаждений с преобладанием в составе *Q. petraea* имеют порослевое происхождение [8].

В настоящее время, по мнению исследователей, прослеживается весьма отчётливая тенденция к сокращению площади лесов *P. nigra* subsp. *pallasiana*. Причиной сокращения ареала признано антропогенное влияние, а также лесные пожары, с определённой периодичностью возникающие на пространстве, занятом коренными сосняками. Ещё одной не менее очевидной причиной считается вероятность замещения сосновых дубовыми лесами и в целом твёрдолиственными породами [2, 4, 6, 14].

По мнению исследователей, в виду биоэкологических особенностей, *Q. petraea*, поселяясь под пологом сосняков, постепенно вытесняет более светолюбивую *P. nigra* subsp. *pallasiana*. В связи с чем, проблема устойчивости крымскососновых лесов, их способности удерживать и восстанавливать утраченное видоспецифичное пространство, признана актуальной, требующей самого внимательного изучения.

Цель наших исследований - оценка пространственно-возрастной структуры ценопопуляций и динамики биометрических показателей подроста *P. nigra* subsp. *pallasiana* и *Q. petraea* на горельнике Ялтинского горно-лесного природного заповедника.

Объекты и методика выполнения исследований. В результате крупного лесного пожара случившегося в конце августа 2007 года на территории горно-лесного заповедника, площадь насаждений, пострадавших от огня составила 973 га [6, 7]. По итоговым оценкам предприятия, площадь, пройденная лесным пожаром была несколько большей и составила 1003 га, из которых до 30% было пройдено верховым пожаром [11, 12]. Весной следующего года на территории горельника был зафиксирован всплеск естественного возобновле-

ния сосны крымской [7]. После чего наблюдения за динамикой восстановления лесного покрова выполнялись с определённой периодичностью [7, 11, 12].

В 2025 году в границах существующих ценопопуляций подроста *P. nigra* subsp. *pallasiana* нами была сформирована сеть пробных площадей, размещённых на разном удалении от стен материнского насаждения. При формировании опытных объектов использованы методики С.С. Пятницкого [9], Ю.А. Злобина [5], С.Н. Санникова [13], частично адаптированные для выполнения полевых исследований по учёту подроста и оценке состояния ценопопуляции [10].

В качестве обязательного условия выполнения исследований и обеспечения репрезентативности данных была принята четырёхкратная повторность в границах варианта опыта [3]. На пробных площадях (ПП) для учитываемых растений выполнены замеры: диаметра на высоте груди (см), высоты (см), верхушечного прироста за последний год (см), установлен возраст (лет) и проекция кроны растений во взаимно противоположных направлениях (см). Кроме того, оценивалось жизненное состояние подроста по двухбалльной шкале. Жизнеспособными признавались растения, не имеющие признаков повреждений и обладающие сравнительно высокими темпами роста. В категорию неперспективных отнесены растения, отставшие в росте, с выраженными повреждениями кроны и ствола, усыхающие, кандидаты на отпад в ближайшей перспективе. Полученные полевые данные обработаны методами статистического анализа [3].

Результаты исследования. В начале лета 2008 года сотрудниками горно-лесной опытной станции на территории горельника был зафиксирован всплеск естественного возобновления сосны крымской. По оценкам исследователей плотность ценопопуляции самосева и подроста *P. nigra* subsp. *pallasiana* достигала 168 тыс. шт./га. При этом минимальная численность растений не превышала 3–4 тыс. шт./га [7, 12]. То есть уровень варьирования густоты растений был чрезвычайно высоким. Причину и особенности пространственной структуры формируемой ценопопуляции исследователи объясняют сохранностью и особенностью размещения части растений древесного полога на горельнике. Исследованиями было установлено, что доля сильно повреждённых, усыхающих деревьев и сухостоя *P. nigra* subsp. *pallasiana* заметно колебалась и составляла от 47% до 95%. Безусловно, что большое количество повреждённых огнём деревьев указывало на неудовлетворительное санитарное состояние насаждений. Логичным следствием такого вывода было назначение сплошных и выборочных санитарных рубок, которые выполнялись в течении ряда лет [7].

Вместе с тем, анализируя данные 2008 года и сверяя их с современными, следует сказать, что 53% оставшихся здоровых деревьев в первом случае и 5% во втором - это весьма значительное их количество, если принимать во внимание, что пожаром были пройдены спелые и перестойные насаждения со средней полнотой 0,6–0,7 единицы. Отметим, что лишь 5% деревьев от общего количества имеющихся в спелом насаждении составляют до 20–40 шт./га семенников, а в ряде случаев и семенных куртин. С учётом того факта, что по-

сле пожара резко меняются экологические условия допустимо предположение о том, что указанная категория сохранившихся сосен будет длительное время выполнять функцию резервного семенного фонда *P. nigra* subsp. *pallasiana*.

В дальнейшем детальное исследование повреждённых насаждений позволило установить, что погиб далеко не весь массив, который был охвачен огнём. По итогам наблюдений 2008, 2011 и 2014 гг. выявлено, что только в зоне «бурого леса» около 80% деревьев восстановили хвою и этот процесс, по мнению исследователей, продолжался длительное время [7].

Таким образом, вследствие прохождения лесного пожара была сформирована матрица зоны инспермации, которая определила неравномерность плотности ценопопуляций подроста сосны крымской на пространстве горельника и, конечно же, послужила пространственной основой для формирования сети пробных площадей. В частности, пробные площади были расположены на различном удалении от стен материнских насаждений, обеспечивших прилегающее пространство горельника семенным материалом. Также сеть пробных площадей была приурочена к сохранившимся после пожара куртинам и группам растений *P. nigra* subsp. *pallasiana*. Данные биометрической оценки подроста *P. nigra* subsp. *pallasiana*, приуроченного к стенам материнских насаждений, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Биометрические показатели подроста сосны крымской, расположенного на удалении от стены леса на расстоянии от 10 до 60 метров по результатам наблюдений 2025 года

Показатели					
Количество растений, тыс. шт/га	Высота, см	Диаметр, см	Проекция кроны, см		Прирост см
			север-юг	запад-восток	
Удаление от стены леса от 10 до 20 м					
25,6	171,7±4,57	2,6±0,43	46,2±4,46	40,5±3,43	9,5±0,55
Удаление от стены леса от 21 до 30 м					
25,0	209,9±5,17	—	44,8±4,77	44,1±4,65	11,9±1,65
Удаление от стены леса от 31 до 40 м					
11,7	255,9±6,82	2,9±0,23	126,3±11,4	124,8±10,67	15,9±1,09
Удаление от стены леса от 41 до 50 м					
20,3	273,9±5,83	3,6±0,35	124,4±5,64	119,9±4,95	21,9±3,72
Удаление от стены леса от 51 до 60 м					
2,1	316,5±28,12	5,0±0,53	165,4±14,61	158,2±12,22	21,0±2,01

Отчётливо выраженной особенностью пространственной структуры подроста сосны крымской можно считать устойчивое изменение средней высоты подроста с удалением от стены леса. Так, например, на расстоянии 15±5 (м) средняя высота растений составила 171,7±4,57 см. На удалении 55±5 (м) этот показатель был равным 316,5±28,12 см, то есть произошло двойное увеличе-

ние средней высоты подроста. Одновременно с изменением средней высоты изменялась плотность ценопопуляции подроста. Согласно полученным данным в непосредственной близости к стенам материнского насаждения густота подроста составляла 50–60 тыс. шт./га, на удалении 15–20 м этот показатель составлял 25,6 тыс. шт./га, в то время как за пределами 50-метровой зоны он равен 2,1 тыс. шт./га (рис.1). В данном случае разница в густоте растений, по меньшей мере, десятикратная. Также с удалением от стены материнского насаждения наблюдается увеличение кронового пространства растений, образующих ценопопуляцию. В пределах 11-20-метровой зоны метров проекция крон растений колеблется от $40,5 \pm 3,43$ до $46,2 \pm 4,46$ см. Аналогичный показатель за пределами 50-метровой зоны варьирует от $158,2 \pm 12,22$ до $165,4 \pm 14,61$ см.

Ещё одна, на наш взгляд, важная особенность структуры ценопопуляции подроста состоит в том, что на уровне пространственных фрагментов, расположенных в непосредственной близости к стенам материнских насаждений наблюдается значительный уровень дифференциации растений по комплексу биометрических показателей: высоте, диаметру, проекции кроны и приросту верхушечной оси. В связи с чем, допустимо предположение о том, что данный процесс будет сопровождаться отпадом и дальнейшим закономерным изреживанием указанного субценопопуляционного фрагмента. Не менее очевидно, что сравнительно высокая густота растений на единице площади влечёт за собой снижение комплекса биометрических показателей по сравнению с фрагментами ценопопуляции, где её плотность заметно ниже.

Таким образом, в непосредственной близости к стенам материнских насаждений происходит накопление подроста сосны, в то время как за пределами 50-метровой зоны наблюдается процесс неуклонного снижения плотности ценопопуляций подроста. Полученные экспериментальные данные позволяют выделить в пределах объекта исследования, по меньшей мере, от двух до трёх функциональных зон с разной плотностью и комплексом биометрических показателей растений существующей ценопопуляции. Так, например, на расстоянии до 30 м от стены материнского насаждения наблюдается максимальная густота растений ($\geq 25,0$ тыс. шт./га) и здесь же нами отмечены минимальные размеры кроны и прироста верхушечной оси подроста. В пределах указанной зоны весьма хорошо выражены процессы дифференциации и самоизреживания растений, как результата популяционного отбора.

В границах следующей функциональной зоны, на удалении от 31 до 50 м на фоне снижения густоты растений происходит увеличение кроны подроста, верхушечного прироста и средней высоты растений. Здесь же наблюдается сравнительно стабильный рост и развитие растений, формирующих ценопопуляцию подроста и молодняков сосны. В составе подроста доминирует *P. nigra* subsp. *pallasiana*, сопутствующие древесные породы не зафиксированы. С дальнейшим увеличением расстояния от стены материнского насаждения происходит резкое снижение плотности ценопопуляции до 2,0–2,1 тыс. шт./га. Однове-

менно с этим заметно возрастают биометрические показатели растений. Так, например, средняя высота ($316,5 \pm 28,12$ см) и диаметр растений ($5,0 \pm 0,53$ см) увеличивается вдвое. По периферии указанной зоны нами были отмечено присутствие единичных экземпляров дуба скального (*Q. petraea*) семенного происхождения. Можно сказать, что данная структурно-функциональная зона является естественным рубежом, пределом влияния стены материнского насаждения на особенности пространственно-возрастной структуры подроста и молодняков сосны крымской. Принимая во внимание высокий уровень жизненного состояния растений в границах указанных функциональных зон, а также вполне очевидное доминирование сосны на удалении 60 метров от стен материнского насаждения, данную ценопопуляцию подроста *P. nigra* subsp. *pallasiana* можно отнести к процветающему типу, которая со временем заменит повреждённое во время пожара насаждение и сформирует древостой сосны крымской, близкий по составу и структуре к коренному.

Стена материнского насаждения является одним из важных элементов пространственной матрицы определяющих структуру процессов естественного возобновления. Как правило, она имеет линейный замкнутый контур, влияние которого ограничено его протяжённостью и формой. В тоже время исследованиями было установлено, что одним из следствий прохождения лесного пожара является разнообразие сохранившихся пространственных фрагментов материнских насаждений линейного, точечного или же замкнутого контура, например, куртин или биогрупп. В связи с чем допустимо предположение о том, что эффект влияния таких контуров, определяющих процессы возобновления может усиливаться в случае перекрытия зон инспермации, их сочетания или же наоборот снижаться в том случае, когда такое перекрытие становится невозможным. В соответствии с выдвинутым нами предположением нами была заложена сеть пробных площадей на расстоянии от 10 до 100 м от сохранившейся после прохождения пожара куртины деревьев *P. nigra* subsp. *pallasiana*. Данные биометрической оценки подроста на опытном объекте приведены в следующей таблице 2.

Данные, отражённые в таблице 2 служат основанием для утверждения о том, что на объекте наблюдается зависимость аналогичная той, которая была установлена нами на предыдущей серии пробных площадей. Заметные отличия плотности ценопопуляции обусловлены особенностью формирования зоны инспермации. Так, в данном случае серия пробных площадей примыкает к семенной куртине с довольно низкой полнотой, ограниченной числом плодоносящих деревьев *P. nigra* subsp. *pallasiana*. Соответственно количество подроста в границах первого пространственного фрагмента, где удаление от стены куртины составляет до 50 м изменяется от 3,0 до 10,6 тыс. шт./га. Далее на расстоянии от 51 до 80 м следует снижение плотности ценопопуляции подроста до 1,6-2,1 тыс. шт./га. На расстоянии от 81 до 90 м нами было зафиксировано увеличение числа растений на единице учитываемой площади. Причиной нарастания плотности растений является наложение зон инспермации соседних куртин сосны

крымской, сохранившихся после прохождения лесного пожара. За пределами 90-метровой зоны отчётливо прослеживается дальнейшее снижение численности подроста *P. nigra* subsp. *pallasiana* до 0,6 тыс. шт./га (рис. 1).

Таблица 2. Биометрические показатели подроста сосны крымской, расположенного на удалении от стены леса на расстоянии от 10 до 100 метров по результатам наблюдений 2025 года

Показатели					
Количество рас- тений, тыс. шт./га	Высота, см	Диаметр, см	Проекция кроны, см		Прирост, см
			север-юг	запад-восток	
Удаление от стены леса до 10 м					
10,6	173,4±4,37	1,7±0,13	83,2±4,66	75,8±3,71	11,6±1,33
Удаление от стены леса от 11 до 20 м					
6,4	233,3±6,62	2,4±0,20	82,3±7,18	58,2±6,68	21,2±5,39
Удаление от стены леса от 21 до 30 м					
6,8	191,5±7,31	2,2±0,16	86,3±7,58	82,7±7,12	13,7±0,68
Удаление от стены леса от 31 до 40 м					
3,0	186,4±9,27	2,6±0,28	88,3±7,22	89,3±7,74	11,12±0,80
Удаление от стены леса от 41 до 50 м					
3,0	244,9±14,62	3,4±0,36	120,3±8,92	117,6±7,63	17,9±1,39
Удаление от стены леса от 51 до 60 м					
2,1	319,3±16,44	4,6±0,45	167,9±13,52	159,8±13,50	21,6±1,26
Удаление от стены леса от 61 до 70 м					
сосна крымская					
2,1	267,4±19,24	4,5±0,45	140,8±11,11	137,9±12,23	21,1±1,31
дуб скальный					
0,4	200,0±17,79	3,9±0,38	140,5±45,11	157,5±27,80	—
Удаление от стены леса от 71 до 80 м					
1,6	231,7±17,13	3,4±0,37	133,8±11,90	125,0±11,11	20,6±2,05
Удаление от стены леса от 81 до 90 м					
2,6	312,9±13,06	4,8±0,42	176,9±10,50	154,6±9,12	21,7±1,13
Удаление от стены леса от 91 до 100 м					
сосна крымская					
0,6	249,8±41,49	5,1±1,49	149,2±29,05	158,3±34,37	20,3±3,13
дуб скальный					
0,5	237,0±17,72	4,8±0,41	150,0±13,78	164,1±13,64	—

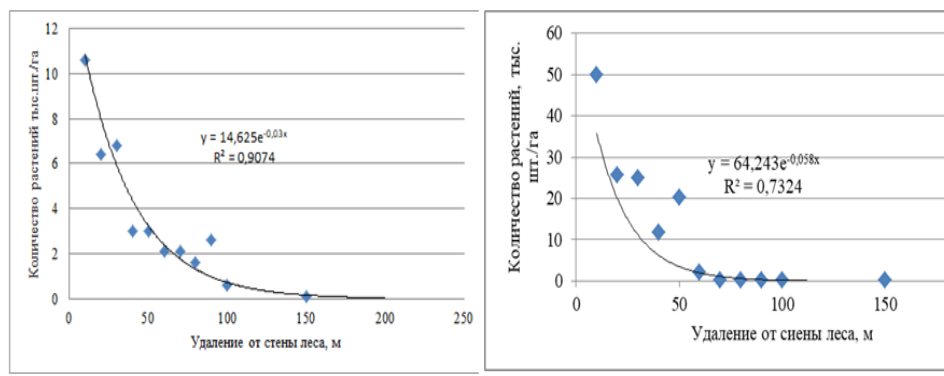


Рисунок 1. Экспотенциальная зависимость изменения густоты подроста сосны крымской с удалением от источников обсеменения а) стен материнских насаждений, б) от куртин леса, сохранившихся после пожара

В границах объекта исследования, как минимум, можно выделить до трёх функциональных зон, отличающихся друг от друга плотностью и биометрическими характеристиками подроста *P. nigra* subsp. *pallasiana*. Ещё одной и немаловажной особенностью, характерной для данного объекта является присутствие подроста дуба скального. Первое растение *Q. petraea* семенного происхождения, высота которого составила 185 см, было зафиксировано нами на удалении 41–50 м от границы куртины, выполняющей функцию источника обсеменения на прилегающее пространство горельника. Укажем, что здесь количество подроста сосны крымской составило 2,1 тыс. шт./га. На расстоянии 51–60 м количество подроста дуба семенного происхождения составило 400 шт./га. Биометрические показатели говорят о том, что *Q. petraea* заметно отстаёт в росте по сравнению с подростом *P. nigra* subsp. *pallasiana*. Так, например, различия по высоте составляют 25,2%, по диаметру более 13%. Различия в линейных размерах кроны, а, именно в направлении запад-восток несколько меньше и равны 12,4%. На последней пробной площади нами было отмечено присутствие подроста *Q. petraea* вегетативного происхождения. Удаление от внешней границы семенной куртины составило 100 м. Соотношение числа растений сосны крымской и дуба скального в данном случае практически одинаковое. Отличия биометрических характеристик подроста *Q. petraea* и *P. nigra* subsp. *pallasiana* статистически недостоверны.

Вероятно, допустимо предположение о том, что для совокупности обследованных нами объектов характерна ещё одна общая закономерность между численностью подроста и его биометрическими показателями, которая косвенно подтверждается одним типом зависимости – экспотенциальной кривой распределения между густотой растений и их удалением от источников обсеменения (рис. 1). Данное предположение базируется на том, что сравнительно низкие показатели средней высоты, среднего диаметра и линейных размеров кроны подроста в биогруппах характерны, прежде всего, той части ценопопу-

ляции, которая расположена в непосредственной близости к стенам материнских насаждений, а, следовательно, имеют максимальную густоту. В качестве проверки данного предположения приведём иллюстрацию графика, отражающего зависимость между количеством растений на единице площади и средней высотой подроста в границах исследуемого объекта (рис. 2).

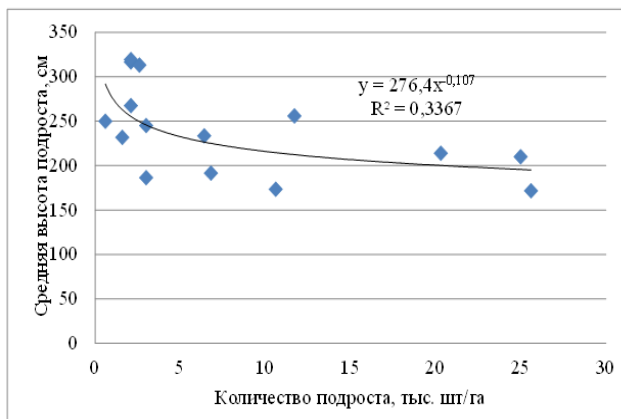


Рисунок 2. Зависимость между количеством подроста на единице площади (га) и средней высотой растений на объектах исследования

Полученные нами данные (рис. 2) позволяют утверждать, что зависимость между плотностью растений в границах существующих ценопопуляций подроста существует, но связь между показателями сравнительно слабая $R^2=0,3367$. Полностью отрицать наличие связи между средней высотой и плотностью растений в границах ценопопуляции было бы не совсем правильно. Очевидно, данная взаимосвязь сложнее и её невозможно выявить, опираясь лишь на два указанных показателя: количество растений и среднюю высоту. Не менее вероятно, что в границах рассматриваемой зависимости существуют несколько вариантов или пространственных кластеров, отражающих такую взаимосвязь. В связи с чем, целесообразно дальнейшее совершенствование методики исследований и большее количество наблюдений, чтобы объяснить варьирование биометрических показателей подроста в зависимости от особенностей пространственно-возрастной структуры ценопопуляций.

Выводы. Плотность ценопопуляции самосева и подроста *P. nigra* subsp. *pallasiana* в 2008 году на момент популяционного всплеска достигала 168 тыс. шт./га. При этом минимальная численность растений колебалась от 3 до 4 тыс. шт./га. Среднее количество растений на горельнике Ялтинского горно-лесного заповедника составляло немногим менее 80 тыс. шт./га. Поскольку на пространстве горельника, благодаря частичной сохранности древостоя осталось достаточно большое количество плодоносящих деревьев, то в конечном итоге исследователями был зафиксирован сравнительно успешный процесс реализации репродуктивного потенциала насаждений в категорию подроста *P. pallasiana*.

Максимальная густота подроста сосны крымской наблюдается в непосред-

ственной близости к стенам материнских насаждений и другим источникам семян *P. nigra* subsp. *pallasiana*. Так, например, по данным наблюдений 2025 года на расстоянии от 11 до 30 метров от стен материнского насаждения густота подроста превышает 25 тыс. шт./га, достигая 50 тыс. шт./га в непосредственной близости лесного массива. С удалением на расстояние более 50 м от стен насаждений, куртин и одиночных семенных деревьев плотность ценопопуляции заметно снижается. Тем не менее, в границах опытного объекта количество подроста *P. nigra* subsp. *pallasiana* и его жизненное состояние достаточное для его дальнейшего успешного роста и развития. Существуют все основания для прогноза о том, что со временем указанная ценопопуляция подроста сформирует насаждение по своей структуре близкое к коренному. То есть *P. nigra* subsp. *pallasiana* сохранит за собой присущее ей видоспецифичное пространство несмотря на катастрофический лесной пожар и его последствия.

В составе подроста и молодняков *P. nigra* subsp. *pallasiana*, присутствует жизнеспособный подрост *Q. petraea* порослевого и семенного происхождения. Его появление возможно в том, случае, когда происходит резкое снижение сомкнутости кронового пространства подроста сосны крымской. Как правило, подрост дуба скального встречается на границе или за пределами функциональной зоны со сравнительно высокой плотностью *P. nigra* subsp. *pallasiana*. Максимальная численность подроста *Q. petraea*, которая была выявлена нами составила 400–500 шт./га. Очевидно, по ряду объективных причин, она может быть и заметно большей. Вместе с тем исследованиями установлено, что биогруппы подроста *Q. petraea*, как правило, локализованы в пространстве горельника. Подрост дуба скального отстаёт в росте и развитии по сравнению с растениями *P. nigra* subsp. *pallasiana*. В связи с чем, возможен прогноз о том, что процессы замещения сосны крымской в границах ареала распространения коренных лесов *P. nigra* subsp. *pallasiana* на дуб скальный можно отнести к категории случайного события, нежели правила в рамках наблюдаемого лесообразовательного процесса.

Список использованных источников

1. Грейг-Смит П. Количественная экология растений – М.: Мир, – 1967. – 358 с.
2. Дидух Я П. Растительный покров Горного Крыма (структура, динамика, эволюция и охрана). – К.: Наукова думка, 1992. – 256 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Ена В.Г., Ена Ал.В., Ена Ан В. За-

References:

1. Greig-Smith P. Quantitative ecology of plants. Moscow, Mir, 1967, 358 p. (In Russian).
2. Didukh Ya P. Vegetation cover of Crimean Mountains (structure, dynamics, evolution and protection). – K.: Naukova Dumka, 1992. – 256 p.
3. Dospekhov B.A. Methods of field experiment. – Moscow, Agropromizdat, 1985. – 351 p. (In Russian).
4. Yena V.G., Yena Al.V., Yena An.v.

поведные ландшафты Тавриды. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2013. – 424 с.

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

6. Коба В. П. Сосна Палласа в Горном Крыму. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2022. – 393 с.

7. Мониторинг состояния пирогенных сукцессий Ялтинского горно-лесного природного заповедника и разработка лесохозяйственных рекомендаций: отчёт о научно-исследовательской работе № 25/08: утвержден Директором Крымской ГЛНИС Ю. В. Плугатарём 29.12.2008 г. – Алушта, 2008. – 55 с.

8. Плугатарь Ю.В. Леса Крыма – Ялта: ГБУ РК «НБС-ННЦ», 2015. – 385 с.

9. Пятницкий С.С. Методика исследований естественного семенного возобновления в лесах левобережной Лесостепи Украины. – Харьков, 1959. – 26 с.

10. Салтыков А.Н. Структурно-функциональные особенности естественного возобновления придонских боров. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2019. – 362 с.

11. Салтыков А.Н., Мурзаханов А.Р., Логинов А.О. Вариативность пространственно-возрастной структуры ценопопуляций подроста сосны крымской (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) в границах пирогенного ряда на заповедных территориях южного берега Крыма // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2025. – № 42 (205). – 2025. – С. 87–101.

12. Салтыков А.Н., Мурзаханов А.Р., Кваша П. Г. Лесные пожары на заповедных территориях южного берега Крыма: периодичность и последствия // Известия сельскохозяйственной науки

Protected landscapes of the Tavrida. – Simferopol: Business-Inform, 2013. – 424 pp.

5. Koba V.P. Pallas's pine in the Crimean Mountains. – Simferopol: ARIAL, 2022. – 393 pp.

6. Monitoring the state of pyrogenic successions of the Yalta mountain-forest nature reserve and development of forestry recommendations: report on research work No. 25/08: approved by the Director of the Crimean State Forest Research Institute Yu. V. Plugatar on 29.12.2008 – Alushta, 2008. – 55 p.

7. Plugatar Yu.V. Forests of Crimea. – Yalta.: SBI RC "NBS-NSC", 2015. – 385 p.

8. Pyatnitsky S.S. Methodology of research of natural seed regeneration in the forests of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. – Kharkov, 1959. – 26 p.

9. Saltykov A.N. Structural and functional features of natural reproduction of the Donetsk pine forests. – Simferopol: IT "ARIAL", 2019. – 362 p.

10. Saltykov A.N., Murzakhanov A.R., Loginov A.O. Variability of the spatial-age structure of cenopopulations of Crimean pine undergrowth (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) within the boundaries of the pyrogenic series in the protected areas of the southern coast of Crimea // News of the agricultural science of Tavrida. – 2025, No. 42 (205). – 2025. – P. 87–101.

11. Saltykov A.N., Murzakhanov A.R., Kvasha P.G. Forest fires in protected areas of the southern coast of Crimea: frequency and consequences // News of the agricultural science of Tavrida. – 2026, No. 45 (208). – P. 6–21.

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

Тавриды. – 2026. – № 45 (208). – 2026. – С. 6–21.

13. Санников С.Н. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса – М.: Наука, 1985. – 152 с.

14. Шеляг-Сосонко Ю.Р., Я.П. Дидух. Ялтинский горно-лесной государственный заповедник – К.: Наукова думка, 1980. – 183 с.

13. Shelyag-Sosonko Yu.R., Ya.P. Didukh. Yalta mountain-forest state reserve. – Kiev: Naukova Dumka, 1980. – 183 p.

14. Zlobin Yu.A. An evaluation of the quality of cenopopulations of undergrowth of tree species // Forestry. – 1976, № 6. – P. 72–79.

Сведения об авторах:

Салтыков Андрей Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесного дела и садово-паркового строительства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail saltykov.andrey.1959@mail.ru 295492, РФ, Республика Крым, Симферополь, Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», корп. 1, каб. 234.

Мурзаханов Артур Рахимжанович – директор ФГБУ «Объединённая дирекция особо охраняемых природных территории «Заповедный Крым», e-mail artur.murzohanov@yandex.ru 298651, Республика Крым г. Ялта пгт Советское Долосское шоссе д. 2

Кваша Полина Григорьевна. – аспирантка кафедры лесного дела и садово-паркового строительства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail alan-loginov97@mail.ru

Information about the authors:

Saltykov Andrey Nikolaevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry and Horticultural Engineering at the Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky KFU, e-mail saltykov.andrey.1959@mail.ru 295492, Russian Federation, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarian, Institute "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V.I. Vernadsky", building 1, office 234.

Murzakhanov Artur Rakhimzhanovich – Director of the Federal State Budgetary Institution "United Directorate of Specially Protected Natural Territories "Reserved Crimea", e-mail artur.murzohanov@yandex.ru Sovetskoye Dolosskoye highway, Yalta, Republic of Crimea, 298651.

Kvasha Polina Grigorievna. – postgraduate student of the Department of Forestry and Horticultural Construction at the Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky KFU, e-mail alan-loginov97@mail.ru

УДК 581.9:582.632.2(569.4)

**ФИТО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ
РАСПРОСТРАНЕНИЕ РОДА
(*Pistacia* L.) В ИЗРАИЛЕ.**

Сташкина А.Ф., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФИЦ ИнБЮМ «Карадагская научная станция им.Т.И. Вяземского»

*Статья посвящена изучению рода Фисташка (*Pistacia*) на территории Израиля, рассматривая происхождение названия, историческое и современное распространение, особенности биологии и экологии, а также культурно-историческое значение этих деревьев. Подробно описаны уникальные представители фисташковых деревьев, сохранившиеся в различных регионах страны, включая знаменитый экземпляр в роще возле крепости Ветшалы и священные деревья в Библейских местах. Особое внимание уделено важности охраны и восстановления фисташковых лесов, которые сохраняются благодаря усилиям местных жителей и природоохранных организаций. Текст подчеркивает тесную взаимосвязь между природой, культурой и традициями народа Израиля, делая акцент на сохранение уникальной экосистемы и исторического наследия.*

Ключевые слова: фисташка, распространение, биология, экология

**PHYTO-GEOGRAPHICAL
DISTRIBUTION OF THE GENUS
(*Pistacia* L.) IN ISRAEL.**

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

*The article is devoted to the study of the genus *Pistacia* in Israel, exploring its name origin, historical and current distribution, biological characteristics, ecological features, as well as cultural-historical significance. The text provides detailed descriptions of unique pistachio trees preserved in various regions of the country, including a famous specimen near Vetshele Fortress and sacred trees found in Biblical sites. Special attention is given to the importance of conservation efforts aimed at protecting and restoring these forests, which are being maintained through local initiatives and environmental organizations. The article emphasizes the close interconnection between nature, culture, and traditions of the Israeli people, highlighting the need for preserving this unique ecosystem and historical heritage.*

Keywords: pistachio, distribution, biology, ecology

Введение. В классических научных источниках название *Pistacia* («Элла» на латыни) - собирательное имя, также, как и арабское имя «Батам». Это связано со сходством между израильскими и атлантическими фисташками. Отметим, что вопрос о теребинте (*Pistacia terebinthus*), найденный в Восточном бас-

сейне Средиземного моря, теперь считается подвидом или аналогом Фисташки мастинковой. Следовательно, можно идентифицировать фисташки на уровне пола только по контексту или по уникальным опознавательным знакам. Морфологические признаки листьев часто используется для различения популяций и их таксономической классификации.

Имя Эла соединяется с названиями деревьев Алон, Элан, которые имеют корни «Эль» [1] Имя «Элла» встречается в Библии 17 раз как дерево, которое находится в непосредственной близости от Эллы и Блича. И все переводы приписывают богиню дереву, богине Земли Израиля и богине Атлантиды. Некоторые идентифицируют «желуди», упомянутые в списке «Певца Земли» (Бытие, МГ, т.е.), как плоды атлантической богини, отчасти из-за сохранения названия дерева на арабском как «Бетам» [2].

Название латинского рода Фисташка *Pistacia* L происходит от древнеперсидского, которое по-персидски называется фисташкой и отсюда название молочного плода фисташки.

Научное название вида *Atlantean* происходит от Атласских гор, откуда атлантические горы простираются через Степной регион до Центральной Азии.

Деревья рода Фисташка в стране самые древние. Огромная и впечатляющая «атлантическая богиня» - *Pistacia atlantica*, возраст которой составляет около 450 лет, расположена к западу от Крепости Власти, возможно, самой большой и древней рода Фисташки на Земле Израиля, наряду с рядом других, более мелких древних пород [3].

Другие крупные древние *Pistacia atlantica* найдены возле ям Лутц на горе Негев и у реки Мелхан в Араве, в районе реки Лутц. Даже в Тель-Дане была огромная рода Фисташка, но она сгорела дотла в результате небрежности путешественников в 1970-х годах.

В долине Бейт-Шеан, на вершине Мицпе Алот (примерно в 3 км к западу от Нахмии и в 4,5 км к юго-востоку от Явналя), возвышается большая атлантическая богиня, некоторые утверждают, что она вдохновила символ бригады Голани. рода Фисташка является частью пары деревьев, которые росли на могиле шейха ор Зуита, второй богини, подожженной десятилетия назад. Другие впечатляющие примеры можно найти на въезде в мошав Дишон, в замке Цви, в кибуце Гонен и к юго-востоку от мошава Адерет в долине Хала. Израиль является чуть ли не единственной страной в мире, где на протяжении двадцатого века наблюдался прирост деревьев фисташки.

Цель и задачи исследований – изучение процессов, связанных с особенностями размещения насаждений рода Фисташки (*Pistacia* L.), эколого-географических и почвенно-климатических особенностей, влияющих на рост и развитие растений, устойчивостью к антропогенной, абиотической и биотической нагрузке на основе изучения особенностей роста и развития растений в разных условиях внешней среды.

Материал и методы исследований. Теоретическую и методологическую

базу исследования составляют научные труды отечественных и зарубежных учёных и практики по проблемам развития растений фисташки. Сравнительная характеристика размещения видов (*Pistacia*) в разных регионах Израиля. Анализ влияния и характеристика внешних условий на размещение разных видов (*Pistacia* L.) произрастающих в этом регионе.

В процессе исследования применен комплекс методов научного анализа: абстрактно-логический, аналитический, монографический, статистической, экспертной и сравнительной оценки. Картографо-агроэкологические исследования распределения рода Фисташки *Pistacia* L. на основе спутниковых, географических, яндекс и гугл карт.

Эти карты были составлены путем объединения многочисленных и разнородных данных, собранных нами из опубликованных атласов в монографиях, содержащих полные карты распространения видов, от национальных до региональных атласов, географических баз данных встречаемости, научной и неофициальной литературы.

Карты были созданы с использованием ссылок на гербарии, фотографий с мест расположения видов. Ареал видов нанесен на карты полигональными объектами, которые определяют непрерывные области обитания вида, и точечными объектами, которые идентифицируют более фрагментированные и изолированные популяции. Если сообщается о синантропных встречах за пределами естественного ареала вида, также присутствуют дополнительные точечные или полигональные расположения видов.

Информационно-эмпирической и нормативной базой исследования являются международные источники и материалы отечественных исследователей Фисташки.

Еврейский и арабский Харам-Рамет-эль-Халиль, в Библии название места (рощи, дубравы - евр.), где жил и построил жертвенник Богу ветхозаветный патриарх Авраам [4], в христианской традиции почитается как святое место, где сохранился библейский т. н. мамврийский дуб – фисташка теребинт *Pistacia terebintis*. Этот участок земли в еврейском. тексте Священного Писания назван амореями Мамре [5] и находится в 3 км к северу от Хеврона, на зап. берегу р. Иордана.

«Мамврийский дуб» - также условное название для дерева теревинф, которое известно по упоминаниям в ветхом завете [6]. В Септуагинте и у Иосифа Флавия это *τερεβίνθος* (лат. - *Pistacia palaestina* Фисташка палестинская); которое называется еще «терпентинное дерево» или «Мамврийский дуб». Это дерево упоминается в Книгах пророков [7]. В Священном Писании воспеваются красота густой листвы *Pistacia terebintis* [8], дающей летом тень, и потому дерево нередко называется ветвистым [9]. *Pistacia terebintis* может достигать тысячелетнего возраста, но и после его гибели из корня растут молодые побеги - это свойство использовал в качестве сравнения пророк Исаия в обетовании праведникам: «Как от *Pistacia terebintis* и как от дуба, когда они и срублены, [остается] корень их, так святое семя [будет] корнем ее» [10].

Древнегреческий естествоиспытатель Теофраст (287-371 гг. до н. э.) посвятил Фисташке целую главу и подробно описал ее. Он отметил, что это двуполое дерево, и оно имеет тип «мужской» и «женский» [11].

В Средневековье имеются многие упоминания о деревьях Фисташки в Израиле. Эти деревья, несомненно, были заметным элементом лесного ландшафта Израиле в различных регионах. Дерево «Батам» растет на гребне горы Амала (в Верхней Галилее, к югу от ручья Литани).

Другие свидетельства широкого распространения Фисташки в Галилее приводятся во многих еврейских источниках, в которых указывается ее местонахождение рядом с гробницами святых: в Альме, в Баниасе, в Амуке, в Кафр-облаке, в Бараме и Мироне.

Дерево фисташки под названием Элла много раз упоминается в древних источниках. Еврейское название происходит от корня «Эль», возможно, потому, что в тени больших деревьев они совершали поклонение идолам: «и на холмах будут собираться три дуба и кирпич, и те, кто хорошо жарил» [12]. Даже сегодня известны священные гробницы, которые служат местами паломничества, которые находятся рядом с большими деревьями рода Фисташки атлантический. О двух из них следующее:

В Библии говорится, что Авессалом, мятежный сын царя Давида, попал в позорное положение, когда его волосы запутались между ветвями рода Фисташки Атлантической, и он оставался висеть между небом и землей, пока не пришел Иоав, служитель армии Давида, и всадил стрелы в его сердце.

Эти большие деревья служили ориентирами. Ангел Господень был открыт Гидеону «под богиней, которая в руде», царь Саул и его сыновья были похоронены под деревом богини в сухом Галааде. И битва между Давидом и Голиафом произошла в долине богини, названной, очевидно, в честь большого дерева, которое там росло. Эти деревья рода Фисташки Атлантический действительно растут в этом районе. Дерево также напоминает Мишну. В трактате евмота (двенадцатая, шестая) говорится, что раввин Гиркан сидел под «богиней» в деревне Итам.

Многие упоминания о деревьях Фисташки в Средние века есть из области Иудеи и Самарии.

В период крестоносцев упоминаются деревья Фисташки в деревне Казале Ботме, связанной с Хирбет ботем (или Дейр альбатем), примерно в 1,5 км к северо-западу от центра Лозет.

Деревья Фисташки атлантической использовались в качестве ориентиров при описании участков земли в районе Иерусалима в период Айюбидов.

Жители горы Хеврон выращивали фисташковые деревья еще несколько веков назад, чтобы есть их плоды, добывать масло в качестве специи и производить другие продукты. Древнее свидетельство этого можно найти в словах путешественника Феликса Фабри конца 15 века: по его словам, он считал долину Хеврона территорией, огороженной виноградниками и садами, внутри

которых стояло много деревьев фисташки, залитых смолой.

Это плодородная долина, и в наши дни там стоит много этих деревьев. Это красивые деревья, из которых добывается сильная смола. Фабри Феликс (1893) писал «есть два вида: тот, который называется мужским, и женский - плодоносящий двух видов... Из этих фруктов добывается хорошее масло» [13].

В археологических раскопках древнего города Тель-Дан (на пути в рай) «Раем» называется замечательный лесок с огромными вековыми деревьями, между которыми протекают ручейки, сливаясь в маленькие бассейны. Недалеко от него находится огромное раздвоенное фисташковое дерево с большим дуплом посередине. Это дерево настолько примечательно и настолько любимо детворой, что получило имя «дерево Винни-Пуха». Эти громадные старые деревья являются останками древнего леса и они произрастают на краях Хульской долины.

Наконец, Фабри упомянул богатые маслом деревья фисташки в долине Хеврона в конце периода мамлюков. О добыче масла из деревьев фисташки в Галилее сообщают некоторые источники. Р. Моисей басула, живший в начале османского периода, отмечал, что рядом с гробницей Елеазара Бен Азарии есть древо «одного вида, называемого арахисом (Фисташка), и из него делают масло». Добыча масла в древности производилась путем отжима фруктов и маринования их в каменных чашках.

Pistacia terebintis растет в горах недалеко от Тадмура. Помимо отдельных деревьев, разбросанных по всей стране, это дерево также находилось в большом количестве на руке Хеврона

Результаты исследований и обсуждение. Высаживать деревья в современном Израиле необычайно популярно. В насаждающиеся леса приезжают целыми семьями. Практически всеми своими лесами страна обязана именно таким вот посадкам.

Без массового озеленения и посадки деревьев страна оставалась бы такой же пустынной и мрачной, какой видели ее паломники 200 и 300 лет назад. Для лесопосадок и при озеленении городов и поселений (парки, скверы, аллеи вдоль улиц) широко используются кипарис, несколько видов фисташки, кипарис, казуарина, фикус, тамариск, олеандр.

С момента основания государства в 1948 году, в Израиле было посажено около 240 миллионов деревьев. По данным национального фонда, в 1901 году в Израиле было всего 1400 гектаров лесных массивов, а в настоящее время территория лесов в Израиле занимает более 85 500 гектаров.

Основные посадки приходятся на праздник «Ту Би-Шват», который проводится в конце января. (15 число месяца Швата) Ту Би-Шват, по сути, праздник посадки деревьев. Он имеет глубокие корни, но возродился в начале прошлого века. когда в Галилее были посажены сотни деревьев. Это проходило в торжественной обстановке. А в 1908 году Союз учителей объявил Ту би-Шват праздником лесонасаждений. С тех пор и происходят ежегодные массовые посадки. Как сказано в Торе: «И когда придете вы в страну и посадите какое-либо дерево плодоносное...» (Ваикра, 19:23).».

Несмотря на значительные посадки деревьев в Израиле естественные ландшафты в течении веков претерпели значительные изменения под влиянием рубок лесов и интенсивного выпаса скота. Лишь в немногих, в основном горных и пустынных, районах сохранилась естественная растительность, среди которых важное место занимают растения рода Фисташка (*Pistacia L.*).

Флора Израиля уникальна по обилию видов растений (около 2,5 тыс., относимых к 700 родам, входящим в 115 семейств; для сравнения: в Египте – 1,5 тыс. видов, на Британских островах – 1,7 тыс.), сосредоточенных на сравнительно небольшой территории.

Состав и густота растительного покрова Израиля определяются тремя факторами:

а) расположением страны на стыке трех континентов и двух океанов, благодаря чему здесь встречаются виды растений, происходящих из различных географических областей – Западной Европы, Центральной Азии и Северной Африки;

б) климатическими условиями страны, в силу которых растения должны были приспосабливаться к постоянной или временной нехватке влаги;

в) деятельностью человека, который способствовал изменению характера растительного покрова, умышленно или неумышленно разрушая его, культивируя некоторые полезные виды и уничтожая бесполезные, а также осуществляя акклиматизацию чужестранных видов.

На территории Израиля в дикой природе произрастают несколько видов рода Фисташка (*Pistacia sp.*). Согласно письменным свидетельствам и ботанико-археологическим находкам, они были ключевым компонентом естественной флоры и деятельности человеком. Следует обратить внимание на двух видах Фисташки: Эрец-Исраэль - Фисташка палестинская (*Pistacia palestina*) и Фисташка атланическая (*Pistacia atlantica*) из семейства (*Anacardiaceae*). Между ними есть морфологическое сходство, и в древности они назывались одним и тем же именем, например, по-арабски «Ланцет Батам» или «альхаба альхицира» (как зеленая ягода), в отличие от Фисташки мастичной – (*Pistacia lentiscus*), которая считалась отдельным видом (рис. 1).

Фисташка палестинская (*Pistacia palestina*) - двудомное дерево, зимой в Израиле лиственное, высотой 10-20 м. Обычно она растет естественным образом в виде куста с несколькими стволами. Она может превратиться в дерево с большим центральным стволом, например, возле священных мест, развитие, которое предполагает его выращивание там человеком.

Фисташка палестинская (*Pistacia palestina*) распространена по всему Восточному бассейну Средиземного моря. Этот вид является ключевым компонентом средиземноморского лесного ландшафта и образует сообщество обыкновенного дуба и фисташки палестинской на различных почвах.

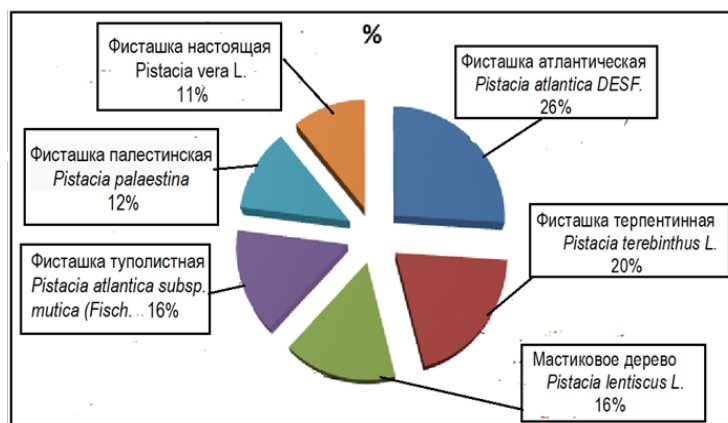


Рисунок 1. Место видов *Pistacia atlantica* subsp Фисташки во флоре Израиля.

Фисташка туполистная, или Дикая фисташка, (лат. *Pistacia atlantica* subsp. *Mutica*) также является лиственным деревом, но для нее характерен толстый центральный ствол и широкая крона. Лист перистый к листочкам, которые обычно тупые по краям, а ось листа покрыта тонкой мембраной. Форма и цвет цветов Фисташки атлантической и ее плодов аналогичны цветам *Pistacia palestina*, хотя и немного больше.

Дерево растет в низменных районах Средиземноморья и в засушливых районах, образуя лесную парковую компанию. Впечатляющие рощи Фисташки туполистной можно увидеть в районе долины Кадеш или в руслах ручьев на горе Негев. Большая распространенность двух видов Фисташки палестинской и Фисташки туполистной, - *Pistacia atlantica* subsp. *Mutica*) - некоторые из которых имеют особенно крупные и толстые стволы – на территории современного города Хеврон, на краю террас и сельскохозяйственных угодий, повышает вероятность того, что они когда-то выращивались человеком [14].

Карта исследований распространения рода Фисташки (*Pistacia* L.) на территории Израиля составлена путем объединения многочисленных и разнородных данных, собранных нами из опубликованных атласов в монографиях, содержащих полные карты распространения видов, от национальных до региональных атласов, географических баз данных встречаемости и научной литературы (рис. 2).

Фито-географические исследования показали, что на территории Израиля распространены 6 видов фисташки:

- Фисташка атлантическая - (*Pistacia atlantica*);
- Фисташка теребинтовая - (*Pistacia terebinthus*);
- Фисташки мастичной – (*Pistacia lentiscus*);
- Фисташки туполистной, - *Pistacia atlantica* subsp. *Mutica*;
- Фисташка палестинская - (*Pistacia palestina*);
- Фисташка настоящая - (*Pistacia vera*).

Средиземноморский район охватывает территорию от северной границы Израиля до Газы и от западного морского побережья до долины реки Иордан.

Лесные участки встречаются в Галилее, Самарии, на Иудейских холмах и в горах Кармель. В составе растительности преобладает сосна Алеппская, а в дубравах на западных склонах Нижней Галилеи – дуб Таворский и Палестинский, стиракс лекарственный, а также деревья фисташки палестинской, атлантической и мастиковой (рис. 2).

В рощах Верхней Галилеи и гор Кармель выделяются заросли Палистинского дуба, фисташками палестинской, атлантической и мастиковой иногда встречается Галловый дуб вместе с боярышником.

На сухих средиземноморских склонах гор распространены фисташки атлантическая и мастиковая в зарослях вечнозеленых низкорослых кустарников, полукустарников и многолетних трав.

Ирано-Туранский флористический район занимает узкую полосу Фисташки атлантической и мастиковой от Тивердиадского озера до Мертвого моря, а также в северном и центральном торы Негев. В низовьях Иордана в изобилии растут деревья зизифуса и фисташки.

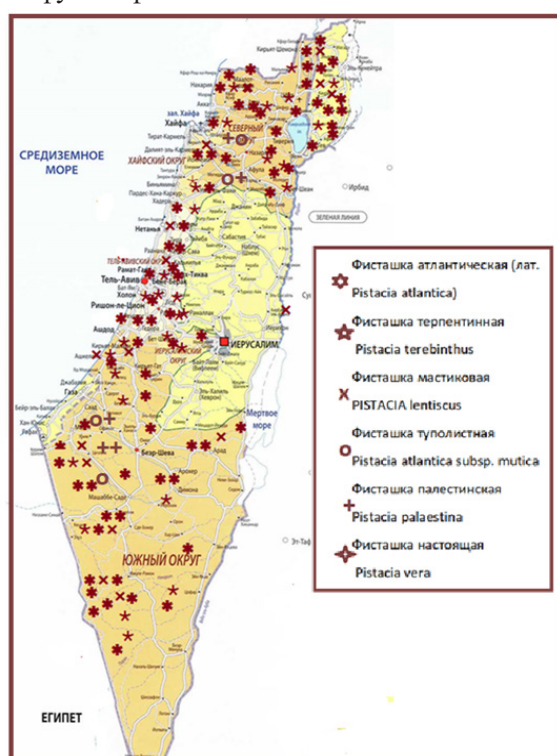


Рисунок 2. Распространения деревьев фисташки на территории Израиля.

Одно из самых поразительных фисташковых деревьев (Фисташка туполистная, Дикая фисташка, - *Pistacia atlantica* subsp. *Mutica*)) В городе Талмуде. Гигантский ствол растет прямо из скалы. Специалисты говорят, что изначально здесь

проросли три дерева – три ствола. Одно засохло, а два других срослись вместе и превратились в один могучий ствол. Это дерево вошло в историю Кирьят-Тивона.

Эта фисташка придает тень пещере, где, согласно традиции, похоронен рабби Ханина Бен Дуса, он же «праведник» арабы. В городе Талмуде, расположенный здесь, упоминается как Аравия. Гигантский ствол дерева появляется прямо из естественной скалы. Прошло много лет, и древние камни, из которых была построена гробница, успели глубоко вонзиться в ее плоть. Из большого, несколько изогнутого ствола выходят два гигантских полотна, тень которых падает не только на двор и пещеру, но и вторгается на соседнее кладбище. На территории кладбища растут еще несколько деревьев Фисташки атлантической, но они намного меньше дерева местного праведника.

Благодаря своему статусу священного дерева в Израиле фисташки выдерживают выпас и вырубку в течение многих лет. Они могут достигать больших размеров, а некоторые старые деревья имеют стволы диаметром 2 метра. Тем не менее, деревья растут очень медленно, и дереву может потребоваться 200 лет, чтобы достичь половины размера такого дерева как на холме Азека. Отсюда великолепно обзревается долина ха-Эла (весь район называется Шфела) Так как фисташка атлантическая на иврите называется «эла», то есть долина ха-Эла названа в честь этого дерева.

Долина названа в честь больших и тенистых теребинтовых деревьев (*Pistacia terebinthus*), которые произрастают в ней. На западной стороне долины, недалеко от Сочо, растет очень большое и древнее дерево этого вида, высотой 17 м со стволом 5,2 м в окружности и кроной не менее 23 м в диаметре. Это дерево известно тем, что является одним из крупнейших деревьев Фисташки теребинтовой в этом районе и отмечает верхний конец долины.

Дерево Фисташки теребинтовой так же растет возле могилы рабби Тарфона, который жил в конце в начале II века н.э. У дерева шесть стволов, напоминающих гигантские руки. Дерево упоминается в источниках конца XIX века.

В долине Кадита – Верхняя Галилея находится Фисташка атлантическая (Атлантическая богиня), предполагаемый возраст – более 800 лет, она является уникальным явлением в ландшафте Израиля. Это большое листопадное дерево. Ствол толстый, диаметр развитого дерева достигает 2,5 м. Достигает 15 м в высоту и 30 м в кроне.

Долина, протяженностью около пяти километров, образовалась из массы твердых известняковых пород, которые когда-то покрывали эту местность, и окружена высокими склонами. Здесь высажены виноградники для винодельческой промышленности и плантации Фисташки.

Отголосок этого явления сохранился и сегодня во многих местах Земли Израиля в виде больших древних «освященных» деревьев Фисташки, примыкающих к гробницам святых. Под Фисташкой были похоронены идолы Белого дома в Наблусе (бытие Лех, ср.), а под ним были похоронены кости Саула и его сыновей в суше (хроники А. И., 12).

В самом сердце долины Кадес в Верхней Галилее стоит Фисташка Атлантическая. Это огромное дерево, вероятно, самое большое в стране, и в его тени могут с комфортом укрыться около ста человек. Дерево достигает десяти метров в высоту, а его ствол - около пяти метров в ширину.

В Израиле фисташки так же растут в аравийских районах страны: на Голанах и в Восточной Верхней Галилее, в долине Хула, в Нижней Галилее и в местах высоко на горе Негев в районе Нахаль элот. Фисташка мастичная растёт на вершине горы Хурват Бургин. В Негеве деревья Туполистной Фисташки туполистной - *Pistacia atlantica* subsp. *Mutica*) растут в больших ущельях или в карманах между камнями, которые забирают в них воду из окружающей среды. Фрагментированное распределение предполагает, что деревья были более распространены в прошлом, а деревья, которые растут сегодня, являются лишь свидетельством славы прошлого.

Фисташки атлантические в руинах Оша расположены у истоков реки Яркон, на границе между долиной Хашарон и горной областью Шефела. Здесь на вершине тропы растёт впечатляющая фисташка атлантическая. Ствол дерева очень толстый, и крона дерева начинается как раз на той высоте, до которой не могут достичь зубы крупного рогатого скота, пасущегося поблизости. С этой высоты на дереве образуется серьезный клубок стволов и ветвей.

Фисташка палестинская была и остается ключевым элементом природного растительного ландшафта во всем Средиземноморском регионе страны, наряду с дубом обыкновенным (*Quercus caiprinos*). Однако если сегодня дуб является более доминирующим элементом ландшафта, то, согласно археологическим находкам, картина в прошлом была обратной, и это может иметь какое-то отношение к выращиванию в культуре Фисташки атлантической.

Во всяком случае, останки этого вида фисташки были найдены в изобилии во всех исторических эпох страны. Остатки фисташки были найдены в основном в долине верхнего Иордана, на Голанах и в Негеве, особенно примечательны большие древние деревья, которые, согласно дендрохронологическим исследованиям (годовые кольца), насчитывают сотни лет (около 1000-500 лет).

В пустыне Негев, каньон Авдат, у подножья восточной стенки каньона на насыпи растёт одинокое дерево, которому около 250 лет в национальном парке «Эйн Авдат». Это говорит о том, что растительность здесь прежде была иной. Этот Ирано-Туранский вид фисташковых деревьев (*Pistacia atlantica*) сбрасывает листья зимой, образуя новые летом, что является свидетельством более дождливого климата в этом районе в прошлом.

Изучая распространение рода Фисташки (*Pistacia*), на всей территории Израиля нами наблюдалась пестрота её ареала. как в прибрежных равнинах, так и в предгорных и горных районах. В прибрежных районах состояние деревьев зависит от степени близости растений к морю (испарение которого повышает влажность воздуха), ее рельефа и положения относительно уровня моря. Растения Фисташки, как правило, имеют большую крону с хорошо развитыми ли-

ствиями. Некоторые деревья в прибрежной территории не листопадные и сохраняют лиственный аппарат круглый год независимо от условий среды.

В предгорных и горных районах деревья Фисташки в жаркий период лета, когда в горах районах днем температура поднимается до 29–31°, на севере Иорданской впадины — до 35°, в районе Мертвого моря — до 40°, в районе Беер-Шевы — до 32–33°, выживают только за счёт корневой системой способной в крайне засушливых условиях расти и развиваться.

В нашем исследовании установлено, что деревья Фисташки туполистной - *Pistacia atlantica* subsp. *Mutica*) растут в больших ущельях или в карманах между камнями, которые забирают в них воду из окружающей среды подобно деревьям Фисташки туполистной произрастающих на территории Крыма и черноморского побережья Краснодарского края. Как и в Крыму этот вид Фисташки растёт медленно, образуя деревья с двумя тремя стволами.

Фисташки туполистные образуют сообщества или растут одиночными деревьями, иногда это растения, имеющие возраст 100 и более лет. Как и в России Фисташка туполистная очень слабо размножается семенами, а взошедшие растения часто поедаются животными. Вид находится под угрозой резкого снижения численности.

Количество годовых осадков уменьшается с запада к востоку, где сказывается соседство пустыни. Так, в поселениях долины Звулун и Изреельской долины годовое количество осадков следующее: близ Хайфы — 600 мм, Нахалал — 550 мм, Мерхавия — 450 мм, Эй-Харод — 400 мм.

В этих условиях встречаются деревья и посадки Фисташка настоящая (*Pistacia vera*), которая обычно образует редколесья, в которых отдельные особи отстоят одна от другой на расстоянии от 5–10 до 50–100 м и никогда не смыкаются кронами. По производству Фисташки настоящей Израиль находится на 14–15 месте среди производителей этих орехов. Площади фисташников сильно сократились под влиянием пожаров, которые скотоводы вызывали искусственно, чтобы улучшить травостой, а также из-за порубок деревьев на топливо и раскорчевки лесных насаждений под пашню. Промышленных посадок фисташки настоящей на территории Израиля производится крайне мало, освобождающиеся земли занимают другими культурами.

Фисташка — ярко выраженный ксерофит, растёт в районах с континентальным климатом, характерная особенность которого — длительное жаркое лето, когда температура воздуха часто поднимается выше 40°C, а влажность падает до 10%. Поверхность почвы при этом нагревается выше 70°C, и в ней совсем не остаётся доступной растениям влаги.

Фисташка светолюбива, жаро- и морозоустойчива, легко переносит морозы до –30°C. Предпочитает плодородные, богатые известью почвы, но успешно растёт на щебнистом субстрате и на выходах известняка.

В схожих благоприятных климатических условиях разводится и успешно культивируется в Израиле. Произрастает на мелкоземистых, каменистых и ска-

листых склонах в предгорьях и низкогорьях (высоты от 400 до 2000 м над уровнем моря), преимущественно в поясе эфемероидных лугов, иногда встречается на южных склонах в поясе древесно-кустарниковой растительности. Может образовывать участки самостоятельной фисташковой формации.

В засушливом Негеве, как и в прибрежной зоне, ощутимо уменьшение количества осадков с севера к югу и от гор к низинам. В Беер-Шева — 200 мм, Ревивим — 100 мм, Эйлат — 30 мм, тогда как на горном массиве Рамон (с вершинами свыше 1000 м) — 250–300 мм.

Нагорье Негева (длина — свыше 200 км, максимальная ширина — 80 км) от южных склонов Иудейских гор и каньона Цеелим на севере до Эйлатского залива на юге граничит на востоке с впадиной Арава, а на западе с Синайской пустыней. Засушливая область (200 мм осадков в год в районе Беер-Шевы, 100 мм в районе Арада, 50–20 мм в Араде, средней и южной частях нагорья, исключая район горы Рамон, где они достигают 250 мм в год), с характерной для пустыни скудной флорой, подразделяется на северное плоскогорье с впадиной Беер-Шева, горы Негева, возвышенность Паран и Эйлатские горы.

Осадки выпадают лишь с конца октября по апрель, интенсивно с декабря по март (от 40 до 60 дней).

В рощах Верхней Галилеи и Кармела произрастает несколько видов фисташки (палестинская — *Pistacia palaestina*, мастиковая — *Pistacia Lentusculus*, атлантическая — *Pistacia atlantica*). только 30 % лесов Израиля – естественные, а все остальное – искусственные посадки. Израильтяне сажают деревья и в честь родившихся детей, и в честь погибших солдат. Есть даже лес «Шести миллионов», где в память о каждом соотечественнике, погибшем в годы Второй мировой войны, посажено дерево.

Заповедник Тель-Дан расположен в районе, известном как Галилейская Панхандл . На западе находится южная часть горы Ливан ; на востоке и севере - горы Хермон . Тающий снег с гор Хермон обеспечивает большую часть воды реки Иордан и проходит через Дан, что делает окрестности очень плодородными.

Из-за пышной растительности территория вокруг Дэна кажется несколько неуместной в засушливой местности вокруг нее. Благодаря своему расположению недалеко от границы с Сирией и Ливаном на крайнем севере территории, подпадающей под британский мандат в Палестине.

Даже в самое жаркое время года, когда трескается земля под лучами слепящего солнца и над страной висит пыльное облако, принесенное хамсином, [родным израильским суховеем], на тропинках Тель Дан всегда тень и прохлада.

Река Дан – один из главных притоков Иордана, само название которого, как считали еврейские мудрецы, происходит от ивритского «йоред ми-Дан» (Иордан), т.е. «вытекающий из Дана».

Многочисленные ключи ручейками растекаются по всему заповеднику. Они несут живительную влагу столетним лаврам и фисташковым деревьям,

в густой тени которых мелькают образы «потерянного рая». Лет 40 назад во время грозы загорелось в заповеднике огромное фисташковое дерево. От него остался только обгоревший ствол, по которому смогли подсчитать возраст. Оказалось, что этому Мафусаилу было более шести сотен лет.

Фисташка атлантическая часто растет вместе с таборским дубом в растительности, известной как «лесопарк». Это растительный ландшафт из редких деревьев (лишь около десятой части поверхности покрыто тенистыми деревьями), но каждая особь представляет собой великолепное, хорошо развитое дерево с четким стволом и полушаровидной вершиной.

Типичные примеры известны в лесу Иегудия на Голанах, в долине Кадеш в Галилее, в долине Хула и на западе Нижней Галилеи - иногда с зизифусом и дубом. Фисташка атлантическая *Pistacia atlantica* Desf распространено в Израиле преимущественно по диагональной полосе с северо-северо-востока на юго-юго-запад, у линии перехода от средиземноморской растительности к аравийской. *Pistacia atlantica* Desf. Фисташка атлантическая. Растение в щебнистой пустыне. Израиль, центральный Негев, горы Рамон.

Так же, она встречается в долине Хула в средиземноморском лесопарке, созданном компанией «Алон Табор», а в горах Негева — в Ирано-Торани и пустынной зоне — растет на горных высотах, в ручьях и расщелинах скал. Ее глобальное распространение простирается от Атласских гор на западе (отсюда и название вида) до Центральной Азии на востоке.

Северное плоскогорье Негева (средняя длина /север-юг/ — 20 км, ширина — около 40 км) с неглубокой долиной Беер-Шева на западе, повышаясь постепенно к востоку, круто спускается к Мертвому морю. В восточной части плоскогорья (библейский Негев-Арад, Суд. 1:16), плавно поднимающейся к востоку от 250–300 до 550 м над уровнем моря, восточная гряда Хевронских гор продолжается в горных цепях Зохар (пик — 552 м), Кидод (пик — 626 м) и других.

По их гребню проходит водораздел, от которого на запад тянутся русла многих ручьев, в том числе вади Беер-Шева, вбирающий в себя устье вади Хеврон и впадающее в вади Бсор (граница между Шфелой и Шфелат ха-Негев), а по восточным склонам устремляются к Иорданской впадине короткие русла ручьев Бокек, Каннаим и других. На всей поверхности плоскогорья преобладает лёсс, как местный (результат ветровой эрозии горных пород), так и нанесенный из Синая.

Израиль, возвышенность Рамот Менаше, г. Зихрон Яков, пос. Гиват Ада, сохранившийся участок роши.

Из-за малой влагопроницаемости лёссовых почв зимние дождевые воды создают овраги, размывы, кратковременные наводнения. Лишь западная часть долины Беер-Шева освоена под сельскохозяйственные поливные культуры (после ввода в действие водоводов из реки Яркон в 1955 г. и реки Иордан в 1963 г.).

Фисташка в «Шреке» - Дерево в горах Негева Дерево, адаптированное к ветру на севере Афзета в «Нахаль Лотц» Полное дерево в «Нахаль Лотц» и его

ветви... Гордое дерево в «Шреке» и «Мисте Афзета» Пустышка коралла Close-вверх Квартал Афзета в увеличенном виде Пышное дерево с плодами на Голландских высотах Плоды рядом с великой атлантической фисташкой в Кадеше.

Во дни Мишны место судей находилось в тени фисташки: «И призвал раббы Гиркан богиню в Кфар-Эйтам....» (Явмот, стр. 2).

Притча Исаии — одна из известных, в которой «сила» людей в дни их смерти сравнивается с устьем дерева в дни падения, когда известно, что сразу после падения дерево будет голым. .

«И умножилась опустошенная в земле той. И десятое место ее снова было в ней, и она возвратилась, и это было для сожжения Аала и для светильника, который в сарае ее...» (Исайя 6: 11-12).

Захар Амар в статье приводит обширное исследование, показывающее место богини Эрец-Исраэль и атлантической богини в диком и культурном растительном ландшафте древней Земли Израиля, частично основанное на исторических источниках (в основном на литературе мудрецов и классической литературе) и археологических археологическая ботаника и палеография). Исследование сосредоточено, в частности, на описании способов использования этих фруктов в пищу и для производства масла и смолы, способов, которые существовали до наших дней. Его главный вклад заключается в описании практического процесса производства масла и смолы из фисташки, и он показывает, что добыча смолы в прошлом производилась в основном из атлантической богини для медицинских целей и для производства благовоний, которые были наиболее востребованы в древнем мире и служили экспортным продуктом Земли Израиля.

Как уже упоминалось, существует сходство между палестинской и атлантической фисташкой, которые называются «Батам». У обоих видов плоды едят и из них можно извлечь масло.

Наши фито-географические исследования распространения рода Фисташки (*Pistacia*) в Израиле показали, что основная роль деревьев заключается в природоохранная и экологическая роль. Это особенно проявляется в пустынных районах. Многие фисташковые деревья мощной корневой системой укрепляют крутые откосы, предотвращая обвалы и осыпание горной породы. На песчаных почвах и в пустыне деревья фисташки совместно с деревьями зизифуса задерживают пески при сильном ветре и тем самым защищают молодые растения фисташки и других растений от гибели. Важная роль деревьев в укреплении и развитии давая, чем создаются реальные возможности восстановления природы.

Выводы. В Израиле род Фисташка (*Pistacia*) имеет глубокое культурное и историческое значение, связанное с его присутствием в религиозных текстах, мифологии и традиционной практике населения. Несколько крупных экземпляров фисташковых деревьев сохранились в Израиле благодаря своей сакральной роли и защите местными жителями. Такие деревья стали важными элементами национальной памяти и символами духовного наследия.

Представлен широкий спектр видов фисташковых деревьев, распростра-

ненных в Израиле, каждый из которых обладает особыми адаптационными свойствами к экстремальным условиям климата и окружающей среды.

Уникальность экологической ниши фисташковых деревьев подчеркнута наличием старых экземпляров, сохранившихся в условиях сильного давления человека и природных факторов, таких как пожары и чрезмерный выпас животных.

Актуальной проблемой является сокращение площадей, занятых естественными фисташковыми лесами, вызванное активной хозяйственной деятельностью человека, изменениями климата и потерей биологического разнообразия.

Сохраняются лишь небольшие фрагменты первоначальных фисташковых лесов, большинство из которых подвержены угрозам разрушения и деградации.

Большое внимание уделяется усилиям по восстановлению и поддержанию существующих фисташковых лесов. Массовые акции по высадке деревьев, приуроченные к празднику Ту-би-шват, способствуют расширению площади зеленых зон и улучшению состояния экосистем.

Важную роль играет участие общественности и образовательных учреждений в сохранении традиционных практик ухода за фисташковыми деревьями, а также поддержка исследовательских проектов, направленных на изучение и защиту этих ценных объектов природы.

Необходимо продолжать работу по выявлению новых регионов для защиты и восстановления фисташковых лесов, развивать систему мониторинга состояния этих деревьев и привлекать дополнительное финансирование для реализации долгосрочных программ охраны природы.

Важно повысить осведомленность населения о ценности фисташковых деревьев и внедрить образовательные программы, направленные на воспитание бережного отношения к природе и наследию.

В заключение отметим, что данная статья подчеркивает особую роль фисташковых деревьев в сохранении природного и культурного наследия Израиля, а также призывает к активному участию каждого жителя в их защите и восстановлении.

Список использованных источников:

1. הלא, תירבעל הימדקאה, רבמצדב 17, 1.2018.]
2. מילשורי ך״ נתה יחמצ, רמע רהו, 2012, 80' 2.84).
3. מנימ לש המודא המישר, יטנלטא קוטסיפ, הדחכה תנכסב, IUCN, 2023
4. Ветхий завет (Быт 13. 18; 18. 1; 23. 19);
5. Ветхий завет (Быт 14. 13)
6. Ветхий завет (Быт 13. 18; 14. 13; ср.: 12. 6; Ис 6. 13)

References:

1. הלא, תירבעל הימדקאה, רבמצדב 17, 1.2018.]
2. מילשורי ך״ נתה יחמצ, רמע רהו, 2012, 80' 2.84).
3. המודא המישר, יטנלטא קוטסיפ, הדחכה תנכסב מנימ לש, IUCN, 2023
4. The Old Testament (Gen. 13. 18; 18. 1; 23. 19);
5. The Old Testament (Gen. 14:13)
6. The Old Testament (Gen. 13. 18; 14. 13; cf.: 12. 6; Is 6. 13)

- | | |
|--|--|
| <p>7. Книга Пророков (Ос 4. 13; Ис 6. 13; Сир 24. 19)</p> <p>8. Священное писание (Сир 24. 19)</p> <p>9. Священное писание (Ис 57. 5; Ос 4. 13)</p> <p>10. Священное писание (Ис 6. 13)</p> <p>11. Феофраст. Исследование о растениях. Л., 1951</p> <p>12. Священное писание Осия 4, 13)</p> <p>13. Felix Fabri (circa 1480–1483 A.D.) vol II, part II. p.657</p> <p>14. Шмидт, 2005, стр. 376; 298. Zohary, 1972, p. Шмидт, 2005, стр. 376; 297. Zohary, 1972, p.</p> | <p>7. The Book of the Prophets (Os 4. 13; Is 6. 13; Earth 24. 19)</p> <p>8. Holy Scripture (Ser 24. 19)</p> <p>9. Holy Scripture (Isaiah 57.5; Os 4.13)</p> <p>10. Holy Scripture (Isaiah 6. 13)</p> <p>11. Theophrastus. Research on plants. L., 1951</p> <p>12. Holy Scripture (Hosea 4, 13)</p> <p>13. Felix Fabri (circa 1480–1483 A.D.) vol II, part II. p.657</p> <p>14. Schmidt, 2005, p. 376; 298. Zohary, 1972, p. Schmidt, 2005, p. 376; 297. Zohary, 1972, p.</p> |
|--|--|

Сведения об авторе:

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

Information about the author:

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 633.11 “324” : 631.84

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОСЕВА
ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
АЗОТОМ В КРЫМУ**

**USING
PHOTOMETRIC METHODS
TO ASSESS
THE NITROGEN SUPPLY OF
DURUM WINTER WHEAT
SOWING IN CRIMEA**

Дударев Д.П., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент;
Тарасенко Б.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент;
Рогозенко А.В. кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Изотов А.М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор;
Братков С.Д., обучающийся 2 курса магистратуры
Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Dudarev D.P., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
Tarasenko B.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
Rogozenko A.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
Izotov A.M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
Bratkov S.D., student
Institute "Agrotechnological Academy" V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Показаны результаты применения показателя NDVI и SPAD при оценке обеспеченности посева твердой озимой пшеницы азотом в период выхода растений в трубку. За два года исследований установлено, что в фазу стеблевания растений возрастающие дозы азотного удобрения (от N_0 до N_{180}) вели к закономерному, замедленному росту индекса NDVI, измеренного в ручном режиме с применением прибора GreenSeeker Handheld Crop Sensor. На вариантах дробного внесения азота индекс NDVI был выше, чем при однократном применении удобрения как с осени перед посевом, так и в ранневесеннюю подкормку по мерзло-талой почве.

The results of using NDVI and SPAD to assess the nitrogen status of hard winter wheat crops during the booting period are presented. Over two years of research, it was found that during the booting phase, increasing doses of nitrogen fertilizer (from N_0 to N_{180}) led to a consistent, slower increase in NDVI, measured manually using a GreenSeeker Handheld Crop Sensor. With split nitrogen application, the NDVI was higher than with a single application of fertilizer, both in the fall before planting and during early spring top dressing on frozen-thawed soil.

The chlorophyll index content in hard winter wheat leaves, expressed in SPAD units and measured with

Индексное содержание хлорофилла в листьях твёрдой озимой пшеницы, выраженное в единицах SPAD, измеренное ручным прибором N-Tester, закономерно повышалось в соответствии с возрастающей нормой азотного удобрения. В отличие от показателя NDVI, явного затухания прибавок индекса хлорофилла на интервалах между высокими дозами азота в сопоставлении с прибавками на начальных интервалах доз, не наблюдалось. Закономерная динамика откликов количества хлорофилла в листьях на дозу азота существенно ближе к линейной в сравнении с аналогичной зависимостью NDVI посева.

Индексное содержание хлорофилла в листьях (SPAD) твёрдой озимой пшеницы было доказуемо выше при дробном внесении по сравнению с вариантами однократного применения азота до посева или в подкормку ранней весной, что вполне согласуется с результатами измерений вегетационного индекса NDVI.

Ключевые слова: фотометрические методы, твёрдая озимая пшеница, азотное питание, обеспеченность.

a handheld N-Tester, consistently increased in line with increasing nitrogen fertilizer application rates. Unlike the NDVI index, no clear decrease in chlorophyll index increases was observed between high nitrogen doses compared to increases during the initial dose intervals. The predictable dynamics of leaf chlorophyll responses to nitrogen doses are significantly closer to linear than the similar relationship observed for the NDVI of sowing.

The leaf chlorophyll index (SPAD) of hard winter wheat was significantly higher with split nitrogen application compared to single nitrogen applications before sowing or as a top dressing in early spring, which is consistent with the NDVI measurements.

Key words: photometric methods, hard winter wheat, nitrogen nutrition, supply.

Введение. Как известно, формирование продуктивности озимой пшеницы в значительной степени определяется фотосинтезирующей деятельностью растений. Характеризуется она площадью ассимиляционной поверхности и содержанием хлорофилла в растениях. Внесение азотных удобрений, в зависимости от дозы, способствует активизации синтеза хлорофилла, увеличению площади листового аппарата (основного органа поглощения фотосинтетически активной солнечной радиации), всего фотосинтезирующего аппарата растений и тем самым формированию высокого уровня их продуктивности [1, 2, 3].

Но для оценки обеспеченности посевов озимой пшеницы азотным питанием и в последующем прогнозирования их урожайности определение этих показателей отличается большой трудоемкостью. Кроме отбора растительных образцов в поле необходимы продолжительные работы в лаборатории, связан-

ные с определением площади фотосинтезирующей поверхности растений и содержанием в них хлорофилла. Для облегчения контроля этих диагностических показателей посева рекомендуется использовать индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный относительный вегетационный индекс), считающийся наиболее распространенным, имеющим доказуемую связь с физиологическим состоянием растений и формированием ими продуктивности [4, 5]. Также установлено, что значения названного индекса зависят от элементов технологии выращивания и почвенно-климатических условий.

В условиях Крыма применение вегетационного индекса NDVI и индексного содержания хлорофилла в листьях в показателях Soil Plant Analysis Development (SPAD) для контроля состояния посевов твердой озимой пшеницы до настоящего времени не изучалось. Поэтому для Крымского полуострова весьма актуально проведение исследований по изучению зависимости фотометрических индексов в течение вегетационного периода культуры от обеспеченности посевов азотом для выявления возможности его использования для прогнозирования продуктивности озимой пшеницы.

Материал и методы исследований. Наземный мониторинг участков полевого эксперимента с озимой пшеницей проводился с использованием фотометрического метода диагностики – оптических датчиков, оснащенных активным источником излучения. Такие датчики используются преимущественно для разработки приемов дифференцированного внесения азотных удобрений в точных агротехнологиях [6, 7]. Они вычисляют отношение величин поглощения светового потока в двух участках спектра – красном (650 нм) и ближнем инфракрасном (940 нм). Количество поглощенного хлорофиллом света зависит от его содержания, что позволяет определить потребность растений в азоте). Хлорофилл интенсивно поглощает красный свет и отражает инфракрасный. Чем больше азота в растении, тем выше содержание хлорофилла и тем сильнее поглощение красного света. Приборы вычисляют индексы, которые коррелируют с содержанием азота в листьях.

Для оценки вегетационного индекса NDVI в ручном режиме использовался прибор GreenSeeker Handheld Crop Sensor, разработанный и выпускаемый компанией Trimble (США). Активный сканер GreenSeeker, регистрирующий значение NDVI растительности, даёт интегральную оценку посева, которая включает комплекс эффектов и от уровня содержания хлорофилла в растениях, и от степени развития надземной фитомассы.

Оценка индексного содержания хлорофилла в листьях проводилась нами также с помощью ручного сканера N-tester SPAD 502, который вычисляет индекс в безразмерных единицах SPAD (Soil Plant Analysis Development) или в относительных показателях N-Tester.

Наши исследования проводились по предшественнику занятый пар с сортом твердой озимой пшеницы Юбиларка в двухфакторном полевом эксперименте с 2024 по 2025 годы на опытном поле института «Агротехнологическая

академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского». Измерения индексов осуществлялось поделочно в фазу выхода в трубку в оба года исследований в соответствии с рекомендациями по использованию названных фотометрических приборов.

Опыты закладывались методом расщепленных делянок. Повторность опыта четырёхкратная. Учётная площадь делянки составляла 46 м². Агротехника в опыте, за исключением изучаемых приёмов, соответствовала зональным рекомендациям. Азотные удобрения (аммиачную селитру) в дозах N₀, N₄₀, N₁₀₀ и N₁₈₀ вносили под твёрдую озимую пшеницу в три режима: 100 % нормы азота вручную с осени, под предпосевную культивацию; 50 % с осени и 50 % ранней весной по мёрзло-талой почве; 100 % – в ранневесенний период, в подкормку по мёрзло-талой почве.

Результаты и обсуждение. Обобщённые за два года исследований показатели вегетационного индекса NDVI для твёрдой озимой пшеницы в фазу трубкувания изменялись в разрезе опытных делянок в достаточно широких пределах: от 0,51 до 0,84. В целом этот интервал значений отвечает здоровой густой растительности. Вместе с тем, нижний предел обсуждаемого диапазона NDVI лежит на границе показателей, характерных для разреженных посевов с умеренной вегетацией, тогда как верхний в полной мере указывает на густые посевы с высокой активностью фотосинтеза. Данное обстоятельство свидетельствует о заметной реакции твёрдой озимой пшеницы в фазу выхода в трубку на удобрение азотом и о довольно высокой чувствительности метода активного сканирования посевов.

В процессе дисперсионного анализа двухлетних данных показаний NDVI, полученных в опыте в фазу выхода в трубку, установлено статистически доказуемое ($p < 0,00001$) влияние на этот индекс возрастающих норм азотного удобрения (фактор N). Действие режима внесения азота (фактор T) также было доказуемым. Его значимость ($p = 0,00718$) тоже многократно перекрывала требования принятого в агрономической науке ограничительного предела ($p = 0,05$).

С другой стороны, влияние взаимодействия этих факторов (N·T) на индекс NDVI следует считать недоказуемым вследствие того, что уровень значимости его эффекта ($p = 0,27678$) был выше установленного порога ($p = 0,05$).

Следует отметить, что на изменчивость NDVI в разрезе вариантов опыта в наибольшей степени повлияли возрастающие нормы азота. Они контролировали 94,5 % колебаний этого индекса. Режимы применения норм азотного удобрения детерминировали только 1,2 % вариабельности NDVI. На недоказуемый эффект парного взаимодействия этих факторов пришлось всего 0,8 %, и на ошибки опыта – 3,6 % колебаний вегетационного индекса.

Самые низкие значения NDVI посевов твёрдой озимой пшеницы были зарегистрированы на неудобренных азотом вариантах (табл. 1).

Таблица 1. Нормализованный относительный вегетационный индекс NDVI посевов твёрдой озимой пшеницы в зависимости от норм и режимов внесения азотных удобрений (среднее за 2024-2025 гг.)

N – норма внесения азота кг/га	T – режим внесения азота (доза в подкормку, %)			Среднее по фактору N ($HCP_{05}=0,025$)
	0	50	100	
0	0,55	0,57	0,56	0,56
40	0,69	0,72	0,70	0,70
100	0,78	0,81	0,78	0,79
180	0,83	0,83	0,79	0,82
Среднее по фактору T ($HCP_{05}=0,016$)	0,71	0,73	0,71	$X_{cp.}=0,72$

Для частных средних $HCP_{05}=0,036$

Возрастающие дозы азотного удобрения вели к закономерному, замедленному росту индекса NDVI посевов твёрдой озимой пшеницы. Средние для каждой из норм азота схемы опыта доказуемо отличались от средних для соседних вариантов. Наибольшая прибавка вегетационного индекса – 0,14 ед., была получена от внесения N_{40} в сравнении с абсолютным контролем. Прибавка на интервале от N_{40} до N_{100} была заметно меньше – 0,09, и самая низкая – 0,03 ед. – на интервале от N_{100} до N_{180} . В среднем, на посевах варианта дробного внесения азота индекс NDVI был выше, чем при однократном применении удобрения как с осени, так и в ранневесеннюю подкормку.

Предположительно, по мере увеличения нормы удобрения и соответственно, насыщения посева азотным питанием, динамика повышения биомассы растений в посевах твёрдой озимой пшеницы и накопления в них хлорофилла отвечала закономерности замедленного роста.

Дробное внесение азота в среднем по опыту повышало эффективность удобрения в сравнении с режимами однократного внесения всей нормы до посева или в подкормку ранней весной по тало-мёрзлой почве.

По данным обобщённых результатов измерений индексного содержания хлорофилла в листьях (полученных с применением помощью ручного сканера N-tester SPAD 502) проведён двухфакторный дисперсионный анализ по алгоритму расчётов для полевого опыта, поставленного методом расщеплённых делянок (табл. 2).

Результаты анализа показали высокую достоверность влияния главных эффектов возрастающих доз азота ($p<0,00001$) и режимов внесения удобрения ($p=0,01153$) на количество хлорофилла в листьях. Взаимодействие этих факторов оказалось статистически недоказуемым ($p=0,19512$).

Возрастающие нормы азота контролировали 93,2 % колебаний данных содержания хлорофилла в опыте. Режимы внесения азотных удобрений – 1,4 %, не значимое взаимодействие – 1,2 % и ошибки эксперимента – 4,2 %.

Таблица 2. Индексное содержание хлорофилла в листьях твёрдой озимой пшеницы в зависимости от норм и режимов внесения азотных удобрений, ед. SPAD (среднее за 2024-2025 гг.)

N – норма внесения азота кг/га	T – режим внесения азота (доза в подкормку, %)			Среднее по фактору N (HCP ₀₅ =0,68)
	0	50	100	
0	40,2	40,2	39,8	40,1
40	42,7	43,0	43,0	42,9
100	44,5	46,0	45,4	45,3
180	47,2	48,7	47,3	47,7
Среднее по фактору T (HCP ₀₅ =0,53)	43,6	44,5	43,9	X _{ср.} =44,0

Для частных средних HCP₀₅=1,10

Индексное содержание хлорофилла в листьях твёрдой озимой пшеницы закономерно повышалось в соответствии с возрастающей нормой азотного удобрения. Минимальное значение индекса хлорофилла устойчиво соответствовало варианту абсолютного контроля. Самый высокий индекс хлорофилла в листьях наблюдался на варианте максимальной нормы азота – N₁₈₀.

Следует отметить, что в отличие от показателя NDVI, явного затухания прибавок индекса хлорофилла на интервалах между высокими дозами азота в сопоставлении с прибавками на начальных интервалах доз, не наблюдалось. В целом, закономерная динамика откликов количества хлорофилла в листьях на дозу азота существенно ближе к линейной в сравнении с аналогичной зависимостью NDVI посева.

По средним для главных эффектов режимов внесения азотного удобрения индексное содержание хлорофилла в листьях было доказуемо выше при дробном внесении по сравнению с конкурирующими вариантами однократного применения азота до посева или в подкормку ранней весной. Этот результат вполне согласуется с выводами анализа по результатам измерений вегетационного индекса NDVI.

Выводы. Возрастающие дозы азотного удобрения вели к закономерному, замедленному росту индекса NDVI посевов твёрдой озимой пшеницы.

В среднем, на посевах варианта дробного внесения азота индекс NDVI был выше, чем при однократном применении удобрения как с осени, так и в ранневесеннюю подкормку.

Предположительно, по мере увеличения нормы удобрения и соответственно, насыщения посева азотным питанием, динамика повышения биомассы растений в посевах твёрдой озимой пшеницы и накопления в них хлорофилла отвечала закономерности замедленного роста.

Индексное содержание хлорофилла в листьях твёрдой озимой пшеницы, выраженное в единицах SPAD, закономерно повышалось в соответствии с возрастающей нормой азотного удобрения. В отличие от показателя NDVI, явного затухания

прибавок индекса хлорофилла на интервалах между высокими дозами азота в сопоставлении с прибавками на начальных интервалах доз, не наблюдалось. Закономерная динамика откликов количества хлорофилла в листьях на дозу азота существенно ближе к линейной в сравнении с аналогичной зависимостью NDVI посева.

Индексное содержание хлорофилла в листьях (SPAD) твердой озимой пшеницы было доказуемо выше при дробном внесении по сравнению с вариантами однократного применения азота до посева или в подкормку ранней весной, что вполне согласуется с результатами измерений вегетационного индекса NDVI.

Список использованных источников:

1. Чиков, В. И. Эволюция представлений о связи фотосинтеза с продуктивностью растений / В. И. Чиков // Физиология растений. – 2008. – № 1. – Т. 55. – С. 140-154.

2. Кононенко, Л. А. Сортовая специфика функционирования фотосинтетического аппарата пшеницы в условиях склонового земледелия / Л. А. Кононенко // Зерновое хозяйство. – 2008. – №1. – С. 35-36.

3. Кононов, А. С. Влияние форм азотных удобрений на содержание хлорофилла в одновидовых и смешанных бобово-злаковых агроценозах / А. С. Кононов, О. Н. Шкотова // Вестник Брянского государственного университета. – 2012. – Т. 4. – № 4. – С. 103-106.

4. Зборовская, О. В. Зависимость хлорофилльного индекса посевов высокопродуктивных сортов озимой пшеницы от условий выращивания и его связь с продуктивностью / О. В. Зборовская, Г. А. Прядкина, В. П. Оксем // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2016. – №52. – С. 88-95.

5. Сторчак, И. Г. Использование NDVI для оценки продуктивности озимой пшеницы в Ставропольском крае / И. Г. Сторчак, Ф. В. Ерошенко // Земледелие. – 2014. – № 7. – С. 12-15.

6. Тенеков, А.А. Сенсорные датчи-

References:

1. Chikov, V. I. Evolution of ideas about the relationship between photosynthesis and plant productivity / V. I. Chikov // Physiology of plants. - 2008. - No. 1. - Vol. 55. - Pp. 140-154.

2. Kononenko, L. A. Varietal specificity of the functioning of the photosynthetic apparatus of wheat under slope farming conditions / L. A. Kononenko // Grain farming. - 2008. - No. 1. - Pp. 35-36.

3. Kononov, A. S. Effect of nitrogen fertilizer forms on the chlorophyll content in single-species and mixed legume-cereal agroecosystems / A. S. Kononov, O. N. Shkotova // Bulletin of Bryansk State University. – 2012. – Vol. 4. – No. 4. – P. 103-106.

4. Zborovskaya, O. V. Dependence of the chlorophyll index of highly productive winter wheat varieties on growing conditions and its relationship with productivity / O. V. Zborovskaya, G. A. Pryadkina, V. P. Oksem // Agriculture and Breeding in Belarus. – 2016. – No. 52. – P. 88-95.

5. Storchak, I. G. Using NDVI to assess the productivity of winter wheat in the Stavropol Territory / I. G. Storchak, F. V. Eroshenko // Agriculture. – 2014. – No. 7. – P. 12-15.

6. Tenekov, A. A. Sensors control

ки управляют нормой внесения азотных удобрений / А.А. Тенекон // Агро-маркет. – 2011. – №5. – С. 54-55.

7. Точное сельское хозяйство (Precision Agriculture) / Под общ. ред. Шпаара Д., Захаренко А.В., Якушева В.П. – С-Пб., Пушкин, 1009. – 400 с.

the application rate of nitrogen fertilizers / A.A. Tenekov // Agromarket. - 2011. - No. 5. - P. 54-55.

7. Precision Agriculture / Under the general editorship of D. Shpaar, A.V. Zakharchenko, V.P. Yakushev. - St. Petersburg, Pushkin, 1009. - 400 p.

Сведения об авторах

Дударев Дмитрий Петрович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель директора института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: kdime_80@mail.ru, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Тарасенко Борис Алексеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры земледелия и растениеводства института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: boris.tarasenko.58@mail.ru, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Рогозенко Анатолий Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: rogozenko63@mail.ru, 295492, Республика Крым, г. Симфе-

Information about authors

Dudarev Dmitry Petrovich - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Deputy Director of the Institute "Agrotechnological Academy" V. I. Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: kdime_80@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, village Agrarnoye, Institute "Agrotechnological Academy" V. I. Vernadsky Crimean Federal University.

Tarasenko Boris Alekseevich - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production of the Institute "Agrotechnological Academy" V. I. Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: boris.tarasenko.58@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, village Agrarnoye, Institute "Agrotechnological Academy" V. I. Vernadsky Crimean Federal University.

Rogozenko Anatoly Vladimirovich - candidate of agricultural sciences, associate professor, director of the institute "Agrotechnological Academy" V. I. Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: kdime_80@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, village Agrarnoye, Institute "Agrotechnological Academy" V. I.

рополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Изотов Анатолий Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия и растениеводства института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: a.m.izotov@mail.ru, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Братков Савелий Дмитриевич, обучающийся 2 курса магистратуры кафедры земледелия и растениеводства института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Vernadsky Crimean Federal University.

Izotov Anatoly Mikhailovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Agriculture and Crop Production of the Institute "Agrotechnological Academy" V. I. Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: a.m.izotov@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, village Agrarnoye, Institute "Agrotechnological Academy" V. I. Vernadsky Crimean Federal University.

Bratkov Saveliy Dmitrievich, a second-year master's student at the institute of the Department of Agriculture and Crop Production of the Institute "Agrotechnological Academy" V. I. Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: boris.tarasenko.58@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, village Agrarnoye, Institute "Agrotechnological Academy" V. I. Vernadsky Crimean Federal University.

УДК 633.854.54:631.5

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ
ПРОДУКТИВНОСТЬ И
АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ ЛЬНА
МАСЛИЧНОГО В УСЛОВИЯХ
ПРЕДГОРНО-СТЕПНОЙ ЗОНЫ
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ**

Горбунова Е.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры земледелия и растениеводства
Ильин А.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры земледелия и растениеводства
Шаповалова М.В., обучающаяся 5 курса бакалавриата заочной формы обучения
Горбунов В.Р., обучающийся 1 курса бакалавриата очной формы обучения
Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

В данной статье показана эффективность новых перспективных сортов льна масличного для выращивания в условиях предгорно-степной зоны Республики Крым. Изучение сортов льна масличного в разные по погодным условиям годы позволило выделить наиболее продуктивные, которые в среднем за годы исследований обеспечили наибольшее получение семян: Снегурок – 12,5 ц/га, Флиз – 14,6 ц/га, Светлячок – 14,6 ц/га. Рекомендуется в засушливых степных условиях Республики Крым выращивать сорт Флиз, который обладает высокой урожайностью, стабильностью и адаптивностью.

Ключевые слова: Лён масличный, фазы развития, высота растений, масса 1000 семян, урожайность.

**COMPARATIVE PRODUCTIVITY
AND ADAPTABILITY OF
OILSEED FLAX VARIETIES
IN THE CONDITIONS OF THE
FOOTHILL-STEPPE ZONE
REPUBLIC OF CRIMEA**

Gorbunova E.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Agriculture and Crop Production
Ilyin A.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Agriculture and Crop Production
Shapovalova M.V., a 5th-year bachelor's degree in correspondence education
Gorbunov V.R., a student of the 1st year of fulltime bachelor's degree
Institute of Agricultural Technology Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University.

This article shows the effectiveness of new promising varieties of oilseed flax for growing in the foothill-steppe zone of the Republic of Crimea. The study of oilseed flax varieties in different weather conditions made it possible to identify the most productive ones, which, on average, provided the highest seed production over the years of research: Snegurok – 12.5 c/ha, Fliz – 14.6 c/ha, Firefly – 14.6 c/ha. It is recommended to grow the Fliz variety in the arid steppe conditions of the Republic of Crimea, which has high yields, stability and adaptability.

Keywords: oilseed flax, development phases, plant height, weight of 1000 seeds, yield.

Введение. Масличные культуры являются основной сырьевой базой для получения растительного масла, которое используется для питания людей и находит широкое применение в лакокрасочной, текстильной, консервной, мыловаренной, медицинской промышленности. Отсюда вытекает то большое значение, которое играют эти культуры для жизни человечества. Соответственно медицинским нормам каждый человек должен потреблять за год не меньше 13,2 кг масла [1].

Однако не все растительные масла используются в пищу вследствие содержания нежелательных для организма веществ. Одним из наиболее ценных издавна считают льняное. Так как ценность пищевых масел определяется их жирнокислотным составом и сопутствующих веществ, а льняное масло является самым богатым источником α -линоленовой кислоты (C18:3, омега-3), которая составляет примерно 57 %, содержит микроэлементы (токоферол, фитостерин, полифенол, флавоноид и т.д.), такое масло, обладает не просто высокой пищевой ценностью, но и отличными оздоровительными свойствами [2-4].

Особую ценность для животноводства представляют жмых и шрот, которые остаются после переработки культуры. Эти продукты отличаются высоким содержанием протеина, витаминов и фосфора, наличием жирного масла. По количеству незаменимых аминокислот шрот и жмых приближаются к кормам животного происхождения.

Кроме того, ежегодное мировое энергопотребление растет. Неутешительные прогнозы относительно вероятного в ближайшие годы топливного кризиса, вызванного истощением запасов нефти, вызывают необходимость поиска альтернативных возобновляемых источников энергии. Потребность в возобновляемых источниках, к которым относятся растительные масла, еще не достигла своего апогея. Но к 2030 году доля энергии от возобновляемых источников в мире должна составить 10 % от нефтяного топлива [5-6]. Поскольку растительные масла имеют близкие характеристики с дизельным топливом, то они составляют ему альтернативу. В связи с развитием промышленности, особенно транспорта, наблюдается увеличение выделения веществ, способствующих созданию парникового эффекта в основном CO_2 . При выращивании «топливных» растений они в процессе фотосинтеза поглощают CO_2 и выделяют кислород. Происходит круговорот CO_2 без увеличения его концентрации в окружающей среде. Одним из видов биотоплива, которое может уменьшить энергетическую зависимость, является биодизель. Поэтому, в этом отношении, лен масляный имеет определенное значение.

Таким образом, необходимость разработки агроприемов выращивания льна масличного в Крыму вызвана высокой питательной, кормовой, лекарственной, технической и энергетической ценностью культуры.

Материал и методы исследований. Полевой опыт, по сравнительной оценке, сортов льна масличного проводили в 2024 и 2025 гг. на производственных полях ООО «Розалио Агро Юг» (Сакский район, 4,5 км к востоку от с. Штормовое). Почва участка – чернозем южный среднесуглинистый, с содержанием гумуса 3,2 %, pH водной вытяжки 7,4, содержанием подвижного фосфора 22 мг/

кг и обменного калия 310 мг/кг (средняя обеспеченность фосфором, повышенная – калием). Площадь каждого варианта составляла 2,0 га, общая площадь опыта – 6,0 га. Предшественник – озимый ячмень. Схема опыта включала три сорта (Снегурок, Флиз, Светлячок), размещенные делянок рендомизированным методом; повторность трехкратная. Технология выращивания – общепринятая для степной зоны Крыма (вспашка на 22–24 см, предпосевная культивация, посев 16–18 апреля с нормой 7,0 млн всхожих семян/га, глубина заделки 3–4 см). Урожай убирали прямым комбайнированием, комбайном КЛ-1,5 «РУСИЧ».

Учет урожайности выполняли поделочно с пересчетом на стандартную влажность (12 %) и 100 % чистоту. В ходе вегетации проводили фенологические наблюдения, биометрические измерения (высота растений, число ветвей, коробочек и семян на растении, масса 1000 семян) на фиксированных площадках (0,25 м²) в трехкратной повторности, а также фитосанитарный мониторинг согласно общепринятым методикам. Статистическую обработку данных выполняли по результатам трех повторений.

Результаты и обсуждение. Прохождение фенологических фаз развития растениями льна масличного изучаемых сортов в условиях вегетационных периодов 2024 и 2025 годов характеризовалось определенными различиями, обусловленными генетическими особенностями сортов и метеорологическими условиями лет исследований (табл. 1).

**Таблица 1. Продолжительность вегетационного периода
сортов льна масличного в 2024–2025 годах, дни**

Межфазный период	Снегурок		Флиз		Светлячок	
	2024 г	2025 г	2024 г	2025 г	2024 г	2025 г
Всходы – «елочка»	20	22	22	24	22	24
«Елочка» – бутонизация	18	21	19	22	19	22
Бутонизация – цветение	7	8	8	9	8	9
Цветение – зеленая спелость	9	10	10	11	10	11
Зеленая спелость – полная спелость	17	13	18	14	23	20
Всходы – полная спелость	71	74	77	80	82	86

В 2024 году фаза «елочка», характеризующаяся формированием 5–7 пар настоящих листьев и началом интенсивного роста растений в высоту, у сорта Снегурок наступила 18 мая, продолжительность периода всходы – «елочка» составила 20 дней. У сортов Флиз и Светлячок данная фаза отмечена 22 мая, продолжительность периода 22 дня.

Фаза бутонизации, являющаяся критической по требованиям к влагообеспеченности и определяющая потенциал урожайности, у сорта Снегурок наступила 5 июня, продолжительность периода от фазы «елочка» – до фазы бутонизация составила 18 дней. У сортов Флиз и Светлячок бутонизация отмечена 10 июня, продолжительность периода 19 дней. Метеорологические условия в период бутонизации в 2024 году характеризовались повышенными температурами возду-

ха (среднесуточная температура 22,6 °C) и недостаточным количеством осадков, что привело к развитию водного дефицита и ускоренному прохождению фазы.

Массовое цветение посевов сорта Снегурок отмечено в период с 12 по 19 июня, продолжительность периода цветения составила 7 дней. У сорта Флиз цветение наблюдалось с 16 по 24 июня (8 дней), у сорта Светлячок – с 18 по 26 июня (8 дней). Сокращение продолжительности периода цветения по сравнению со среднегодовыми данными обусловлено высокими температурами воздуха в июне 2024 года, ускорившими физиологические процессы и сократившими период функционирования цветков. Визуальная оценка интенсивности цветения показала дружное и обильное цветение всех трех сортов, окраска венчиков соответствовала сортовым признакам: белая у сорта Снегурок, голубая у сорта Флиз, желтая у сорта Светлячок.

Фаза зеленой спелости, характеризующаяся окончанием налива семян и началом подсыхания коробочек, у сорта Снегурок наступила 28 июня, продолжительность периода цветения – зеленая спелость составила 9 дней. У сортов Флиз и Светлячок данная фаза отмечена 5 июля и 8 июля соответственно, продолжительность периода 9-10 дней. Фаза полной спелости, при которой влажность семян снижается до 12-14 % и посевы готовы к уборке, у сорта Снегурок наступила 8 июля, общая продолжительность вегетационного периода от всходов до полной спелости составила 71 день. У сорта Флиз полная спелость отмечена 16 июля, продолжительность вегетационного периода 77 дней. У сорта Светлячок полная спелость наступила 21 июля, продолжительность вегетационного периода 82 дня. Полученные данные свидетельствуют о том, что в засушливых условиях 2024 года продолжительность вегетационного периода всех трех сортов сократилась на 4-11 дней по сравнению с данными оригинаторов, что является типичной адаптивной реакцией растений на водный дефицит и высокие температуры.

В вегетационный период 2025 года, характеризовавшийся более благоприятными условиями увлажнения в весенний период, прохождение фенологических фаз развития льна масличного происходило в близкие календарные сроки, однако продолжительность межфазных периодов была несколько большей вследствие лучшей влагообеспеченности.

Посев проведен 16 апреля, массовые всходы у сорта Снегурок отмечены 27 апреля (11 дней), у сортов Флиз и Светлячок – 29 апреля (13 дней). Фаза «елочка» наступила 19 мая у сорта Снегурок (22 дня от всходов), 23 мая у сортов Флиз и Светлячок (24 дня). Бутизация отмечена 8 июня, 13 июня и 15 июня соответственно у сортов Снегурок, Флиз и Светлячок. Массовое цветение сорта Снегурок наблюдалось с 15 по 23 июня (8 дней), сорта Флиз – с 20 по 29 июня (9 дней), сорта Светлячок – с 22 июня по 1 июля (9 дней). Полная спелость у сортов наступила 10 июля, 18 июля и 24 июля соответственно, продолжительность вегетационного периода составила 74, 80 и 86 дней.

Биометрические показатели растений льна масличного, определенные в

фазу полной спелости перед уборкой урожая, характеризуют морфологические особенности сортов и их реакцию на условия выращивания. Высота растений сорта Снегурок в 2024 году составила 47,2 см (табл. 2), что на 5,8 см ниже биологического потенциала сорта вследствие водного дефицита в период интенсивного роста. Высота растений сорта Флиз составила 53,6 см (ниже потенциала на 4,4 см), сорта Светлячок – 58,4 см (ниже потенциала на 4,6 см).

**Таблица 2. Высота растений льна масличного, см
(среднее за 2024-2025 годы)**

Наименование сортов	2024 г	2025 г	Среднее
Снегурок	47,2	51,8	49,5
Флиз	53,6	57,2	55,4
Светлячок	58,4	62,6	60,5
НСР ₀₅	5,3	5,9	5,5

В 2025 году при лучшей влагообеспеченности высота растений была большей и составила 51,8 см, 57,2 см и 62,6 см соответственно у сортов Снегурок, Флиз и Светлячок, что ближе к биологическому потенциалу сортов. Число ветвей первого порядка на растении в 2024 году составило 4,2 шт. у сорта Снегурок, 5,6 у сорта Флиз, 6,8 шт. у сорта Светлячок, в 2025 году – 4,8 шт.; 6,2 шт. и 7,4 шт. соответственно, что подтверждает сортовые различия по интенсивности ветвления.

Число коробочек на растении является основным элементом структуры урожая льна масличного, определяющим семенную продуктивность (табл. 3). В 2024 году среднее число коробочек на растении составило 24,6 шт. у сорта Снегурок, 32,4 шт. у сорта Флиз, 38,2 шт. у сорта Светлячок. Снижение числа коробочек по сравнению с потенциальными значениями на 15-20 % обусловлено неблагоприятными условиями периода бутонизации – цветения, когда водный дефицит привел к частичному опадению бутонов и недоразвитию части коробочек.

**Таблица 3. Количество коробочек льна масличного, шт.
(среднее за 2024-2025 годы)**

Наименование сортов	2024 г	2025 г	Среднее
Снегурок	24,6	28,8	26,7
Флиз	32,4	37,6	35
Светлячок	38,2	44,4	41,3
НСР ₀₅	2,9	3,3	2,3

В 2025 году при более благоприятных условиях число коробочек на растении увеличилось и составило 28,8 шт.; 37,6 шт. и 44,4 шт. соответственно.

Число семян в коробочке варьировало незначительно между сортами и годами: 8,4-9,2 шт. у сорта Снегурок, 9,2-9,8 шт. у сорта Флиз, 9,8-10,6 шт. у сорта Светлячок, что соответствует генетически детерминированным признакам сортов.

Масса 1000 семян является важным показателем качества семенного материала и хозяйственной ценности сорта (табл. 4).

Таблица 4. Масса 1000 семян, г (среднее за 2024-2025 годы)

Наименование сортов	2024 г	2025 г	Среднее
Снегурок	5,4	5,8	5,6
Флиз	6,1	6,4	6,3
Светлячок	6,5	6,9	6,7
НСР ₀₅	0,9	1,0	0,7

В 2024 году масса 1000 семян составила 5,4 г у сорта Снегурок, 6,1 г у сорта Флиз, 6,5 г у сорта Светлячок. В 2025 году наблюдалось увеличение массы 1000 семян до 5,8 г, 6,4 г и 6,9 г соответственно, что обусловлено лучшими условиями налива семян при достаточной влагообеспеченности.

Крупносемянность сорта Светлячок является его сортовым преимуществом, однако требует увеличения нормы высева на 15-20 % по сравнению с мелкосемянным сортом Снегурок для обеспечения одинаковой густоты стояния растений. Плотность стеблестоя перед уборкой в 2024 году составила 412, 398 и 385 растений на м² соответственно у сортов Снегурок, Флиз и Светлячок, в 2025 году – 426, 410 и 396 растений на м², что обеспечивало формирование полноценного продуктивного стеблестоя.

Результаты учета урожайности по вариантам полевого опыта в 2024 и 2025 годах представлены в таблице 5 и свидетельствуют о существенных различиях продуктивности изучаемых сортов и влиянии метеорологических условий года на формирование урожая.

Таблица 5. Урожайность семян сортов льна масличного за 2024–2025 годы, т/га

Наименование сортов	2024 г	2025 г	Среднее
Снегурок	1,08	1,42	1,25
Флиз	1,24	1,68	1,46
Светлячок	1,18	1,74	1,46
НСР ₀₅	0,15	0,29	0,17

В засушливых условиях 2024 года урожайность сорта Снегурок составила 1,08 т/га, что на 0,92 т/га, или 46 %, ниже потенциальной урожайности сорта при благоприятных условиях. Снижение урожайности обусловлено водным дефицитом в критические фазы развития – бутонизация и цветение, когда происходит формирование генеративных органов и определяется число коробочек на растении. Вместе с тем, сорт Снегурок показал относительно высокую адаптивность к засушливым условиям за счет раннеспелости и способности завершить критические фазы развития до наступления максимального дефицита влаги в июле.

Урожайность среднеспелого сорта Флиз в 2024 году составила 1,24 т/га, что на 0,16 т/га, или 14,8 %, выше урожайности сорта Снегурок. Более высокая продуктивность сорта Флиз обусловлена формированием большего числа коробочек на растении за счет сильного ветвления и большей крупностью семян. Однако потенциальная урожайность сорта реализована только на 50,4 % вслед-

ствие неблагоприятных условий периода налива семян.

Урожайность сорта Светлячок в 2024 году составила 1,18 т/га, что на 0,10 т/га выше урожайности сорта Снегурок, но на 0,06 т/га ниже урожайности сорта Флиз. Относительно меньшая урожайность сорта Светлячок по сравнению с сортом Флиз в засушливых условиях объясняется более поздними сроками прохождения критических фаз развития, когда водный дефицит достиг максимальных значений, и частичным опадением бутонов и завязей.

В благоприятных по влагообеспеченности условиях 2025 года урожайность всех трех сортов существенно возросла. Урожайность сорта Снегурок составила 1,42 т/га, что на 0,34 т/га, или 31,5 %, выше уровня 2024 года и соответствует 64,5% от потенциальной урожайности сорта. Увеличение урожайности обусловлено формированием большего числа коробочек на растении (28,8 против 24,6 в 2024 году) и увеличением массы 1000 семян (5,8 г против 5,4 г). Урожайность сорта Флиз в 2025 году достигла 1,68 т/га, что на 0,44 т/га, или 35,5 %, выше уровня 2024 года и на 0,26 т/га выше урожайности сорта Снегурок. Сорт Флиз показал наиболее высокую отзывчивость на улучшение условий влаго-обеспеченности, реализовав 68,3 % своего потенциала. Урожайность сорта Светлячок в 2025 году составила 1,74 т/га, что является максимальным значением среди изучаемых сортов и на 0,56 т/га, или 47,5 %, превышает уровень 2024 года.

Среднее значение урожайности за два года исследований составило 1,25 т/га у сорта Снегурок, 1,46 т/га у сортов Флиз и Светлячок. Сорта Флиз и Светлячок обеспечили прибавку урожайности по сравнению с контрольным сортом Снегурок на 0,21 т/га, или 16,8 %, что является статистически значимым. Вместе с тем, следует отметить, что сорт Флиз продемонстрировал более стабильную урожайность по годам с меньшей вариабельностью, в то время как сорт Светлячок в засушливых условиях уступал сорту Флиз, но в благоприятных условиях превосходил его. Данная закономерность свидетельствует о различной адаптивности сортов: сорт Снегурок обладает высокой засухоустойчивостью, но ограниченным потенциалом продуктивности; сорт Флиз характеризуется оптимальным сочетанием адаптивности и продуктивности; сорт Светлячок имеет максимальный потенциал продуктивности, но требователен к условиям выращивания.

Выводы. Исследования показали, что сорта льна масличного Флиз и Светлячок превосходят сорт Снегурок по урожайности семян. За два года средняя урожайность Снегурка составила 1,25 т/га, в то время как Флиз и Светлячок показали 1,46 т/га. Это на 0,21 т или 16,8 % больше, чем у Снегурок. Сорт Снегурок более устойчив к засушливым условиям благодаря раннеспелости. Светлячок требует хорошего увлажнения и питания для максимальной продуктивности, а Флиз занимает промежуточное положение, демонстрируя хорошую адаптивность и стабильную урожайность.

Список используемых источников

1. Абрамов, Н.В. Льноводство России:

References

1. Abramov, N.V. Flax production

современное состояние и перспективы развития / Н.В. Абрамов, А.А. Корелина // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – № 5. – С. 12-18.

2. Алексеева, Т.В. Биологические основы возделывания масличных культур / Т.В. Алексеева. – М.: КолосС, 2022. – 320 с.

3. Байбеков, Р.Ф. Экономика производства продукции растениеводства: учебное пособие / Р.Ф. Байбеков, А.Р. Валиев. – СПб.: Лань, 2023. – 256 с.

4. Вавилов, П.П. Растениеводство / П.П. Вавилов, В.В. Гриценко, В.С. Кузнецов. – М.: Агропромиздат, 2022. – 512 с.

5. Васильев, Д.С. Агроклиматические ресурсы Крыма для возделывания масличных культур / Д.С. Васильев // Земледелие. – 2024. – № 2. – С. 60-65.

6. Ведомственная целевая программа «Развитие сельского хозяйства Республики Крым». – Симферополь: Министерство сельского хозяйства Республики Крым, 2024. – 124 с.

in Russia: current state and prospects of development / N.V. Abramov, A.A. Korelina // Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. – 2023. – No. 5. – pp. 12-18.

2. Alekseeva, T.V. Biological foundations of oilseed cultivation / T.V. Alekseeva. – M.: KolosS, 2022. – 320 p.

3. Baibekov, R.F. Economics of crop production: training manual / R.F. Baibekov, A.R. Valiev. St. Petersburg: Lan Publ., 2023. 256 p.

4. Vavilov, P.P. Plant breeding / P.P. Vavilov, V.V. Gritsenko, V.S. Kuznetsov. – M.: Agropromizdat, 2022. – 512 p.

5. Vasiliev, D.S. Agroclimatic resources of the Crimea for the cultivation of oilseeds / D.S. Vasiliev // Agriculture. – 2024. – No. 2. – pp. 60-65.

6. Departmental target program "Development of agriculture of the Republic of Crimea". Simferopol: Ministry of Agriculture of the Republic of Crimea, 2024. 124 p.

Сведения об авторах:

Шаповалова Марьяна Владимировна – студент 5 курса заочной формы обучения Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского

Горбунова Елена Викторовна –

Information about the authors:

Shapovalova Mariana Vladimirovna is a 5th-year correspondence student at the Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, village of Agrarnoye, Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky KFU

Gorbunova Elena Viktorovna – Associate Professor, Candidate of

доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства, Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», e-mail: alenaroma12@mail.ru, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Ильин Александр Валериевич – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», e-mail: nis_katu@mail.ru, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Горбунов Владислав Романович – студент 1 курса очной формы обучения Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production, Institute of Agrotechnological Academy, V.I. Vernadsky KFU, e-mail: alenaroma12@mail.ru, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, village of Agrarnoye, Institute of "Agrotechnological Academy" FGAOU HE V.I. Vernadsky KFU.

Ilyin Alexander Valerievich – Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production at the Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky KFU, e-mail: nis_katu@mail.ru, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, village of Agrarnoye, Institute of "Agrotechnological Academy" FGAOU HE V.I. Vernadsky KFU".

Gorbunov Vladislav Romanovich is a 1st-year fulltime student at the Institute of Agrotechnological Academy of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, village of Agrarnoye, Institute of Agrotechnological Academy of V.I. Vernadsky KFU

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 629.735:681.5

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОЛЕТА МОДЕЛИ БИОНИЧЕСКОГО МИКРОБПЛА С ДИСКРЕТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПОСРЕДСТВОМ АДАПТИВНОГО НЕЛИНЕЙНОГО КОНТРОЛЛЕРА

FLIGHT STABILIZATION OF A BIOMIMETIC MICRO-UAV MODEL WITH DISCRETE CONTROL VIA AN ADAPTIVE NONLINEAR CONTROLLER

Коноплёв П.Г., инженер-исследователь, Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), Центр искусственного интеллекта, Москва, Россия; аспирант МФТИ, Долгопрудный, Россия;

Михайлов А.А., старший инженер-исследователь, Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), Центр искусственного интеллекта, Москва, Россия;

Ефанов Н.Н., к.ф.-м.н., доцент, руководитель исследовательской группы, Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), Центр искусственного интеллекта, Москва, Россия;

Коломенский Д.С., к.т.н., старший преподаватель, Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), Центр технологий материалов, Москва, Россия;

Полилов А.А., член-корреспондент РАН, д.б.н., профессор РАН, заведующий кафедрой энтомологии биологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия;

Бурнаев Е.В., д.ф.-м.н., профессор, директор Центра искусственного интеллекта Сколковского института науки и технологий; Институт AIRI, Москва, Россия.

Konoplev P.G., Research Engineer, Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), AI Center, Moscow, Russia; PhD student, Institute of Physics and Technology (MIPT), Dolgoprudny, Russia;

Mikhailov A.A., Senior Research Engineer, Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), AI Center, Moscow, Russia;

Efanov N.N., Candidate of Physical and Mathematical Sciences (PhD), Associate Professor, Head of Research Group, Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), AI Center, Moscow, Russia;

Kolomenskiy D.S., Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Lecturer, Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), Center for Materials Technologies, Moscow, Russia;

Polilov A.A., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Entomology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

Burnaev E.V., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Director of the Skoltech AI Center; AIRI Institute, Moscow, Russia.

Исследована стабилизация прямолинейного полета инсектоморфного микроБПЛА в плоской x - z модели при дискретном управлении тремя параметрами кинематики крыла. Аэродинамика задается CFD-ориентированной суррогатной моделью, а порыв – добавочной подъемной силой 10-15% веса. Сопоставлены локальный линейный регулятор и нелинейный DCLF-LM. Линейный закон сходится при G от -0.7 до +0.6, DCLF-LM – при G от -1.2 до +1.5; при возмущении порядка 0.1G время установления составляет около 0.1 с по вертикальной скорости.

Ключевые слова: маховый полет, микроБПЛА, дискретное управление, функция Ляпунова, порыв, суррогатная аэродинамика.

Straight-flight stabilization of a bumblebee-like micro-UAV is studied in a planar x - z model with discrete control of three wing-kinematics parameters. A CFD-driven surrogate aerodynamic model is used, and the gust is represented as additional lift equal to 10-15% of body weight. A local linear controller is compared with a nonlinear DCLF-LM law. The linear controller converges for G from -0.7 to +0.6, whereas DCLF-LM remains effective from -1.2 to +1.5; for a disturbance of about 0.1G, the settling time is about 0.1 s.

Key words: flapping flight, micro-UAV, discrete control, Lyapunov function, gust, surrogate aerodynamics.

Введение. Маховый полет насекоморазмерных аппаратов характеризуется внутренней неустойчивостью к возмущениям, поэтому удержание режимов висения и прямолинейного движения требует активного управления [10]. Для микро БПЛА особенно важна устойчивость к кратковременным порывам, возникающим при пролете через локализованные струи и неравномерные воздушные потоки; подобные воздействия воспроизводились и в биологических экспериментах на шмелях [5].

В работе рассматривается бионический микроБПЛА инсектоморфного типа и формируется вычислительная постановка, пригодная как для прямого сравнения алгоритмов управления, так и для дальнейшего использования в RL-совместимой среде OpenAI Gym [3]. Основное внимание уделено сопоставлению двух подходов: локального линейного регулятора, построенного в окрестности рабочей точки, и дискретного нелинейного контроллера DCLF-LM, использующего контрольную функцию Ляпунова, регуляризованный шаг Левенберга-Марквардта и backtracking-проверку убывания на полной дискретной динамике [1; 2; 7; 8; 9].

Материалы и методы исследования. Постановка задачи: Рассматривается цикл-усредненная модель движения тела шмеля в вертикальной плоскости x - z . Состояние задается вектором $x_6 = (x, z, \beta, v_x, v_z, \omega)$, где x и z – координаты центра масс, β – угол наклона тела, v_x и v_z – компоненты линейной скорости, ω – угловая скорость вокруг оси Oy. Цель управления состоит в удержании режима прямолинейного полета при уставке $y^* = (v_x, v_z,$

$\omega^T = (0.5, 0, 0)^T$ в условиях локализованного вертикального порыва.

Динамика твердого тела описывается системой:

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x_c}{dt^2} &= F_x, \\ m \frac{d^2 z_c}{dt^2} &= F_z - mg, \\ J \frac{d^2 \beta}{dt^2} &= T_y. \end{aligned} \quad (1)$$

где x_c и z_c – координаты центра масс; F_x и F_z – аэродинамические силы; T_y – аэродинамический момент; m – масса аппарата; J – момент инерции; g – ускорение свободного падения.

Интегрирование выполняется методом Рунге-Кутты 4-го порядка. Управление дискретное: шаг интегрирования совпадает с шагом обновления управления $\tau = 1/f$, где $f = 123$ Гц.

Управление вводится не напрямую через силы и момент, а через три параметра кинематики крыла $u = (u_1, u_2, u_3)$, соответствующие коэффициентам $a_1(\phi)$, $a_0(\phi)$ и $a_0(\alpha)$ в усеченных рядах Фурье. Кинематика крыльев задается углами Эйлера:

$$\phi(t) = \sum_{k=0}^N (a_k(\phi) \cos(k\omega t) + b_k(\phi) \sin(k\omega t)), \quad (2a)$$

$$\theta(t) = \sum_{k=0}^N (a_k(\theta) \cos(k\omega t) + b_k(\theta) \sin(k\omega t)), \quad (2b)$$

$$\alpha(t) = \sum_{k=0}^N (a_k(\alpha) \cos(k\omega t) + b_k(\alpha) \sin(k\omega t)), \quad (2c)$$

$$\omega = 2\pi f. \quad (3)$$

Здесь ϕ – stroke angle (размах), θ – elevation, α – feathering. Коэффициенты рядов Фурье считаются постоянными внутри одного цикла взмаха и обновляются только на дискретных шагах управления. Аэродинамические силы и момент вычисляются по квазистационарной CFD-ориентированной суррогатной модели, возвращающей усреднённые за цикл значения в зависимости от текущих скоростей и параметров кинематики [4]. Для численных экспериментов используются параметры шмеля масштаба $R = 15,2$ мм, средняя хорда 4,1 мм, масса 0,418 г.

Внешнее возмущение модулируется как добавочная подъёмная сила, приложенная в ограниченной области по координате x . Для скоростей струи 2-4 м/с характерный уровень порыва составляет 10-15% веса, что соответствует экспериментальной постановке [5]. В RL-совместимой среде OpenAI Gym наблюдение включает девять переменных состояния и текущих управляющих коэффициентов, а действие трактуется как их приращение [3].

Локальный линейный регулятор: Линейный baseline строится по подканалу скоростей $y = (v_x, v_z, \omega)^T$. В окрестности рабочей точки нелинейная модель аппроксимируется линейным отображением по скоростям и управляющим коэффициентам. Матрицы A_{yy} и B_y определяются центральными разностями по компонентам y и u . Тем самым контроллер использует локальную чувствительность динамики к изменению параметров кинематики:

$$\dot{y} \approx A_{yy} y + B_y u, \quad (4)$$

$$\dot{y}_{des} = -H \tilde{y}, \quad (5)$$

$$D^* = -V \Sigma^{\dagger} (H + A'_{-y}) U^{\wedge T}, \quad A'_{-y} = U^{\wedge T} A_{-yy} U, \quad (6)$$

$$u_{-}(k+1) = u_{-}k + D^* y_{-} \text{tilde}_k. \quad (7)$$

После SVD-разложения матрицы B_{-y} строится регуляризованная псевдо-обратная матрица, которая реализует распределение управления между тремя кинематическими коэффициентами [6]. Такой регулятор быстро подавляет малые отклонения, но его применимость ограничена областью, где локальная линеаризация остается адекватной.

Нелинейный контроллер DCLF-LM: В качестве выходного вектора стабилизации рассматриваются скорости и угловая скорость тела $y = (v_x, v_z, \omega)^{\wedge T}$. Требуется обеспечить восстановление прямолинейного полета после локализованного порыва при уставке $y^* = (0.5 \text{ м/с}, 0, 0)^{\wedge T}$. Управление дискретное: на шаге k обновляются три параметра кинематики крыла u_k , а внутри шага система интегрируется на интервале $\tau = 1/f$. Контроллер DCLF-LM строится по принципу дискретной контрольной функции Ляпунова: выбирается $V(y)$ как мера отклонения от уставки, и на каждом шаге подбирается приращение Δu_k так, чтобы на истинной дискретной динамике получить гарантированное убывание V .

Выбор V и желаемой динамики ошибки фиксирует целевое изменение выходного вектора за шаг, а расчет Δu_k выполняется по локальной чувствительности $y_{-}\text{dot}$ к управлению. В отличие от локального линейного регулятора, здесь не предполагается постоянная матрица B_{-y} : якобиан по управлению оценивается заново в текущей точке, шаг регуляризуется по Левенбергу-Марквардту, ограничивается по компонентам и принимается только после проверки на полной нелинейной дискретной модели. Используются следующие соотношения:

$$V(y) = 1/2 \cdot \|y - y^*\|_2^2, \quad e = y - y^*. \quad (8)$$

$$\dot{y}_{-}\text{des} = -\alpha \cdot K \cdot e, \quad K = \text{diag}(8, 8, 5). \quad (9)$$

$$J_k(:, j) \approx [g(x_k, u_k + \delta u_j e_j) - g(x_k, u_k - \delta u_j e_j)] / (2\delta u_j). \quad (10)$$

$$\Delta u_k = -(J_k^{\wedge T} J_k + \lambda^2 I)^{-1} J_k^{\wedge T} r_k, \quad r_k = \dot{y}_k - \dot{y}_{-}\text{des}. \quad (11)$$

$$|\Delta u_{-}(k, i)| \leq \Delta u_{-}i^{\wedge \text{max}}, \quad \Delta u^{\wedge \text{max}} = (1.2, 1.2, 1.2). \quad (12)$$

Здесь $g(x_k, u_k)$ обозначает оценку производной выходного вектора $y_{-}\text{dot}_k$, получаемую после численного шага интегрирования и вычисления аэродинамических воздействий при заданных (x_k, u_k) . Якобиан $J_k = \partial y_{-}\text{dot} / \partial u$ оценивается центральными разностями по каждому из трех управляющих параметров; величины δu_j выбираются малыми, но сопоставимыми с масштабом допустимого изменения кинематики за шаг.

Практически расчет на шаге k реализуется так. Сначала вычисляются текущие e_k и V_k , затем задается желаемое $y_{-}\text{dot}_{-}\text{des}$ по формуле (9). После этого строится J_k по формуле (10). Кандидатное приращение Δu_k находится как регуляризованное решение задачи наименьших квадратов по формуле (11): параметр λ стабилизирует псевдообратное обращение при плохой обусловленности J_k . Полученное Δu_k затем ограничивается по компо-

нентам условием (12), что фиксирует доверительную область изменения кинематики за один шаг управления.

Ключевой элемент DCLF-LM - прием шага по убыванию функции Ляпунова на полной дискретной динамике. После вычисления $u_{k+1} = u_k + \Delta u_k$ выполняется реальный дискретный переход на интервале τ , получается новое состояние u_{k+1} и вычисляется V_{k+1} . Шаг принимается, если достигается достаточное убывание V ; в противном случае выполняется backtracking по длине шага, а при необходимости увеличивается регуляризация. Такая процедура и обеспечивает существенно более широкую область сходимости по фактору порыва G по сравнению с чисто локальным линейным регулятором.

Результаты и обсуждения. В вычислительном эксперименте сопоставляются три режима: отсутствие обратной связи, локальный линейный регулятор и нелинейный DCLF-LM. Сценарий соответствует прямолинейному полету через локализованную область порыва. Основная метрика качества - время установления вертикальной скорости после начала возмущения, то есть длительность до последнего момента, когда $|v_z| > 0.01$ м/с.

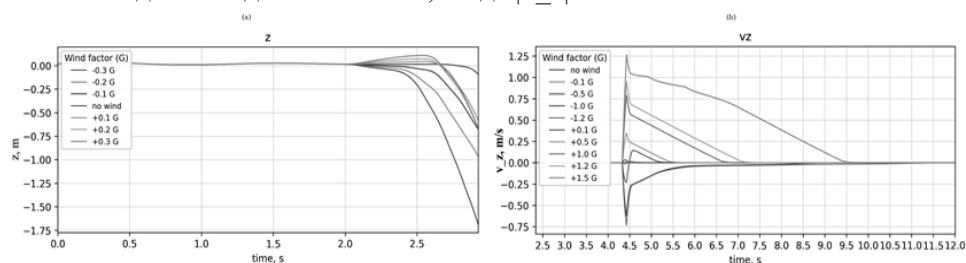


Рисунок 1. Численное моделирование полета шмеля при локализованном порыве: а – параметры управления фиксированы во время порыва (обратная связь отсутствует); б – стабилизация вертикальной скорости v_z регулятором DCLF-LM

Численное моделирование подтверждает, что открытая система с фиксированными параметрами кинематики неустойчива: при отсутствии обратной связи траектория по координате z расходится. При включении регуляторов достигается восстановление по вертикальной скорости v_z , однако линейный стабилизатор остается эффективным только при малых отклонениях, тогда как DCLF-LM сохраняет работоспособность при существенно более сильных порывах.

По данным рис. 2, область сходимости локального линейного регулятора ограничена диапазоном фактора порыва G от -0.7 до +0.6. Для DCLF-LM область сходимости расширяется до G от -1.2 до +1.5, то есть более чем вдвое по амплитуде допустимого возмущения. При масштабе возмущения порядка 0.1G характерное время стабилизации составляет около 0.1 с, что согласуется по порядку величины с экспериментальными наблюдениями за шмелями [5]. При росте $|G|$ время установления закономерно увеличивается, но нелинейный закон сохраняет восстановление в диапазоне, в котором линейный контроллер уже теряет сходимость.

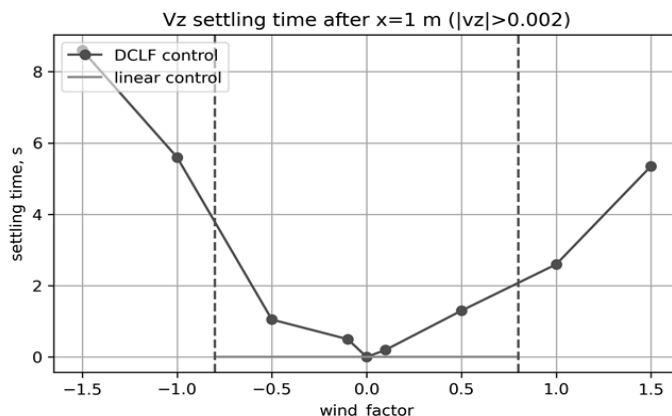


Рисунок 2. Время установления после ветрового возмущения.

Время установления определяется как длительность от начала порыва до последнего момента, когда $|v_z| > 0.01$ м/с

Выводы. Построена RL-совместимая вычислительная постановка задачи стабилизации махового полета в плоской x - z динамике на базе CFD-ориентированной суррогатной аэродинамики. Показано, что локальный линейный регулятор эффективен только в узкой окрестности рабочей точки, тогда как нелинейный контроллер DCLF-LM сохраняет работоспособность в существенно более широком диапазоне локализованных порывов.

Главный практический результат состоит в расширении области сходимости по фактору порыва с интервала G от -0.7 до $+0.6$ для линейного закона до интервала G от -1.2 до $+1.5$ для DCLF-LM. Это делает DCLF-LM более сильным базовым алгоритмом для дальнейшего синтеза гибридных законов управления и для обучения методов управления в симуляционной среде.

Список использованных источников:

1. Ames A.D., Galloway K., Sreenath K., Grizzle J.W. Rapidly exponentially stabilizing control Lyapunov functions and quadratic programs: Application to bipedal locomotion // Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control. 2014. P. 2269-2276.
2. Armijo L. Minimization of functions having Lipschitz continuous first partial derivatives // Pacific Journal of Mathematics. 1966. Vol. 16(1). P. 1-3.
3. Brockman G., Cheung V., Pettersson L., Schneider J., Schulman J., Tang J., Zaremba W. OpenAI Gym // arXiv

References:

1. Ames A.D., Galloway K., Sreenath K., Grizzle J.W. Rapidly exponentially stabilizing control Lyapunov functions and quadratic programs: Application to bipedal locomotion // Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control. 2014. P. 2269-2276.
2. Armijo L. Minimization of functions having Lipschitz continuous first partial derivatives // Pacific Journal of Mathematics. 1966. Vol. 16(1). P. 1-3.
3. Brockman G., Cheung V., Pettersson L., Schneider J., Schulman J., Tang J., Zaremba W. OpenAI Gym // arXiv preprint.

preprint. 2016. arXiv:1606.01540.

4. Cai X., Kolomenskiy D., Nakata T., Liu H. A CFD data-driven aerodynamic model for fast and precise prediction of flapping aerodynamics in various flight velocities // *Journal of Fluid Mechanics*. 2021. Vol. 915. A114. DOI: 10.1017/jfm.2021.68.

5. Jakobi T., Kolomenskiy D., Ikeda T., Watkins S., Fisher A., Liu H., Ravi S. Bees with attitude: the effects of directed gusts on flight trajectories // *Biology Open*. 2018. Vol. 7. bio034074. DOI: 10.1242/bio.034074.

6. Johansen T.A., Fossen T.I. Control allocation - a survey // *Automatica*. 2013. Vol. 49(5). P. 1087-1103. DOI: 10.1016/j.automatica.2013.01.035.

7. Khalil H.K. *Nonlinear Systems*. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.

8. Levenberg K. A method for the solution of certain non-linear problems in least squares // *Quarterly of Applied Mathematics*. 1944. Vol. 2(2). P. 164-168.

9. Marquardt D.W. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters // *SIAM Journal on Applied Mathematics*. 1963. Vol. 11(2). P. 431-441.

10. Sun M. Insect flight dynamics: stability and control // *Reviews of Modern Physics*. 2014. Vol. 86(2). P. 615-646. DOI: 10.1103/RevModPhys.86.615.

2016. arXiv:1606.01540.

4. Cai X., Kolomenskiy D., Nakata T., Liu H. A CFD data-driven aerodynamic model for fast and precise prediction of flapping aerodynamics in various flight velocities // *Journal of Fluid Mechanics*. 2021. Vol. 915. A114. DOI: 10.1017/jfm.2021.68.

5. Jakobi T., Kolomenskiy D., Ikeda T., Watkins S., Fisher A., Liu H., Ravi S. Bees with attitude: the effects of directed gusts on flight trajectories // *Biology Open*. 2018. Vol. 7. bio034074. DOI: 10.1242/bio.034074.

6. Johansen T.A., Fossen T.I. Control allocation - a survey // *Automatica*. 2013. Vol. 49(5). P. 1087-1103. DOI: 10.1016/j.automatica.2013.01.035.

7. Khalil H.K. *Nonlinear Systems*. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.

8. Levenberg K. A method for the solution of certain non-linear problems in least squares // *Quarterly of Applied Mathematics*. 1944. Vol. 2(2). P. 164-168.

9. Marquardt D.W. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters // *SIAM Journal on Applied Mathematics*. 1963. Vol. 11(2). P. 431-441.

10. Sun M. Insect flight dynamics: stability and control // *Reviews of Modern Physics*. 2014. Vol. 86(2). P. 615-646. DOI: 10.1103/RevModPhys.86.615.

Сведения об авторах:

Коноплёв Павел Геннадиевич – инженер-исследователь, Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), Центр искусственного интеллекта, Москва, Россия; аспирант МФТИ(-

Information about the authors:

Konoplev Pavel Gennadievich – Research Engineer, Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), AI Center, Moscow, Russia; PhD student, Moscow Institute of Physics

НИУ); e-mail: p.konoplev@skoltech.ru.

Михайлов Артем Анатольевич – старший инженер-исследователь, Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), Центр искусственного интеллекта; e-mail: a.mikhaylov@skoltech.ru.

Ефанов Николай Николаевич – к.ф.-м.н., доцент, руководитель исследовательской группы, Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), Центр искусственного интеллекта; доцент кафедры информатики и вычислительной математики МФТИ(-НИУ); e-mail: n.efanov@skoltech.ru.

Коломенский Дмитрий Сергеевич – к.т.н., старший преподаватель, Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), Центр технологий материалов; e-mail: d.kolomensky@skoltech.ru.

Полилов Алексей Алексеевич – член-корреспондент РАН, д.б.н., профессор РАН, заведующий кафедрой энтомологии биологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова; e-mail: polilov@mail.bio.msu.ru.

Бурнаев Евгений Владимирович – д.ф.-м.н., профессор, директор Центра искусственного интеллекта Сколковского института науки и технологий (Сколтех); Институт AIRI; e-mail: e.burnaev@skoltech.ru.

and Technology (MIPT); e-mail: p.konoplev@skoltech.ru.

Mikhailov Artem Anatolyevich – Senior Research Engineer, Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), AI Center; e-mail: a.mikhaylov@skoltech.ru.

Efanov Nikolay Nikolaevich – Candidate of Physical and Mathematical Sciences (PhD), Associate Professor, Head of Research Group, Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), AI Center; e-mail: n.efanov@skoltech.ru.

Kolomensky Dmitry Sergeevich – Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Lecturer, Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), Center for Materials Technologies; e-mail: d.kolomensky@skoltech.ru.

Polilov Alexey Alekseevich – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Entomology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; e-mail: polilov@mail.bio.msu.ru.

Burnaev Evgeny Vladimirovich – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Director of the Skoltech AI Center; AIRI Institute; e-mail: e.burnaev@skoltech.ru.

УДК 634.8.04

**ИССЛЕДОВАНИЕ И
РАЗРАБОТКА
КОНСТРУКТИВНЫХ УЗЛОВ
ПОДБОРЩИКА-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ
ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ**

Горобей В.П., доктор технических наук, старший научный сотрудник;
Старчиков С. С., инженер-механик сельского хозяйства,
Крымский научно-исследовательский центр виноградарства и виноделия «Магарах» Курчатовского комплекса виноградарства и виноделия НИЦ «Курчатовский институт»;
Максимов Ю. А., агроном-виноградарь;
Рыбакина О. С., агроном-виноградарь, ООО «Кроненталь»;
Москалевич В.Ю., доктор технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» – Институт «Агротехнологическая академия»;
Скориков Н.А., кандидат технических наук, старший научный сотрудник

В конструкции подборщика-измельчителя виноградной лозы подборщик и измельчающий барабан выполнены вращающимися в одном направлении. Обоснованы, с учетом полевой апробации, технические решения для конструктивного усовершенствования образца машины направленные на повышение ее производительности и эффективности достижения агротехнических требований по крупности измельченной фракции обрезков лоз за счет оптимизации количества

**RESEARCH AND
DEVELOPMENT OF DESIGN
COMPONENTS
FOR GRAPEVINE PICK-UP
AND CRUSHER**

Gorobey V.P., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;
Starchikov S. S., agricultural mechanical engineer;
Crimean Research Center for Viticulture and Winemaking "Magarach" of the Kurchatov Complex of Viticulture and Winemaking of the Research Center "Kurchatov Institute";
Maximov Yu. A., agronomist-winegrower, Kronenthal LLC;
Rybakina O.S., agronomist-winegrower, Kronenthal LLC;
Moskalevich V.Yu., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, FSAEI HE "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky" - Institute "Agrotechnological Academy";
Skorikov N.A., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

In design of grape vine picker-grinder, picker and grinding drum are made rotating in one direction. Technical solutions for structural improvement of the machine sample aimed at increasing its productivity and efficiency of achieving agrotechnical requirements for the size of the crushed fraction of vine trimmings by optimizing the number of fingers on the shaft of the picker, as well as hammer-shaped knives on the grinder drum with an increase in their number and a decrease in the distance

пальцев на валу подборщика, а также молотковидных ножей на барабане измельчителя с увеличением их количества и уменьшением расстояния между противорезами.

Ключевые слова: виноградники, обрезки лозы, пальцы подборщика, ножи измельчителя, противорезы, деформация, измельчение, эффективность.

between shear cutters are substantiated.

Key words: vineyards, vine trimmings, picker's fingers, chopper knives, shearing, deformation, grinding, efficiency.

Введение. Наиболее приемлемым способом утилизации обрезков виноградных лоз является их измельчение в междурядьях виноградников. Основными недостатками применяемых машин для измельчения виноградной лозы является их большая металлоёмкость и, как следствие, энергоёмкость, а также выполнение технологического процесса не в соответствии с агротехническими требованиями [1]. Наиболее перспективными для измельчения обрезанных веток представляются машины производства Perfect (Голландия), Celli (Италия), Tehnos (Италия), Mega Metal (Хорватия) [2]. При создании технических средств для измельчения виноградной лозы важным условием является по возможности минимальная их энергоёмкость [3]. Рассмотрена динамическая модель взаимодействия роторного рабочего органа с древесно-кустарниковой растительностью без излома (с целью одновременного преобразования её в щепу соответствующим рабочим органом) с выполнением условий, которые зависят от физико-механических характеристик измельчаемой растительности [4]. Изучено измельчение волокнистого сырья с необходимостью сочетания ударного воздействия и резания в рамках одной машины с шарнирно подвешенными комбинированными ножами с учетом затрат мощности измельчителем с шарнирно подвешенными комбинированными ножами и удельной энергоёмкости процесса в зависимости от их скорости [5]. Установлено, что эффективность измельчения зависит от продольного расщепления растительных волокон, а основными параметрами, влияющими на нее, являются степень измельчения и удельная энергоёмкость [6].

Проведены многолетние исследования по разработке машины для подбора и измельчения лозы в междурядьях, изучены эколого-экономические и агрономические аспекты по подбору и измельчению срезанных обрезков лоз на части длиной до 10 см и вопросы утилизации с разбрасыванием измельченной массы по междурядью при агрегатировании измельчителя с тракторами класса тяги 14-20 кН. В результате исследований, направленных на упрощение конструкции машины, повышение эксплуатационной надежности и производительности работы, подборщик и измельчающий барабан выполнены вращающимися в одном направлении. Подобранные обрезки лозы проходят под кожухом-надбарабаньем, расположенным над измельчающим барабаном с шарнирно закрепленными мо-

лотковидными ножами с цилиндрической формой кромки лезвия в виде сегмента эксцентрической окружности [7]. Проведены также исследования по снижению энергоемкости. Средняя длина измельченных обрезков лоз составила 80 мм при скорости движения агрегата 1,2 м/с. При этом отмечался не полный подбор обрезков лоз в междурядьях виноградников [8]. Усовершенствование технических решений машины для подбора и измельчения обрезков виноградной лозы, направленное на повышение эффективности достижения агротехнических требований по крупности измельченной фракции являются актуальной задачей.

Материал и методы исследований. Для проведения исследований выделены базовые технические решения и конструктивные узлы машины для подбора и измельчения обрезков виноградной лозы: опорные элементы (сочетающие лыжи подборщика и металлические колеса и измельчителя), вал подборщика с четырьмя рядами пальцев, барабан измельчителя с восьмирядным расположением ножей (два ряда по пять и шесть рядов по четыре) и трехрядным расположением противорезов, болтовое крепление кожуха барабана измельчителя. Исследования проводились на основе данных технических и конструктивных решений макетного образца подборщика-измельчителя виноградной лозы с учетом результатов экспериментальных исследований и полевой апробации. Общий вид агрегата представлен на рис.1.



Рисунок 1. Общий вид агрегата с макетным образцом

подборщика-измельчителя виноградной лозы базовой конструкции

Аналитическим путем установлено влияние скорости поворота измельчающего ножа, закрепленного шарнирно на барабане, при ударном воздействии на лозу и расстояния от оси вращения барабана до оси вращения ножа на количество перерезаний лозы за один оборот барабана. Полученные закономерности использованы при подготовке макетного образца подборщика-измельчителя виноградной лозы к полевым исследованиям. Экспериментально определены технико-технологические показатели работы макетного образца машины в условиях ООО «Кроненталь» Симферопольского района в 2023–

2024 гг. в междурядьях шириной 3 м молодых и плодоносящих виноградников сортов Каберне Совиньон и Мерло при основных режимах работы (скорость движения агрегата, число оборотов барабана измельчителя и вала подборщика) и технико-технологических параметрах узлов (расстояние между противорежущими элементами 90 мм, число ножей измельчающего барабана 34, число рядов пальцев подборщика 4).

Для повышения производительности и эффективности достижения агротехнических требований по крупности измельченной фракции обрезков лоз предложены технические решения для конструктивного усовершенствования образца машины: расположение пальцев на барабане подборщика в шесть рядов и шестирядное расположение молотковидных ножей на барабане измельчителя с увеличением их количества и уменьшением расстояния между противорежами. На рис.2 приведена технологическая схема подборщика-измельчителя, на рис. 3,а – фрагменты барабанов подборщика и измельчителя с базовым расположением рабочих органов, на рис. 3,б – фрагменты барабанов предлагаемой компоновки.

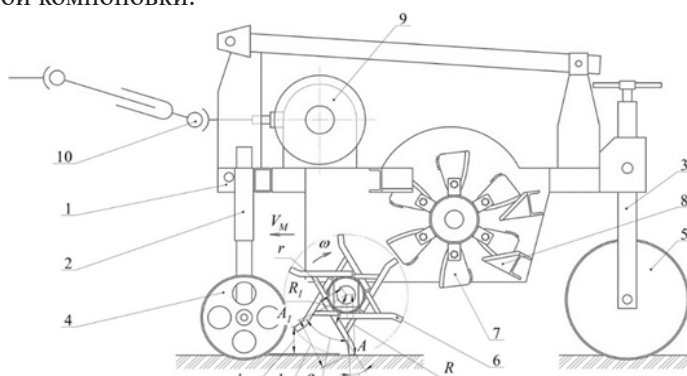


Рисунок 2. Схема подборщика-измельчителя, вид сбоку:

1 – рама; 2, 3 – стойки передних и задних колес; 4, 5 – передние и задние колеса; 6 – пальцы подборщика; 7 – ножи измельчителя; 8 – противоререзы ; 9 – редуктор; 10 – привод от ВОМ

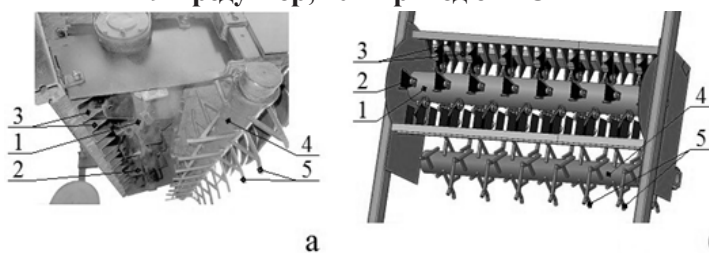


Рисунок 3. Фрагменты барабанов подборщика и измельчителя : с базовым расположением рабочих органов (а) и предлагаемой компоновки (б) : 1 – барабан измельчителя, 2 – нож измельчителя; 3 – противоререзы; 4 – барабан подборщика; 5 – пальцы подборщика

Расчёты кинематических параметров подборщика и силовых характеристик взаимодействия рабочих органов измельчителя с обрезками виноградных лоз проводились в табличном процессоре MS Excel с использованием методов теоретической механики.

Результаты и обсуждение. Качество работы подборщика-измельчителя виноградной лозы во многом определяется полнотой подбора обрезанных лоз из валка в междурядье и их подачи в измельчающий аппарат. Его эффективность зависит от параметров и режимов работы подборщика. Лозы из валка поднимаются и транспортируются пальцами подборщика. Большое значение при этом имеет выравнивание подборщиком хаотично расположенных лоз вдоль оси измельчающего барабана. Известно, что лучшие условия для измельчения обрезков виноградной лозы обеспечиваются при их подаче на ножевой барабан измельчающего аппарата под углом α в пределах от 0 до 30° [11]. Пальцы подборщика участвуют в переносном движении машины со скоростью VM и в относительном движении, вращаясь вокруг оси вала подборщика с угловой скоростью ω (рис. 2).

Траектория конца пальца подборщика представляет собой циклоиду, описываемую уравнениями:

$$x = VMt + R \sin \omega t, \quad (1)$$

$$y = R \cos \omega t \quad (2)$$

где VM – скорость движения машины, м/с;

t – время, с;

R – расстояние от оси вращения вала подборщика до конца пальца, м;

ω – угловая скорость вращения вала подборщика, с⁻¹.

Тогда абсолютная скорость конца пальца определится по выражению:

$$V_A = \sqrt{V_M^2 + 2R\omega V_M \cos \omega t + R^2 \omega^2}. \quad (3)$$

В соответствии с рис. 2 расстояние от оси вращения вала подборщика до конца пальца:

$$R = \sqrt{r^2 + l^2 + 2lt \cos \gamma}, \quad (4)$$

где r – расстояние от оси вращения вала подборщика до пальца, м;

l – длина пальца подборщика, м;

γ – угол наклона оконечности пальца подборщика.

Для качественного подбора лоз из валка необходимо, чтобы в точку выхода конца пальца 6 (рис.2) первого ряда из валка входил конец пальца второго ряда подборщика, а также, чтобы точка пересечения траекторий концов пальцев двух соседних рядов была ниже валка обрезков лоз.

Обозначим через z число рядов пальцев подборщика. При этом угол между рядами пальцев $\beta = 2\pi/z$. На этот угол повернется второй ряд пальцев, когда конец ее пальца займет положение А1. Лоза из валка полностью подбирается при условии, если абсолютная скорость середины пальца подборщика в вертикальном верхнем положении будет равна нулю, т.е. из уравнения (1) получим:

$$Vx = VM + \omega R \cos \omega t = 0. \quad (5)$$

Учитывая, что $\cos 180^\circ = -1$, на основании выражения (5) необходимая угловая скорость вращения вала подборщика должна быть:

$$\omega = \frac{V_M}{R_1} \quad (6)$$

где R_1 – расстояние от оси вращения вала подборщика до середины пальца.

Выразим R_1 через геометрические параметры пальца подборщика:

$$R_1 = \sqrt{r^2 + l^2 / 4 + t \cos \gamma} \quad (7)$$

Подставив выражение (7) в (6), получим:

$$\omega = \frac{V_M}{\sqrt{r^2 + l^2 / 4 + t \cos \gamma}} \quad (8)$$

Обозначим $\omega R / V_M = \lambda$, тогда на основании выражений (4), (6), (7) и (8) получим:

$$\lambda = \sqrt{\frac{r^2 + l^2 + 2t \cos \gamma}{r^2 + l^2 / 4 + t \cos \gamma}} \quad (9)$$

Из выражения (9) видно, что $\lambda > 1$.

В результате расчетов по выражению (9) построен график зависимости кинематического параметра λ от длины l пальца подборщика (рис. 4).

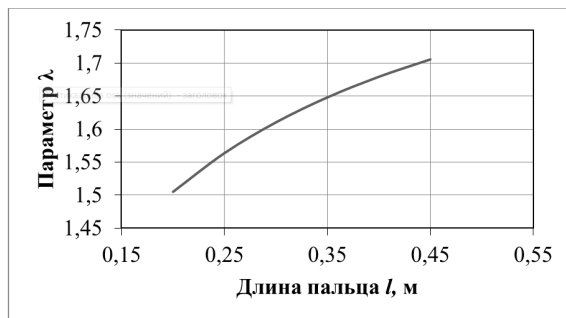


Рисунок 4. График зависимости кинематического параметра λ от длины l пальца

Из графика на рис. 4 видно, что с увеличением длины l пальца подборщика от 0,2 до 0,45 м значение кинематического параметра λ возрастает с 1,5 до 1,7.

Частоту вращения вала подборщика определим по соотношению:

$$n = \frac{60V_M}{hz} \quad (10)$$

Расчет по формуле (10) показал, что при скорости движения машины $V_M = 4,3$ км/ч необходимая частота вращения вала подборщика составляет $n = 360$ мин⁻¹ для подборщика с четырьмя рядами пальцев и $n = 240$ мин⁻¹ для шестирядного подборщика.

Анализ видеозаписей работы подборщика-измельчителя виноградной лозы показал, что в процессе измельчения обрезков лозы его рабочими орга-

нами происходит их предварительное защемление и прогиб между противорезами под действием молотковидных ножей с последующим разрывом волокон измельчаемого материала. Таким образом, осуществляется деформация обрезков лозы в пространстве между противорезами и их разрушение.

Силовая схема к обоснованию расположения молотковидных ножей барабана измельчителя и противорезов приведена на рис. 5.

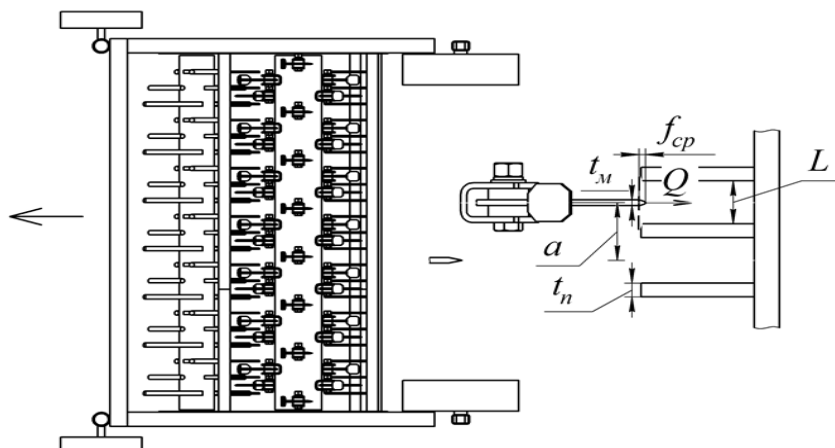


Рисунок 5. Схема к обоснованию расположения молотковидных ножей барабана измельчителя и противорезов

Работу деформации обрезков лозы молотковидными ножами определяем по выражению:

$$A_{\text{деф}} = Q \cdot f, \quad (11)$$

где Q – действующая нагрузка, Н;

f – величина прогиба лозы, м.

Рассматривая защемленный между молотковидным ножом и противорезами фрагмент лозы как балку, закрепленную по концам, под действием сосредоточенной посередине силы, величину ее прогиба вычисляем по формуле [9]:

$$f = \frac{4Ql^3}{3\pi d^4 E}, \quad (12)$$

l – расстояние между противорезами, м;

d – диаметр сечения лозы, м;

E – модуль упругости лозы, Н/м².

На основе анализа прочностных свойств виноградной лозы установлено, что модуль упругости E виноградной лозы увеличивается с ростом её диаметра d , что согласуется с данными ранее проведенных исследований [10]. Такой характер изменения модуля упругости E обусловлен особенностями строения виноградной лозы, представляющей собой цилиндрическую трубку, у которой волокна условно параллельны оси симметрии и проявляют эквивалентные упругие свойства [6]. Согласно выполненному анализу размерных характеристик обрезанных лоз в междурядьях виноградников, проведенному в ходе полевых исследований [8], основное их количество имеет диаметр d от 6 до 8 мм. В результате расчетов

по формуле (12) с учетом вышеприведенной зависимости прочностных свойств виноградной лозы построен график зависимости величины прогиба лозы f от расстояния между противорезами L измельчающего узла (рис. 6).

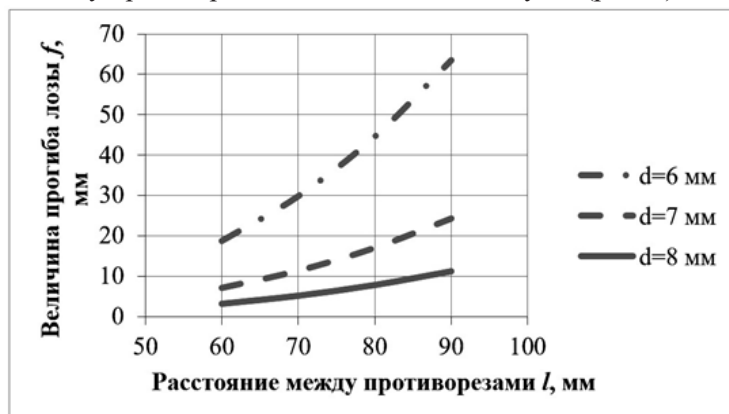


Рисунок 6. График зависимости величины прогиба лозы f от расстояния между противорезами L

Согласно приведенным зависимостям (рис. 6), при уменьшении расстояния между противорезами L с 90 до 60 мм величина прогиба лозы f снижается более чем в три раза, следовательно, в соответствии с выражением (11) во столько же раз снижаются затраты энергии на деформацию лозы при работе подборщика-измельчителя. Поэтому, для повышения эффективности процесса измельчения обрезанных виноградных лоз следует уменьшить расстояние между противорезами L , что приведет к увеличению полезной работы по измельчению лозы за счёт снижения затрат энергии на ее деформацию. По конструктивным соображениям принимаем минимально возможное расстояние между противорезами $L = 68$ мм.

Исходя из выражения для расчета расстояния между плоскостями вращения молотков:

$$a = L + t_n, \quad (13)$$

где t_n – толщина противореза,

количество молотковидных ножей на валу барабана определим по формуле:

$$N = k \frac{B}{a} \quad (14)$$

где k – молотковидных ножей, расположенных в одной плоскости измельчения;

B – ширина измельчающего барабана подборщика-измельчителя.

В результате расчетов расстояния между плоскостями вращения молотковидных ножей и их количества на валу барабана по выражениям (3) и (4) при $t_n = 4$ мм, $k = 2$, $B = 1600$ мм получено значение $N = 44$ шт.

В результате обобщения предложений по усовершенствованию конструктивных узлов макетного образца подборщика-измельчителя виноградной лозы после полевой апробации в конструкции машины упрочнено место фиксационного крепления телескопически выдвигающейся стойки механизма ре-

гулирования по высоте вала подборщика для повышения эксплуатационной надежности сочленения шлицевого соединения со шкивом его привода при повышенных нагрузках; изготовлен комплект передних опорных стоек с колесами для подборщика взамен базовых опорных элементов (рис. 7); подборщик укомплектован валом с шестирядным расположением пальцев; кожух барабана измельчителя выполнен быстроразъемным для повышения оперативности его технологического обслуживания в полевых условиях.



Рисунок 7. Общий вид подборщика-измельчителя виноградной лозы частично модернизированной конструкции

Увеличение количества рядов пальцев на валу подборщика и молотковидных ножей на валу барабана измельчителя будет способствовать повышению качества подбора и степени измельчения обрезков виноградной лозы подборщиком-измельчителем, что позволит повысить его производительность за счет увеличения скорости движения агрегата.

Выводы. Обоснована целесообразность совершенствования конструктивных узлов подборщика-измельчителя виноградной лозы для повышения его производительности и эффективности достижения агротехнических требований по крупности измельченной фракции за счет оптимизации количества пальцев на валу подборщика и молотковидных ножей на барабане измельчителя в соответствии с уменьшением расстояния между противорезами.

Разработаны конструктивные решения по повышению эксплуатационной надежности и оперативности технологического обслуживания в полевых условиях подборщика-измельчителя виноградной лозы.

Предложенные решения после стендовых и полевых исследований будут рекомендованы при постановке машины данной конструктивно-технологической схемы на производство.

Список использованных источников:

1. Догода П.А., Степанов А.В., Воложанинов С.С. Обоснование технологических и конструктивных параметров измельчителя виноградной лозы с

References:

1. Dogoda P.A., Stepanov A.V., Volozhaninov S.S. Justification of technological and design parameters of a grape vine grinder with the manufacture

изготовлением и испытанием исследовательского образца // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Технические науки. – 2014. – № 162. – С. 11-21.

2. Юрин А. Н., Клыбик В. К. Анализ технологий и технических средств для утилизации обрезанных веток в садах / Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ Нац. акад. Беларуси по механизации сел. хоз-ва; ред.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2020. – Вып. 52. – С. 265-273.

3. Апхудов Т.М., Апажев А.К., Шекихачев Ю.А. Обоснование основных конструктивных и технологических параметров измельчителя ветвей плодовых деревьев // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 4. С. 15–19. DOI: 10.34286/1995-4646-2019-67-4-15-19.

4. Платонова М.А., Драпалюк М.В., Платонов А.А. Динамическая модель взаимодействия роторного рабочего органа с древесно-кустарниковой растительностью // Лесотехнический журнал 2015. – № 4. – С. 201-208. DOI: 10.12737/17423.

5. Брагинец С.В., Бахчевников О.Н., Алферов А.С. Теоретические исследования измельчителя стебельчатых кормов // Инженерные технологии и системы. – Том 31, № 4. – 2021. – С. 591-608.

6. Гулевский В.А., Вертий А.А. Математическое моделирование работы измельчителя кормов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3. – С. 120–128. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.3.120.

7. Горобей В.П. Модернизация под-

and testing of a research sample// Scientific works of the Southern Branch of the National University of Biological Resources and Nature Management of Ukraine "Crimean Agrotechnological University." Series: Technical Sciences. – 2014. – № 162. – S. 11-21.

2. Yurin A.N., Klybik V.K. Analysis of technologies and technical means for the disposal of cut branches in gardens/ Mechanization and electrification of agriculture: intergrowth. temat. Sat/Nat. acad. sciences of Belarus, NPC Nats. acad. of Belarus on mechanization of villages. khoz-va; ed.: P.P. Kazakevich [et al.]. –Minsk: Belarus. science, 2020. –Exp. 52. –C. 265-273.

3. Apkhudov T.M., Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A. Justification of the main structural and technological parameters of the chopper of fruit tree branches//International Technical and Economic Journal. 2019. № 4. S. 15-19. DOI: 10.34286/1995-4646-2019-67-4-15-19.

4. Platonova M.A., Drapalyuk M.V., Platonov A.A. Dynamic model of interaction of a rotary working body with tree and shrub vegetation//Forestry Journal 2015. – № 4. – S. 201-208. DOI: 10.12737/17423.

5. Braginets S.V., Bakhchevnikov O.N., Alferov A.S. Theoretical studies of the stem feed grinder//Engineering technologies and systems. - Volume 31, No. 4. – 2021. - S. 591-608.

6. Gulevsky V.A., Vertiy A.A. Mathematical modeling of the work of the feed grinder//Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2018. – № 3. - S. 120-128. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.3.120.

борщика-измельчителя виноградной лозы / В.П. Горобей, С.С. Старчиков, Н.А. Скориков, Л.А. Мишунова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 29 (192). – С. 147-158.

8. Годжаев З.А. Снижение энергоемкости процесса измельчения виноградной лозы подборщиком-измельчителем / З.А. Годжаев, В.В. Лиховской, В.П. Горобей, В.Ю. Москалевич // Российская сельскохозяйственная наука, 2025, № 3. – С. 54–59. DOI 10.31857/S2500262725030091 EDN FEETSP.

9. Соболевский И.В. Распределение обрезков лозы в междурядьях виноградников // Сборник научных трудов НИИВиВ «Магарах». – 2006. – № 1–2. – С. 24–26.

10. Бейбулатов М.Р., Скориков Н.А., Соболевский И.В. Характеристика и физико-механические свойства виноградной лозы // Сборник научных трудов НИИВиВ «Магарах». – 2007. – № 37. – С. 55–59.

7. Gorobey V.P. Modernization of the Grape Vine Picker/V.P. Gorobey, S.S. Starchikov, N.A. Skorikov, L.A. Mishunova//News of Agricultural Science Taurida. – 2022. – № 29 (192). - S. 147-158.

8. Godzhaev Z.A. Reducing the energy intensity of the process of grinding grapevines with a picker-grinder/Z.A. Godzhaev, V.V. Likhovskaya, V.P. Gorobey, V.Yu. Moskalevich//Russian Agricultural Science, 2025, No. 3. - S. 54-59. DOI 10.31857/S2500262725030091 EDN FEETSP.

9. Sobolevsky I.V. Distribution of vine trimmings between rows of vineyards// Collection of scientific works of NIIViV "Magarach." – 2006. – № 1–2. - S. 24-26.

10. Beibulatov M.R., Skorikov N.A., Sobolevsky I.V. Characteristics and physical and mechanical properties of the vine//Collection of scientific works of NIIViV "Magarach." – 2007. – № 37. - S. 55-59.

Сведения об авторах:

Горобей Василий Петрович – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник группы разработки и исследований макетных и экспериментальных технологических установок Отдела проектирования и внедрения научных разработок Крымского научно-исследовательского центра виноградарства и виноделия «Магарах» Курчатовского комплекса виноградарства и виноделия НИЦ «Курчатовский институт», e-mail: magarach@rambler.ru, 298600, ул. Кирова, 31, г. Ялта, Ре-

Information about the authors:

Gorobey Vasily Petrovich - Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher of the Development and Research Group of Layout and Experimental Technological Installations of the Department for Design and Implementation of Scientific Developments of the Crimean Research Center of Viticulture and Winemaking "Magarach" of the Kurchatov Viticulture and Winemaking Complex of the Kurchatov Institute, e-mail: magarach@rambler.ru, 298600, st. Kirova, 31, Yalta, Re-

спублика Крым;

Старчиков Сергей Сергеевич – ведущий инженер группы разработки и исследований макетных и экспериментальных технологических установок Отдела проектирования и внедрения научных разработок Крымского научно-исследовательского центра виноградарства и виноделия «Магарах» Курчатовского комплекса виноградарства и виноделия НИЦ «Курчатовский институт», e-mail: magarach@rambler.ru, 298600, ул. Кирова, 31, г. Ялта, Республика Крым;

Максимов Ю. А., главный агроном, ООО «Кроненталь», e-mail: kronental54@mail.ru; 297551, ул. Молодежная, 1, с. Кольчугино, Симферопольский р-н, Республика Крым;

Рыбакина Ольга Сергеевна – директор, ООО «Кроненталь», e-mail: kronental54@mail.ru; 297551, ул. Молодежная, 1, с. Кольчугино, Симферопольский р-н, Республика Крым;

Москалевич Вадим Юрьевич – доктор технических наук, доцент, доцент кафедры «Технические системы в агробизнесе» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» – Институт «Агротехнологическая академия»; e-mail: v_moskalevich@mail.ru; 295492 п. Аграрное, г. Симферополь, Республика Крым;

Скориков Николай Андреевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: meh@magarach-institut.ru; 298600, ул. Цветочная, 6, г. Ялта, Республика Крым

Republic Crimea;

Starchikov Sergey Sergeevich - leading engineer of the group for the development and research of mock-up and experimental technological installations of the Department for Design and Implementation of Scientific Developments of the Crimean Research Center for Viticulture and Winemaking "Magarach" of the Kurchatov Complex of Viticulture and Winemaking of the Kurchatov Institute, e-mail: magarach@rambler.ru, 298600, st. Kirova, 31, Yalta, Republic of Crimea;

Maksimov Yu. A., Chief Agronomist, Kronenthal LLC, e-mail: kronental54@mail.ru; 297551, st. Youth, 1, s. Kolchugino, Simferopol district, Republic of Crimea;

Olga Sergeevna Rybakina - Director, Kronenthal LLC, e-mail: kronental54@mail.ru; 297551, st. Youth, 1, s. Kolchugino, Simferopol district, Republic of Crimea;

Moskalevich Vadim Yuryevich - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Technical Systems in Agribusiness" FSAOU HE "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky" - Institute "Agrotechnological Academy"; e-mail: v_moskalevich@mail.ru; 295492 p. Agrarian, Simferopol, Republic of Crimea;

Skorikov Nikolay Andreevich - Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, e-mail: meh@magarach-institut.ru; 298600, st. Flower, 6, Yalta, Republic of Crimea.

УДК 631.3; 51-74

**РЕГУЛИРОВАНИЕ
ДИНАМИЧЕСКИХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ И
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
БЕЗОПАСНОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ АГРЕГАТОВ
СИСТЕМ
АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ
КОМПЛЕКСОВ ПУТЕМ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ**

**REGULATION
OF DYNAMIC
EFFECTS AND ENSURING
SAFE OPERATION
OF UNITS OF
AGRO-INDUSTRIAL
COMPLEXES
SYSTEMS
BY USING
VIBRATION
ISOLATORS**

Ажермачев С.Г., кандидат технических наук, доцент;

Высоцкая Н.Д., кандидат технических наук, доцент;

Бойко Б.В., студент,

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;

Boyko B.V., student, group AI-b-o-241,

Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University"

Одной из актуальных проблем сельскохозяйственного машиностроения является повышение динамической износостойкости, прочности и надежности агрегатов в ходе их эксплуатации. Успешное решение этой задачи связано с изучением закономерностей вибрационных процессов, условий возникновения резонанса. Наряду с оптимизацией существующих конструкций, разработкой и применением новых виброизолирующих элементов необходимо совершенствование их методов расчета. Рассматривается активная виброизоляция, результатом работы которой является уменьшение динамических сил, передаваемых машиной на несущую конструкцию. Активная виброизоляция может быть применена

One of the pressing issues in agricultural engineering is increasing the dynamic wear resistance, strength, and reliability of units during operation. Successfully addressing this challenge requires studying the patterns of vibration processes and the conditions under which resonance occurs. Along with optimizing existing designs and developing and implementing new vibration-isolating elements, it is necessary to improve their calculation methods. This paper examines active vibration isolation, which reduces the dynamic forces transmitted by the machine to the supporting structure. Active vibration isolation can be applied after performing the appropriate calculations. The design model presented

после реализации соответствующего расчета. Приведена расчетная схема, представляющая собой систему с одной степенью свободы, которая может совершать колебания только в вертикальном направлении. Для этой системы рассмотрен динамический коэффициент гармонической нагрузки, который показывает во сколько раз динамическое действие может превысить статическое действие ее амплитуды. При расчете активной виброизоляции ее эффективность оценивается коэффициентом передачи силы, который определяется аналитическим путем. Установлено, что для того чтобы виброизоляция была эффективной, отношение частоты возмущающей силы к частоте свободных колебаний должно быть не меньше 4. При малых значениях частоты возмущающей силы коэффициент передачи силы стремится к 1 и виброизоляция оказывается бесполезной, а если отношение частоты возмущающей силы к собственной частоте свободных колебаний меньше 1,41, то виброизоляция может оказывать вредное действие. Если значение частоты возмущающей силы будет приближаться к значению частоты собственных колебаний, то работающий агрегат войдет в резонанс, который вызовет аварийное состояние.

Ключевые слова: агрегат, колебательные процессы, частота свободных колебаний, активная виброизоляция, амортизаторы, критическое состояние, аварийные ситуации, изменение частот собственных колебаний.

represents a single-degree-of-freedom system capable of oscillation only in the vertical direction. For this system, the dynamic harmonic load coefficient is considered, which indicates how many times the dynamic effect can exceed the static effect of its amplitude. When calculating active vibration isolation, its effectiveness is assessed by the force transfer coefficient, which is determined analytically. It has been established that for vibration isolation to be effective, the ratio of the excitation frequency to the natural frequency of vibration must be at least 4. At low excitation frequencies, the force transfer coefficient approaches 1, rendering vibration isolation ineffective. If the ratio of the excitation frequency to the natural frequency of vibration is less than 1.41, vibration isolation can have a detrimental effect. If the excitation frequency approaches the natural frequency of vibration, the operating unit will enter resonance, causing a fault condition.

Key words: unit, oscillatory processes, free oscillation frequency, active vibration isolation, shock absorbers, critical condition, emergency situations, change in natural oscillation frequencies.

Введение. Стабильная урожайность сельскохозяйственных культур может быть обеспечена мероприятиями по обеспечению безопасности эксплуатации

агрегатов систем агропромышленных комплексов. Нерегулярным и часто непредсказуемым нагрузкам подвергаются комбайны, тракторы с поворотными механизмами, опрыскиватели, погрузчики, опорно-поворотные устройства в спецоборудовании для животноводства и растениеводства и другая сельхозтехника. Причины этого:

- работа на неровной поверхности;
- переменная масса перемещаемых грузов;
- вибрационные воздействия;
- ударные нагрузки при транспортировке и работе.

Проблемы безопасности эксплуатации агрегатов систем агропромышленных комплексов, имеющих собственный источник колебаний, возникают в связи с возможными проявлениями неконтролируемых колебательных процессов в системе, зависящих от многих факторов, связанных с особенностями конструктивной схемы агрегата. Например, многофункциональные комбинированные почвообрабатывающие машины отличаются от однооперационных машин значительным набором рабочих органов, соединенных между собой в динамическую систему [1]. Также одним из источников возникновения динамических нагрузок в узлах и агрегатах тракторной техники являются автоколебательные режимы [2]. Рабочие органы сельхозмашин в процессе выполнения технологических операций подвергаются большим динамическим нагрузкам, абразивному износу. Износ рабочих органов влияет на глубину обработки почвы и качество функционирования машин.

Одной из актуальных проблем сельскохозяйственного машиностроения является повышение динамической износостойкости, прочности и надежности агрегатов в ходе их эксплуатации. Успешное решение этой задачи связано с изучением закономерностей вибрационных процессов, условий возникновения резонанса. Совершенствованию систем виброизоляции для обеспечения надежного функционирования сельскохозяйственных машин, агрегатов, отдельных рабочих органов и других средств механизации технологических процессов в сельскохозяйственном производстве посвящено ряд работ современных авторов [1 – 6].

Анализ наблюдений показывает, что для контроля над колебательными процессами и для возможности их регулирования могут использоваться различные способы, которые могут быть связаны с изменением расчетной схемы устройства, с изменением жесткостей несущих элементов, а так же с использованием различных видов виброизоляции, которые могут оказаться наиболее простыми средствами для уменьшения вредного действия колебаний.

Виброизоляция может быть предусмотрена как часть конструкции агрегата с целью изолировать устройство от распространяющейся в ней вибрации. Распространение вибрации происходит за счет механических волн. Различные среды проводят вибрацию по-разному. Некоторые среды имеют свойство проводить вибрацию более эффективно, чем другие. Если вибрацию оценивать численно, то эта оценка будет показывать ослабление колебаний в защища-

емом объекте, как результат установки препятствия между местом приема и районом в котором расположен источник вибраций.

Виброизоляция – это результат действия двух процессов внутри препятствия – гашения и изоляции колебаний, которые характеризуются физическими свойствами материала препятствий, а также особенностями самого препятствия. Любой материал обладает свойствами гашения (демпфирования) или изоляции колебаний (снижения амплитуды, отражения). К примеру, камень обладает 100 % демпфирующими свойствами и 0 % свойствами изоляции колебаний.

Изоляция колебаний в работающей колеблющейся системе обеспечивает плавное снижение амплитуды колебаний, а гашение колебаний вызывает поглощение энергии колебаний. К примеру, стойка подвески в работающем агрегате может состоять из пружины и амортизатора. В этом случае пружина будет выполнять функцию изолятора, а амортизатор – гасителя колебаний.

Виброизоляция от вибраций, создаваемых машинами, или амортизация – это изоляция устройств, которая осуществляется при помощи упругих разделяющих элементов. Эти элементы в сочетании с массой изолируемого объекта образуют колебательную систему, которая в этом случае будет являться запирающим фильтром. Амортизация эффективна при частотах в несколько раз превышающих собственную частоту системы.

Собственная частота колебаний может рассчитываться по величине статического прогиба упругого несущего элемента, который нагружен изолируемой массой.

Подавляющая часть виброизолирующей защиты осуществляется при использовании виброизоляторов – устройств, применяемых для отражения и поглощения волн колебательной энергии, которые распространяются от работающего механизма или электрооборудования. Виброизоляторы устанавливаются между телом, передающим колебания (механизмом), и телом защищаемым.

Существует два условия, которые позволяют виброisolатору эффективно выполнять свою функцию:

- во-первых, необходимо отсутствие трения скольжения в соединении. Это может решаться посредством вулканизации;
- во-вторых, виброisolатор должен обладать свойством поглощать энергию вибрации, не разрушаясь при этом.

Материалы и методы исследования. Актуальной задачей современности наряду с оптимизацией существующих конструкций, разработкой и применением новых виброизолирующих элементов, является совершенствование их методов расчета.

Необходимо различать:

- а) активную виброизоляцию, результатом работы которой является уменьшение динамических сил, которые передаются машиной на несущую конструкцию;
- б) пассивную виброизоляцию, целью которой является изолировать те или другие места устройства от колебаний несущих конструкций.

Активная виброизоляция может быть применена после реализации соответствующего расчета [7]. В основе этого расчета можно рассмотреть расчетную схему, представленную на рисунке 1.

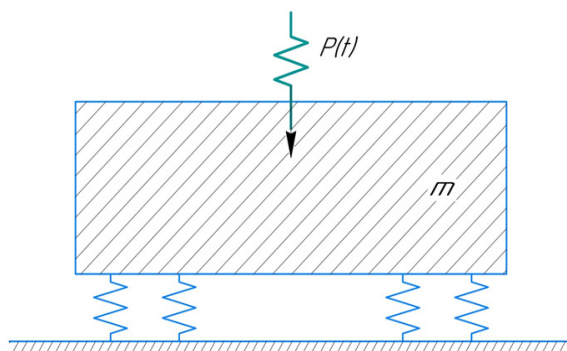


Рисунок 1. Расчетная схема

В этой расчетной схеме массу m на амортизаторах можно рассматривать как систему с одной степенью свободы, которая может совершать колебания только в вертикальном направлении. Для этой системы рассмотрим динамический коэффициент гармонической нагрузки μ , который показывает во сколько раз динамическое действие, может превысить статическое действие ее амплитуды. Для данной расчетной схемы динамический коэффициент может быть выражен формулой [7]:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}\right)^2 + \left(\frac{k\theta}{m\omega^2}\right)^2}}, \quad (1)$$

где ω – собственная частота;

θ – круговая частота возмущающей силы;

k – коэффициент пропорциональности.

Коэффициент неупругого сопротивления материалов в конструкции может быть выражен соотношением:

$$\gamma = \frac{k}{m\omega}. \quad (2)$$

Коэффициент γ – это справочная величина, зависит от материала и от амплитуд инерционных сил и изменяется в диапазоне от 0,01 до 0,1. С учетом этого коэффициента формула (1) примет вид:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}\right)^2 + \left(\gamma \frac{\theta}{\omega}\right)^2}} \quad (3)$$

Результаты и обсуждения. Благодаря затуханию, амплитуды вынужденных колебаний и динамические коэффициенты уменьшаются и при приближении резонанса к бесконечности не стремятся. Несмотря на это, они могут

достигать опасных значений [8], [9].

При совпадении собственной частоты и круговой частоты возмущающей силы ($\omega=\theta$) из формулы (3) получается:

$$\mu = \frac{1}{\gamma}. \quad (4)$$

При $k=0$ и без учета затухания формула (1) принимает следующий вид:

$$\mu = \frac{1}{1 - \left(\frac{\theta}{\omega}\right)^2} \quad (5)$$

По этой формуле можно аналитическим путем прогнозировать возможное приближение резонанса.

При расчете активной виброизоляции ее эффективность оценивается коэффициентом передачи силы. Этот коэффициент может быть выражен такой формулой [7]:

$$\eta = \sqrt{\frac{1 + \frac{4\theta^2\delta^2}{\omega^2(4\pi^2 + \delta^2)}}{1 - \frac{\theta^2}{\omega^2} + \frac{4\theta^2\delta^2}{\omega^2(4\pi^2 + \delta^2)}}}, \quad (6)$$

где δ – логарифмический декремент затухания амортизаторов.

Коэффициент демпфирования определяется формулой [7]:

$$D = \frac{\delta}{\sqrt{4\pi^2 + \delta^2}}. \quad (7)$$

Коэффициент D в большинстве случаев меньше 0,05.

Тогда коэффициентом передачи силы можно определить по приближенной формуле [7]:

$$\eta = \frac{1}{\left(\frac{\theta}{\omega}\right)^2 - 1} \quad (8)$$

Для того чтобы виброизоляция была эффективной отношение частоты возмущающей силы к частоте свободных колебаний массы m должно быть не меньше 4:

$$\frac{\theta}{\omega} \geq 4.$$

В этом случае величина коэффициента передачи силы η будет не выше 1/15:

$$\eta \leq \frac{1}{4^2 - 1} = \frac{1}{15},$$

а эффективность виброизоляции может достигнуть 93,3%:

$$\Xi = (1 - \eta) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{1}{15}\right) \cdot 100\% = 93,3\%.$$

При малых значениях частоты возмущающей силы θ коэффициент передачи силы η стремится к 1 и виброизоляция оказывается бесполезной.

Коэффициентом передачи силы $\eta > 1$ в случае, если:

$$\left(\frac{\theta}{\omega}\right)^2 - 1 < 1,$$

$$\left(\frac{\theta}{\omega}\right)^2 < 2,$$

$$\frac{\theta}{\omega} < \sqrt{2} \approx 1,41.$$

В этом случае виброизоляция может оказывать даже вредное воздействие.

При $\theta/\omega \approx 1$ наступает резонанс, который может оказать опасное, разрушительное воздействие и вовлечь агрегат в аварийное состояние.

Для мероприятий по гашению колебаний со средними частотами в диапазоне 6 – 25 герц можно использовать стальные пружинные изоляторы, применение которых допускает большую статическую осадку и при этом появляется возможность понизить частоту собственных колебаний изолируемой массы.

Выводы. Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- 1) активная виброизоляция может быть применена после реализации соответствующего расчета;
- 2) эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом передачи силы, который определяется аналитическим путем;
- 3) для того чтобы виброизоляция была эффективной отношение частоты возмущающей силы к частоте свободных колебаний должно быть не меньше 4;
- 4) при малых значениях частоты возмущающей силы коэффициент передачи силы стремится к 1 и виброизоляция оказывается бесполезной;
- 5) если отношение частоты возмущающей силы к собственной частоте свободных колебаний меньше 1,41, то в этом случае виброизоляция может оказывать даже вредное действие;
- 6) если значение частоты возмущающей силы будет приближаться к значению частоты собственных колебаний, то работающий агрегат войдет в резонанс, который вызовет аварийное состояние.

Список использованных источников:

1. Анутов Р.М. Влияние износа рабочих органов на технологические параметры культиватора / Р.М. Анутов, В.Я. Котельников, А.А. Козявин, А.В. Котельников, Д.Е. Тищенко, В.В. Серебровский // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 11. – С. 12 – 14.
2. Жилейкин М.М. Метод выявления потери устойчивости движения тракторов при реализации тягового усилия на прицеп или сцепной агрегат / М.М. Жилейкин, П.В. Сиротин, С.С. Носиков,

References:

1. Anutov R.M. The influence of wear of working bodies on the technological parameters of a cultivator / R.M. Anutov, V.Ya. Kotelnikov, A.A. Kozyavin, A.V. Kotelnikov, D.E. Tishchenko, V.V. Serebrovsky // Modern science-intensive technologies. – 2012. – № 11. – P. 12 – 14.
2. Zhileikin M.M. Method for detecting loss of stability of movement of tractors when implementing traction force on a trailer or coupling unit / M.M. Zhileikin, P.V. Sirotin, S.S. Nosikov,

Н.Н. Пуляев // Тракторы и сельхозмашины. Т. 90. – 2023. – № 1. – С. 39–47.

3. Ковалёв В.В. Исследование системы виброизоляции сельскохозяйственных силовых установок с гидравлическими виброопорами // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 12 (206). – С. 111 – 116.

4. Лебединский И.Ю. Теоретическое исследование виброзащитных свойств виброизоляторов и подвески кабины зерноуборочного комбайна // Научный журнал КубГАУ. – 2022. – №176(02). – 10 с.

5. Шагинян А.С. Динамические модели виброзащитных сидений самоходных сельскохозяйственных машин (ССХМ) / А.С. Шагинян, В.А. Шуринов, В.А. Жмайлик // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2000. – №1. – С. 46 – 52.

6. Безручко А.Ф. Виброизоляция кабины трактора / А.Ф. Безручко, Н.И. Зезетко // Агропанорама. – 2021. – № 2. – С. 2 – 5.

7. Прочность. Устойчивость. Колесования. Справочник в трех томах. Том 1. Под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. – М.: Издательство «Машиностроение», 1968. – 832 с.

8. Масленников А.М. Динамика и устойчивость сооружений: учебник и практикум для вузов / А.М. Масленников. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 366 с. – Серия: Специалист.

9. 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

N.N. Pulyaev // Tractors and agricultural machinery. Vol. 90. – 2023. – № 1. – P. 39 – 47.

3. Kovalev V.V. Study of the vibration isolation system of agricultural power units with hydraulic vibration mounts // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2021. – № 12 (206). – P. 111 – 116.

4. Lebedinsky I. Yu. Theoretical study of the vibration protection properties of vibration isolators and cab suspension of a grain harvester // Scientific journal of KubSAU. – 2022. – № 176 (02). – 10 p.

5. Shaginyan A. S. Dynamic models of vibration protection seats of self-propelled agricultural machines (SPAM) / A. S. Shaginyan, V. A. Shurinov, V. A. Zhmailik // Bulletin of the Sukhoi State Technical University: scientific and practical journal. – 2000. – № 1. – P. 46 – 52.

6. Bezruchko A.F. Vibration isolation of the tractor cabin / A.F. Bezruchko, N.I. Zezetko // Agropanorama. – 2021. – № 2. – P. 2 – 5.

7. 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.

8. 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.

9. 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

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, 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».

Бойко Богдан Васильевич – студент группы АИ-б-о-241 Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: bogdan4949@inbox.ru, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

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 FSAI 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 FSAI HE "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 FSAI 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 FSAI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

Boyko Bogdan Vasilievich – student of group AI-b-o-241 of the Institute of Agrotechnological Academy of the FSAI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail: bogdan4949@inbox.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe settlement, Institute of Agrotechnological Academy of the FSAI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

УДК 631.362.3

**РАЗРАБОТКА
ПНЕВМОСЕПАРАТОРА ВОРОХА
ОРЕХОВ МИНДАЛЯ**

Машков А. М., кандидат технических наук, доцент, ;

Рутенко В. С., кандидат технических наук, доцент;

Завалий А. А., доктор технических наук, доцент;

Лаго Л. А., кандидат технических наук, доцент;

Коровин В. Е., кандидат технических наук, старший преподаватель;

Коровина В. А., кандидат технических наук,

Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Разработана конструкция пневмосепаратора вороха миндаля с вертикальной сепарационной камерой конфузорной формы и восходящим воздушным потоком. Экспериментальное исследование позволило установить, что конфузорная форма сепарационной камеры и наличие детурбулизатора позволяют повысить качество сепарации вороха миндаля. Выявлено оптимальное положение загрузочного проёма вороха от входа в сепарационную камеру. Установлена зависимость влияния скорости воздушного потока на процесс сепарации и чистоту полученного продукта - ядер ореха миндаля.

Ключевые слова: ворох ореха миндаля, пневмосепарация, конфузорная сепарационная камера, скорость воздушного потока.

**DEVELOPMENT OF A
PNEUMATIC SEPARATOR FOR
ALMOND HEAP**

Mashkov A. M., Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor;

Rutenko V. S., Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor;

Zavaliy A. A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;

Lago L. A., Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor;

Korovin V. E., Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Lecturer;

Korovina V. A., Candidate of Technical Sciences (PhD),

Institute "Agrotechnological Academy", V.I. Vernadsky Crimean Federal University.

A design of a pneumatic separator for almond heap with a vertical tapering separation chamber and an upward airflow has been developed. The experimental study established that the tapering of the chamber and the presence of a flow turbulizer make it possible to improve the separation quality. It was found that the optimal position of the loading opening is 300 mm from the inlet. It has been determined that an increase in airflow velocity increases the purity of the resulting product, while raising the loading opening reduces it.

Keywords: almond heap, pneumatic separation, converging separation chamber, airflow velocity.

Введение. Миндаль - высокоценный агропромышленный продукт, который благодаря содержанию полезных жиров, витаминов и минералов пользуется большим спросом в пищевой, фармацевтической и косметической отраслях.

В Крыму миндальные плодоносящие сады занимают около 600 гектар. Средний урожай миндаля в скорлупе - 1200–1700 кг/га, при этом чистый выход ядра составляет 35–45 % от массы ореха в скорлупе, т. е. 420–670 кг/га [1].

Одним из ключевых этапов в технологической цепочке послеуборочной переработки орехов миндаля в пищевой продукт является сепарация вороха орехов миндаля, получающегося в результате лущения орехов (разрушение скорлупы орехов миндаля) и состоящего из ядер и дробленой скорлупы орехов.

Традиционные зерновые сепараторы неприменимы к миндальному вороху из-за близости аэродинамических свойств его компонентов и необходимости использования многоступенчатых систем [2]. В связи с чем возникает необходимость разработки специализированного сепаратора вороха миндальных орехов.

Цель исследования. Аналитическое и экспериментальное обоснование рациональных параметров конструкции пневмосепаратора, обеспечивающих эффективную сепарацию вороха орехов миндаля с достижением заданных показателей чистоты очистки конечного продукта и минимизацией потерь.

Задачи исследования:

- разработать конструкцию пневмосепаратора вороха ореха миндаля и определить его рациональные конструктивные параметры;
- определить оптимальные режимные параметры функционирования разработанного пневмосепаратора, включая производительность, скорость и расход воздушного потока, энергопотребление процесса сепарации, а также геометрию сепарационной камеры;
- разработать и применить методику экспериментальных исследований показателей пневмосепаратора вороха ореха миндаля;
- провести экспериментальные исследования эффективности пневмосепарации вороха ореха миндаля на лабораторном стенде.

Материалы и методы. Разработана конструкция пневмосепаратора вороха ореха миндаля с сепарационной камерой конфузорной формы. Конструктивная схема разработанного пневмосепаратора вороха ореха миндаля приведена на рисунке 1. Пневмосепаратор представляет собой сборно-разборную мобильную конструкцию. Основой пневмосепаратора является рама-каркас 1, которая для придания мобильности установлена на тележке. На раме размещена вертикальная сепарационная камера круглого сечения с конфузорным участком 2, сужающийся по направлению восходящего воздушного потока (угол сужения 10°). На прямом участке, до начала сужения, внутренний размер – диаметр сепарационного канала равен 400 мм. Внутренняя поверхность корпуса сепарационного канала выполнен из оцинкованной листовой стали.

Сепарационная камера имеет загрузочное устройство 3 в виде трубы прямоугольного сечения, в которую помещен поршневой выталкиватель вороха

с расположенной сверху загрузочной воронкой. Размер трубы загрузочного устройства позволят разместить 15 кг вороха ядер и скорлупы орехов миндаля. Проем загрузки вороха расположен в зоне конфузорного участка 2 сепарационной камеры. В верхней части сепарационной камеры также имеется проем 4 с выходным патрубком для вывода из сепаратора скорлупы, отсепарированной от ядер. На конце выходного патрубка крепится мешок 11 из сетчатой воздухопроницаемой ткани в который собирается отсепарированная скорлупа. Днище 5 сепарационной камеры выполнено с уклоном, обеспечивающим скатывание осевших в процессе сепарации ядер орехов миндаля к выгрузочному желобу 6 через который ядра, как готовая продукция, выводятся из пневмосепаратора. В стенках сепарационной камеры, по ее высоте, имеется ряд закрываемых инспекционных отверстий для визуально-инструментального контроля процесса пневмосепарации вороха. Источником воздушного потока для процесса пневмосепарации в установке служит радиальный воздуходогагнетающий вентилятор 7 серии BVN 200 M-2K.

Подача воздуха в сепарационную камеру выполняется по помещенному в нее сквозь днище вертикальному патрубку 9, который снабжен детурбулизатором потока воздуха в виде сетчатого козырька конической формы 10.

Перед началом сепарирования в пневмосепараторе создают сепарационный режим: воздух от вентилятора подается сквозь диафрагму через вертикальный патрубок в сепарационную камеру. Детурбулизатор в виде сетчатого конусообразного козырька, расположенный над патрубком, служит для сглаживания воздушной струи, истекающей из патрубка, превращая ее в стационарный равномерный воздушный поток, восходящий вертикально.

По достижению устойчивого сепарационного режима, по трубе загрузочного устройства ворох подается в сепарационную камеру, где осуществляется его сепарация, за счёт различия аэродинамических свойств ядер и скорлупы.

Ядра орехов оседают в нижней части сепарационной камеры и через наклонный желоб выводятся из пневмосепаратора, как готовый продукт.

Скорлупа орехов, имея низкую плотность и высокую парусность, уносится по конфузорному участку воздушным потоком в верхнюю часть сепарационной камеры к выгрузочному проему и через него выдувается в утилизационный мешок-накопитель из воздухопроницаемой ткани.

Наличие градиента скорости у воздушного потока в активной зоне конфузорной сепарационной камеры повышает сепарационную избирательность, что обуславливает высокоэффективное сепарирование скорлупы широкого размерного диапазона (от мелких частиц до самых крупных фрагментов).

Оптимальный режим работы пневмосепаратора достигается регулировкой соотношения скорости воздушного потока на входе в сепарационную камеру и высотой расположения загрузочного проёма.

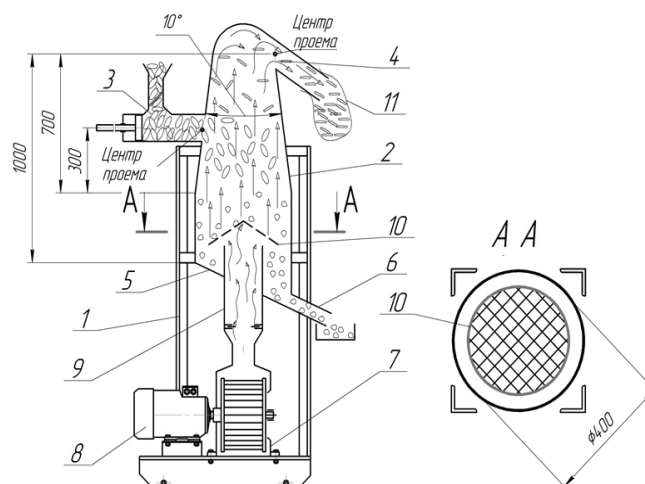


Рисунок 1. Конструктивная схема разработанного пневмосепаратора вороха ореха миндаля

Лабораторные исследования пневмосепарации вороха ореха миндаля проводились по методике планирования многофакторного эксперимента на стенде с сепарационной камерой конфузурной формы.

В результате анализа влияния факторов, проведение эксперимента сводится к двухфакторному эксперименту, который описывается следующим уравнением регрессии:

$$y = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + B_{1,2} \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (1)$$

где y – функция отклика;

B_0 – свободный член, равный выходу при $X = 0$;

B_1, B_2 – коэффициент регрессии соответствующих факторов на изучаемый объект;

$B_{1,2}$ – коэффициент регрессии 1 и 2 факторов взаимодействия.

X_1 и X_2 – значения факторов.

Коэффициенты уравнения регрессии рассчитывались по результатам эксперимента.

Проверку воспроизводимости опытов осуществляли по критерию Кохрена. Оценку значимости коэффициентов регрессии определяли с помощью критерия Стьюдента. Проверку адекватности линейной модели выполняли с помощью критерия Фишера.

Результаты и обсуждение. Экспериментально установлено, что конфузурная форма сепарационной камеры и наличие детурбулизатора обеспечивают равномерные профиль скорости и градиент скорости воздушного потока в камере, что обеспечивает селективность разделения компонентов вороха. Оптимальное положение центра проема загрузки вороха над начальным сечением конфузурного участка сепарационной камеры, для условия достижения эффективной сепарации.

рации, определено с помощью диаграммы профиля скорости воздушного потока в сепарационной камере кофузорной формы, построенной на основании данных анализа аэродинамических свойств орехового вороха и его фракций (см. рисунок 2) и обработанных в программе Mathcad. Сопоставлением скорости витания (минимальная скорость воздушного потока, при которой частица удерживается во взвешенном состоянии) ядра: $V_{\text{вит}} \approx 6 - 9$ м/с; скорлупы: $V_{\text{вит}} \approx 2 - 4$ м/с.) с диаграммой профиля скорости воздушного потока в конфузорной сепарационной камере определено положение центра проема загрузки вороха над нижней границей сепарационной камеры – 300 мм (см. рисунок 1). Это позволяет использовать разницу в скорости витания компонентов для их эффективного разделения.

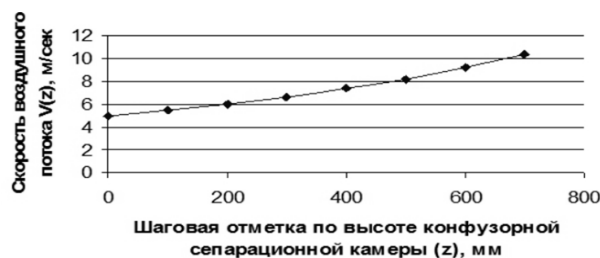


Рисунок 2. Диаграмма профиля скорости потока воздуха в конфузорной вертикальной сепарационной камере

На основании выполненного анализа движения твёрдой частицы в восходящем потоке воздуха выбрана и принята математическая модель её движения в конфузорной сепарационной камере пневмосепаратора [3].

С помощью программы Mathcad выполнена визуализация траекторий движения в конфузорной камере пневмосепаратора твердых частиц с аэродинамическими свойствами (парусность, плотность) характерными свойствами фрагментам миндального вороха в диапазоне профиля скоростей потока воздуха (рисунок 3).

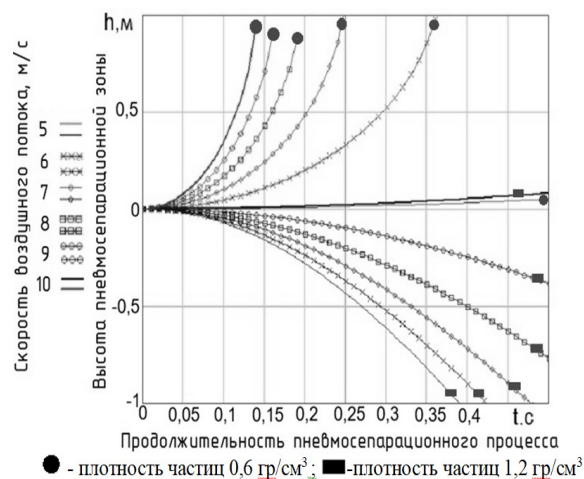


Рисунок 3. Траектории движения твердых частиц вороха в конфузорной камере пневмосепаратора

На лабораторной установке проведён двухфакторный эксперимент по матрице планирования с 4 опытами (по 3 повторности в каждом). В качестве отклика (Y) использован процент чистоты ядер орехов миндаля после пневмосепарации. В таблице 1 представлена матрица планирования и результаты экспериментальных исследований.

В качестве параметров, существенно влияющих на эффективность пневмосепарации в конфузорной сепарационной камере, были приняты следующие факторы:

- X_1 – скорость воздушного потока на входе в камеру (диапазон 4–10 м/с);
- X_2 – высота расположения загрузочного проёма (диапазон 0,20–0,50 м).

Таблица 1. Матрица планирования и результаты проведения двухфакторного эксперимента

№ опыта	Фактор выхода Y							
	Повторности							Среднее значение
	X_0	X_1	X_2	$X_1 X_2$	Y_1	Y_2	Y_3	
1	+	-	-	+	$Y_{11} = 94$	$Y_{12} = 94,2$	$Y_{13} = 93,9$	$Y_{cp1} = 94,03$
2	+	+	-	-	$Y_{21} = 97$	$Y_{22} = 97,9$	$Y_{23} = 97,5$	$Y_{cp2} = 97,47$
3	+	-	+	-	$Y_{31} = 93,8$	$Y_{32} = 93,6$	$Y_{33} = 93,5$	$Y_{cp3} = 93,63$
4	+	+	+	+	$Y_{41} = 95,2$	$Y_{42} = 95,34$	$Y_{43} = 96,1$	$Y_{cp4} = 95,55$

В результате обработки экспериментальных данных получены следующие значения коэффициентов уравнения (1): $b_0 = 95,17$; $b_1 = 1,3367$; $b_2 = -0,58$; $b_{12} = -0,38$.

Уравнение регрессии эксперимента принимает следующий вид:

$$Y = 95,17 + 1,3367 \cdot X_1 - 0,58 \cdot X_2 - 0,38 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (2)$$

После проверки коэффициентов регрессии на значимость с помощью критерия Стьюдента и на адекватность с помощью критерия Фишера уравнение (2) принимает следующий вид:

$$Y = 95,17 + 0,32 \cdot V - 2,67 \cdot h, \quad (3)$$

где: Y – процент чистоты ядер ореха миндаля после пневмосепарации;

V – скорость воздушного потока на входе в сепарационную камеру, м/с;

h – высоты положения загрузочного проёма вороха в сепарационной камере, м.

Зависимость степени очистки ядер миндаля пневмосепарацией в конфузорной камере от скорости воздушного потока и высоты положения загрузочного проёма вороха представлена на рисунке 3.

В результате двухфакторного эксперимента установлено, что ключевыми переменными, влияющими на эффективность сепарации, являются: скорость воздушного потока на входе в сепарационную камеру (диапазон 4–10 м/с) и высота расположения загрузочного проёма (диапазон 0,20–0,50 м). Выявлено, что увеличение скорости воздушного потока (V) способствует росту чистоты ядер; повышение высоты загрузочного проёма (h) приводит к снижению чистоты готового продукта.

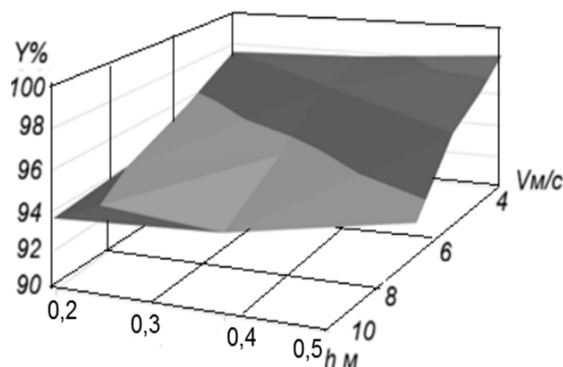


Рисунок 3. Зависимость степени очистки ядер миндаля от скорости воздушного потока и высоты положения загрузочного проема вороха.

Линейная модель, описывающая процесс сепарации, признана адекватной, что позволяет использовать полученные зависимости для дальнейшего проектирования и оптимизации пневмосепарационного оборудования для переработки вороха орехов миндаля.

Выводы. На основании анализа аэродинамических свойств компонентов вороха орехов миндаля, теоретической модели движения его частиц в конфузорной сепарационной камере, интерпритации экспериментальных исследований, разработана конструкция пневмосепаратора вороха ореха миндаля и определены его рациональные конструктивные параметры:

- целесообразно применять вертикальную сепарационную камеру конфузорной формы с углом сужения конфузора 10° ;
- начальное сечение сепарационной камеры на входе в нее 1260 см^2 ($\varnothing 400 \text{ мм}$);
- высота сепарационной камеры 1000 мм ;
- высота конфузорного участка 700 мм ;
- расположение проема загрузки вороха по высоте конфузорного участка 300 мм ;
- способ подачи вороха в сепарационную камеру шнековым питателем;
- тип воздухоподающего вентилятора радиальный, мощностью $0,5 \text{ кВт}$, производительностью $1000 - 3000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Список использованных источников:

1. Рихтер А. А., Рихтер В. А., Рихтер А. А. Создание сортов и промышленных садов миндаля. Научное достояние профессора А. А. Рихтера / Рихтер А. А., Рихтер В. А., Рихтер Ан. А. - ИТ «Ариал», Симферополь, 2020. – 115с.

2. Чанг Чен, Рагаб Кир, Рентан Чжан, Сяньюй Цао, Чжаокунь Нин, И Шэнь, Тяньсинь Ван, Чжунли Пань. Разработка методов сортировки на основе физиче-

References

1. Richter A. A., Richter V. A., Richter An. A. Sozdaniye sortov i promyshlennykh sadov mindalya. Nauchnoye dostoyaniye professora A. A. Richtera Simferopol: IT "Arial", 2020. 115 p. (In Russian)

2. Chang Chen, Ragab Khir, Rentang Zhang, Xiangyu Cao, Zhaokun Ning, Yi Shen, Tianxin Wang, Zhongli Pan. Development of sorting methods based on physical and aerodynamic

ских и аэродинамических свойств миндаля, собранного с земли. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2021, 14(2): 218-225. DOI: 10.25165/j.ijabe.20211402.6090.

3. Губайдуллин, Д. А. Аэрогидродинамика дисперсной частицы: монография / Д. А. Губайдуллин, П. П. Осипов; Российская академия наук, Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр», Институт механики и машиностроения. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2020. — 170 с.

properties of almonds harvested from the ground. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2021, 14(2): 218-225. DOI: 10.25165/j.ijabe.20211402.6090

3. Gubaidullin, D. A. Aerohydrodynamics of a Dispersed Particle: Monograph / D. A. Gubaidullin, P. P. Osipov; Russian Academy of Sciences, Federal Research Center "Kazan Scientific Center", Institute of Mechanics and Mechanical Engineering. — Moscow: FIZMATLIT, 2020. — 170 p.

Сведения об авторах:

Машков Александр Михайлович — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технических систем в агробизнесе института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского», e-mail: a.m.mashkov@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Рутенко Владимир Степанович — кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского», e-mail: rutvs@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Завалий Алексей Алексеевич — доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой общетехнических дисциплин института «Агро-

Information about the authors:

Mashkov Alexander Mikhailovich — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness of the Institute "Agrotechnological Academy" of the Federal State Educational Institution "V. I. Vernadsky KFU", e-mail: a.m.mashkov@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, village Agrarian Institute "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V. I. Vernadsky".

Rutenko Vladimir Stepanovich — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness of the Institute "Agrotechnological Academy" of the Federal State Educational Institution "V. I. Vernadsky KFU", e-mail: rutvs@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, village Agrarian Institute "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V. I. Vernadsky".

Zavaliy Alexey Alekseevich — Doctor of Technical Sciences, Associate

технологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского», e-mail: zavalym@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Лаго Людмила Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского», e-mail: Luda_Lago@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Коровин Вячеслав Евгеньевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технических систем в агробизнесе института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского», e-mail: korovinv@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Коровина Виктория Александровна – кандидат технических наук, помощник директора института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского», e-mail: v akorovina@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Professor, Head of the Department of General Technical Disciplines of the Institute "Agrotechnological Academy" of the Federal State Educational Institution "V. I. Vernadsky KFU", e-mail: zavalym@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, village Agrarian Institute "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V. I. Vernadsky".

Lago Lyudmila Anatolyevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines of the Institute "Agrotechnological Academy" of the Federal State Educational Institution "V. I. Vernadsky KFU", e-mail: Luda_Lago@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, village Agrarian Institute "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V. I. Vernadsky".

Korovin Vyacheslav Evgenievich – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Technical Systems in Agrobusiness of the Institute "Agrotechnological Academy" of the FSE Institution "V. I. Vernadsky KFU", e-mail: korovinv@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, village Agrarian Institute "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V. I. Vernadsky".

Korovina Victoria Aleksandrovna – Candidate of Technical Sciences, Assistant Director of the Institute "Agrotechnological Academy" of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V. I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail: vakorovina@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, village Agrarian Institute "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V. I. Vernadsky".

УДК 331.4 (629.113)

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ БИОНИЧЕСКИ
ПОДОБНОГО УДАРНОГО
МЕХАНИЗМА РАБОЧЕГО
ОРГАНА СТЕРНЕВОГО
КУЛЬТИВАТОРА**

**THEORETICAL
SUBSTANTIATION OF A
BIONICALLY SIMILAR IMPACT
MECHANISM FOR A STUBBLER
CULTIVATOR WORKING
ELEMENT**

Соболевский И.В., доктор технических наук, доцент, начальник проектного офиса;

Соболевский В.И., инженер-исследователь научно-производственного центра инжиниринговых технологий ГБОУВО РК КИПУ имени Февзи Якубова.

Sobolevsky I. V., Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor;

Sobolevsky V. I., Research Engineer State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Republic of Crimea "Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov"

В статье обоснована конструкция и параметры бионически подобного ударного механизма маятникового типа для стерневого культиватора, применяемого в ресурсосберегающих технологиях Mini-Till и No-Till. Приведено теоретическое обоснование процесса взаимодействия бионически подобного ударного механизма маятникового типа с упругой стойкой стерневого культиватора, позволяющее определить рациональные конструктивные параметры системы (длина рычага, жёсткость пружины ограничителя, масса ударника с дополнительными грузами). Определена энергия ударного воздействия рабочего органа на почву с учётом потенциальной энергии поднятого ударника и энергии сжатой пружины ограничителя. Установлена зависимость массы ударника от глубины обработки при различных рабочих скоростях. Показано, что при массе ударника 7,5 кг оптимальная глубина обработ-

This article substantiates the design and parameters of a bionically compatible pendulum-type impact mechanism for a stubble cultivator used in resource-saving Mini-Till and No-Till technologies. The theoretical substantiation of the process of interaction of bionically similar pendulum-type impact mechanism with the elastic strut of the stubble cultivator is given, which makes it possible to determine the rational design parameters of the system (lever length, spring stiffness of the limiter, weight of the striker with additional weights). The energy of the impact effect of the working element on the soil is determined taking into account the potential energy of the raised striker and the energy of the compressed spring of the limiter. Dependence of hammer weight on machining depth at various operating speeds is established. It has been shown that with a 7.5 kg impactor mass, the optimal tillage depth is 0.08 m at a speed of 8 km/h and 0.10 m at

ки составляет 0,08 м при скорости 8 км/ч и 0,10 м при скорости 12 км/ч. Теоретические результаты позволяют целенаправленно выбирать параметры маятникового ударника для снижения энергоёмкости обработки почвы при сохранении противоэрозийной устойчивости верхнего слоя.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, Mini-Till, No-Till, стерневой культиватор, маятниковый ударник, бионически подобный механизм, энергия удара, приведённая масса, глубина обработки, рабочая скорость.

a speed of 12 km/h. The theoretical results allow for the targeted selection of pendulum impactor parameters to reduce the energy intensity of tillage while maintaining the erosion resistance of the topsoil.

Keywords: resource-saving technologies, Mini-Till, No-Till, stubble cultivator, pendulum impactor, bionic-like mechanism, impact energy, reduced mass, tillage depth, working speed.

Введение. Современное развитие растениеводства в Республике Крым обуславливает необходимость внедрения ресурсосберегающих и экологически безопасных систем земледелия – технологий Mini-Till и No-Till. В рамках этих систем для предотвращения ветровой эрозии почв применяются комплексы противоэрозийных агротехнических мер. Базой таких мероприятий служат почвообрабатывающие агрегаты, обеспечивающие поверхностную безотвальную обработку и рыхление почвенного слоя глубиной до 16 см [1].

Анализ эволюции рабочих органов машин для поверхностной обработки показывает, что наилучшей способностью к крошению при заметном снижении энергозатрат и надёжном самоочищении обладают пружинные вибрационные рабочие органы [2]. Эти выводы подтверждены в работах Л.Ф. Бабицкого, В.Ю. Москалевича, Г.Н. Синеокова, И.М. Панова, М.Н. Летошневой, Н.Г. Дубровина, А.С. Кушнарёва, Г.Г. Маслова [2, 3].

Однако, при работе на почвах, подверженных ветровой эрозии, необходимо сохранять противоэрозийную устойчивость верхнего обрабатываемого горизонта, чтобы не разрушать его структуру и стерневой фон. Рыхление должно происходить строго в зоне движения плоскорежущего рабочего органа. Это позволит сформировать рыхлый слой, пригодный для заделки семян на посевную глубину, а также разрушить капилляры, снижающие испарение почвенной влаги. В итоге создаются благоприятные условия для быстрого роста сельскохозяйственных культур.

Ключевыми факторами, определяющими энергоёмкость и качество обработки, выступают форма рабочей поверхности и кинематика движения рабочих органов. Особый интерес вызывают встроенные в конструкцию почвообрабатывающих органов инициаторы колебаний различных типов – обычно с приводом от внешнего источника энергии. Доказано, что активные рабочие органы, воздействующие на почву вибрацией или виброударом, снижают тяговое сопротивление на 20–40 % при соблюдении агротехнических требований [4, 5, 6].

Перспективным направлением модернизации таких активных органов

считается применение маятниковых ударников. Они позволяют интенсифицировать крошение почвы и уменьшить энергозатраты без использования дополнительного привода [7, 8]. Недостатком же известных решений остаются недостаточно высокая частота ударного воздействия (из-за значительной инерционности маятниковых механизмов) и низкая энергия единичного удара.

Цель и задачи исследований: теоретически обосновать основные параметры бионически подобного ударного механизма рабочего органа стерневого культиватора. В соответствии с поставленной целью необходимо было решить следующие задачи:

- разработать расчетную схему к обоснованию рациональных параметров ударного механизма стерневого культиватора;
- определить энергию ударного воздействия рабочего органа на почву;
- получить графическую зависимость массы ударника $m_{уд}$ при различных скоростях V_p и глубинах обработки $h_{обр}$.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований является технологический процесс взаимодействия бионически подобного ударного механизма с рабочим органом стерневого культиватора при обработке почвы. При обосновании схемы и основных параметров ударного механизма стерневого культиватора использовались положения о механическом подобии земледельческой механики, основные положения теоретической механики и механики сплошной среды.

Результаты и обсуждение. Бионический анализ подвижности позвоночника и конечностей сибирского цокора (*Myospalax myospalax*) и сурка (*Marmota*) позволил определить рациональные кинематические параметры для почвообрабатывающих рабочих органов. Исследования подтвердили, что эффективность ударного разрушения почвы возрастает при использовании колебательных движений роющих конечностей, частота и амплитуда которых синхронизированы с фазами деформации и скалывания почвенных агрегатов. Установлено, что частота ударов при рытье у биологических прототипов составляет 4 – 6 Гц, что соответствует резонансной частоте колебаний упругой системы предлагаемого рабочего органа [2]. На рисунке 1 показана конструктивная схема предлагаемого рабочего органа стерневого культиватора, включающего в себя упругую С-образную стойку 1 с размещенными на ее нижнем конце долотом 2, имеющим зубчатую режущую кромку, режущие крылья 3 и интенсификатор колебаний 4 маятникового типа.

Конструкция маятникового ударника состоит из кронштейна 5 с упругим ограничителем хода, рычага 6 и ударного элемента 7, выполненного в форме усеченной сферы. На боковых поверхностях этой сферы установлены дополнительные грузы в виде пластин или дисков, что позволяет в широком диапазоне изменять массу ударной части. Упругий ограничитель, размещенный над изогнутым рычагом, даёт возможность регулировать амплитуду колебаний и благодаря этому увеличивать рабочую частоту воздействия на упругую стойку и весь рабочий орган. Пружина сжатия, используемая в ограничителе, позволяет периодически накапливать дополнительную потенциальную энергию в верхнем положении рычага и затем направлять её на удар по упругой стойке при опускании рычага вниз.

Для обоснования рациональных конструктивных параметров предлагаемого ударного механизма маятникового типа (который целесообразно применять в рабочих органах стерневого культиватора) необходимо использовать основные положения теории колебаний и земледельческой механики.

При стационарном режиме работы частота ударов механизма должна быть синхронизирована с периодическими фазами деформации и скалывания почвы. В этом случае можно добиться существенного уменьшения энергоёмкости обработки. Ключевым условием выступает величина энергии единичного удара: она должна быть достаточной для скалывания очередного почвенного блока.

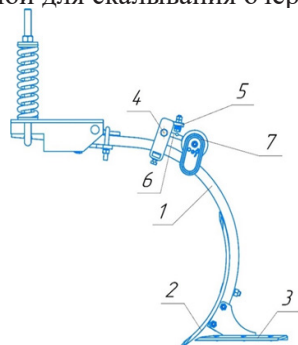


Рисунок 1. Общий вид рабочего органа стерневого культиватора с ударным механизмом маятникового типа

При движении в почве под действием переменного сопротивления рабочий орган культиватора на упругой стойке начинает периодически колебаться в плоскости движения агрегата. В результате происходит циклическое накопление энергии упругой деформации стойки с рабочим органом и её переход в работу по ударному разрушению почвы. Дополнительное ударное воздействие маятникового ударника на стойку усиливает интенсивность крошения скалываемых блоков и снижает энергозатраты (рис. 2).

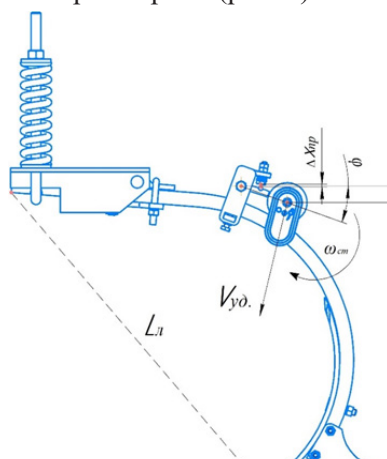


Рисунок 2. Расчетная схема к обоснованию рациональных параметров ударного механизма стерневого культиватора

В соответствии с законом сохранения энергии, кинетическая энергия ударника $E_{к.уд.}$, перед столкновением со стойкой, определится по формуле (1):

$$E_{к.уд.} = E_{п.уд.} + E_{п.пр.}$$

где $E_{п.уд.}$ – потенциальная энергия ударного механизма при крайнем верхнем положении рычага, Дж;

$E_{п.пр.}$ – потенциальная энергия сжатия пружины ограничителя, Дж.

Используя расчетную схему (рис. 2), и пренебрегая массой рычага по сравнению с массой ударника с пластинами, можно записать следующие равенства в виде формул (2, 3):

$$E_{п.уд.} = (m_{уд.} + m_{пл.})gl_{рыч}\sin\varphi \quad (2)$$

$$E_{п.пр.} = \frac{c_{пр}\Delta x_{пр}^2}{2} \quad (3)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

$m_{уд.}$, $m_{пл.}$ – массы ударника и пластин соответственно, кг;

$l_{рыч}$ – длина рычага, м;

φ – угол опускания рычага относительно горизонтали, град.;

$c_{пр}$ – жесткость пружины ограничителя, Н/м;

$\Delta x_{пр}$ – величина деформации пружины ограничителя, м.

Используя известное выражение для кинетической энергии тела и решая совместно уравнения (1), (2) и (3), получена зависимость (4) для определения скорости ударника в момент удара:

$$V_{уд1} = \sqrt{2gl_{рыч}\sin\varphi + \frac{c_{пр}\Delta x_{пр}^2}{m_{уд.} + m_{пл.}}} \quad (4)$$

Используя закон сохранения момента импульса вращательного движения, запишется уравнение взаимодействия ударника с упругой стойкой рабочего органа в виде (5):

$$I_{уд.} \cdot \omega_{уд1} = -I_{уд.} \cdot \omega_{уд2} + I_{ст.} \cdot \omega_{ст} \quad (5)$$

где $I_{уд.}$ – момент инерции ударника, без учета массы рычага, относительно оси вращения O_I , $I_{уд.} = (m_{уд.} + m_{пл.}) \cdot l_{рыч}^2$, кг·м²;

$\omega_{уд1}$ – угловая скорость ударника относительно оси вращения O_I перед ударом,

$$\omega_{уд1} = \frac{V_{уд1}}{l_{рыч}}, \text{ с}^{-1};$$

$I_{ст.}$ – момент инерции стойки с рабочим органом относительно оси O_I , кг·м²;

$\omega_{ст.}$ – угловая скорость стойки с рабочим органом относительно оси вращения O_I , с⁻¹.

С учетом выражения (5), и принимая коэффициент восстановления при ударе $k_{вст} = V_{уд2}/V_{уд1} = 0,9$, определим скорость долота лапы после воздействия ударного механизма $V_{р.о.}$ по выражению (6):

$$V_{p.o.} = \frac{(m_{уд} + m_{пл}) \cdot l_{рыч} \cdot L_{л} \cdot (1 + k_{вст})}{l_{ст}} \cdot V_{уд1}, \quad (6)$$

где $L_{л}$ – расстояние от оси вращения стойки до носка лапы, м.

С учетом ранее полученной формулы (4) выражение (6) приобретает следующий вид выражения (7):

$$V_{p.o.} = \frac{(m_{уд} + m_{пл}) \cdot l_{рыч} \cdot L_{л} \cdot (1 + k_{вст})}{l_{ст}} \cdot \sqrt{2gl_{рыч} \sin \varphi + \frac{c_{пр} \Delta x_{пр}^2}{m_{уд} + m_{пл}}} \quad (7)$$

В соответствии с рекомендациями [9], значение скорости лапы в момент соударения с пластом почвы должно превышать критическое значение, определяемое по формуле (8)

$$V_n = \sigma_{нц} \sqrt{g/(E_c \gamma)} \quad (8)$$

где $\sigma_{нц}$ – предел пропорциональности, Па;

E_c – модуль упругости при сжатии, Па;

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;

γ – удельный вес, Н/м³.

Условием ударного крошения почвы в зоне контакта с рабочим органом будет равенство энергий разрушения блока почвы на длине скалывания $E_{раз}$ и энергии накопленной упругой стойкой после воздействия ударного механизма $E_{уд}$.

Энергия, требуемая для разрушения блока почвы на длине участка скалывания, может быть определена по следующей зависимости (9):

$$E_{раз} = F_c \cdot \frac{l_{ск}}{2} = k_{y\partial} \cdot b \cdot h_{обр} \cdot \frac{h_{обр} \cdot tg(\alpha + \varphi)}{2} = \frac{k_{y\partial} \cdot b \cdot h_{обр}^2 \cdot tg(\alpha + \varphi)}{2}, \quad (9)$$

где F_c – величина тягового сопротивления, Н;

$l_{ск}$ – длина участка скалывания, м;

$k_{y\partial}$ – коэффициент удельного тягового сопротивления, Н/м²;

b – ширина захвата рабочего органа, м;

$h_{обр}$ – глубина обработки, м;

α – угол вхождения лапы в почву, град.;

φ – угол трения, град.

Энергия ударного воздействия рабочего органа на почву (формула 10):

$$E_{уд} = \frac{m_{п.р.о.} \cdot V_{п.о.}^2}{2}, \quad (10)$$

где $m_{п.р.о.}$ – приведенная масса рабочего органа, кг;

$V_{п.о.}$ – скорость рабочего органа в момент удара с почвой, м/с.

Приравнявая выражения (9) и (10) и выполнив преобразования, получим теоретическую зависимость приведенной массы рабочего органа от режимов обработки и свойств почвы (формула 11):

$$m_{п.р.о.} = \frac{k_{y\partial} \cdot b \cdot h_{обр}^2 \cdot tg(\alpha + \varphi)}{V_{п.о.}^2}. \quad (11)$$

Учитывая, что для эффективного ударного крошения пласта почвы скорость рабочего органа должна быть равна либо превышать предельное значение, определяемое по формуле (8), перепишем выражение (11) в следующем виде (формула 12):

$$m_{п.р.о.} = \frac{k_{уд} \cdot b \cdot h_{обр}^2 \cdot E_c \cdot \gamma \cdot t g(\alpha + \phi)}{\sigma_{нл} \cdot g} \quad (12)$$

Для вышеописанной конструкции маятникового ударного механизма рабочего органа стерневого культиватора разработаны теоретические предпосылки и получены теоретические зависимости, связывающие его конструктивные параметры и режимы работы с необходимой скоростью ударного воздействия $V_{р.о.}$ на почву (7) и энергетическими показателями $E_{раз}$ работы (9). Получена формула (12) для определения приведенной массы рабочего органа стерневого культиватора.

Используя формулу (12), построена графическая иллюстрация (рис. 3), демонстрирующая взаимосвязь между массой молотка ударника $m_{уд}$, различными значениями скорости V_p и глубины обработки $h_{обр}$.

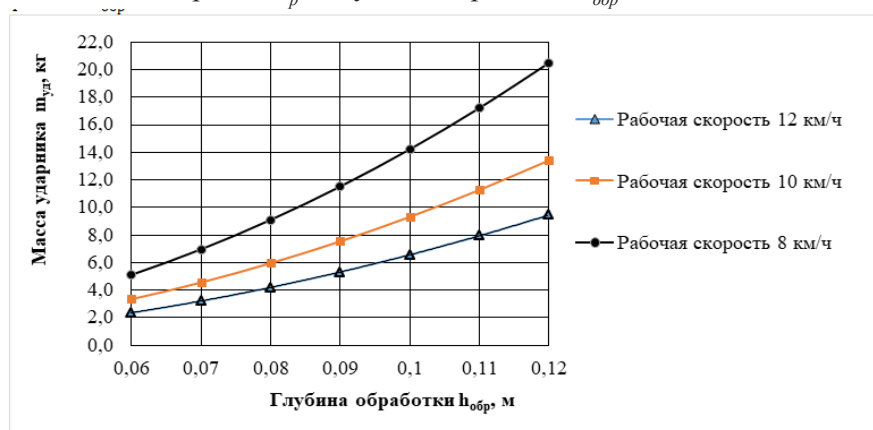


Рисунок 3. Теоретическая зависимость массы ударника $m_{уд}$ от глубины обработки $h_{обр}$ при различных рабочих скоростях

Данная зависимость была рассчитана, принимая во внимание следующие параметры: $k_{уд}$ равный 28,2 кН/м², b равная 0,43 м, α равный 4 градусам, β_1 равный 20 градусам, β_2 равный 70 градусам и $l_{рыч}$ равный 0,3 м. Исходя из этого, при массе ударника, равной 7,5 кг, оптимальная глубина обработки при рабочей скорости 8 км/ч должна быть 0,08 м, в то время как при увеличении скорости до 12 км/ч, рекомендуемая глубина обработки составляет 0,10 м.

Бионические исследования в лабораторных условиях подтвердили, что ударный механизм маятникового типа, разработанный на основе анализа роющих конечностей вышеуказанных биологических прототипов, обеспечивает необходимую энергию единичного удара для скалывания почвенных блоков и снижает энергоёмкость обработки на 20 – 40 % по сравнению с традиционными рабочими органами.

Выводы. Приведено теоретическое обоснование процесса взаимодействия бионически подобного ударного механизма маятникового типа с упругой стойкой стерневого культиватора, позволяющее определить рациональные конструктивные параметры системы (длина рычага, жёсткость пружины ограничителя, масса ударника с дополнительными грузами). Определена энергия ударного воздействия рабочего органа на почву с учётом потенциальной энергии поднятого ударника и энергии сжатой пружины ограничителя. Получено выражение (10) для E_{yo} , а также условие (8) для критической скорости долота, необходимой для эффективного скалывания почвенного пласта. Установлена зависимость массы ударника m от глубины обработки $h_{обр}$ при различных рабочих скоростях V_p . Показано, что, например, при массе ударника 7,5 кг и скорости 8 км/ч оптимальная глубина составляет 0,08 м, а при скорости 12 км/ч глубина увеличивается до 0,10 м. Теоретически обоснована приведённая масса рабочего органа формулой (12), связывающей её с физико-механическими свойствами почвы, конструктивными параметрами (ширина захвата, углы) и условием ударного крошения. Это позволяет целенаправленно подбирать параметры маятникового ударника для снижения энергоёмкости обработки при соблюдении агротехнических требований.

Список использованных источников:

1. Бабицкий Л.Ф., Соболевский И.В. Обоснование параметров плоско-режущего рабочего органа по бионическому подобию // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – Технические науки. Вып. 40. – Симферополь: НИЦ КИПУ, 2013. – С. 94 - 98.
2. Бабицкий Л.Ф., Москалевич В.Ю., Соболевский И.В. Основы бионических исследований: учебник // Симферополь: ПП «Антиква», 2014. – 328 с.
3. Бабицкий Л.Ф., Соболевский И.В. Бионическое обоснование путей совершенствования сельскохозяйственных машин на основе коэффициента адаптационной наработки // Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». – Технічні науки. Випуск 162. – Сімферо-

References:

1. Babitsky L.F., Sobolevsky I.V. Substantiation of the parameters of a plane-cutting working organ based on bionic similarity // Scientific notes of the Crimean Engineering and Pedagogical University. – Technical sciences. Issue 40. Simferopol: SIC KIPU, 2013. pp. 94-98.
2. Babitsky L.F., Moskalevich V.Yu., Sobolevsky I.V. Fundamentals of bionic research: textbook // Simferopol: Antikva Publishing House, 2014. – 328 p.
3. Babitsky L.F., Sobolevsky I.V. Bionic substantiation of ways to improve agricultural machinery based on the coefficient of adaptive development // Scientific practice of the National University of Bioresources and Natural Resources of Ukraine "Krimsky Agrotechnological University". – Technical sciences. Vipusk 162. – Simferopol: Publishing house "ARIAL", 2014. – pp. 197-205.
4. Dubrovsky A. A. Vibration

поль: ВД «АРИАЛ», 2014. – С. 197 – 205.

4. Дубровский А.А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. / А. А. Дубровский // – М.: Машиностроение, 1968. – 204 с.

5. Рябцев Г.А. Технологические основы применения почвообрабатывающих машин с упругой подвеской рабочих органов: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.20.01 / Г. А. Рябцев // – Воронеж, 1973. – 57 с.

6. Верняев О.В. Активные рабочие органы культиваторов / О. В. Верняев // – М.: Машиностроение, 1983. – 79 с.

7. Бабицкий Л.Ф. Экспериментальные исследования расположения ударника на упругой стойке культиваторной лапы / Л. Ф. Бабицкий, А. В. Белов, П. С. Дудченко, Д. К. Шиков // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2021. – № 25 (188). – С. 80–87.

8. Бабицкий Л.Ф. Обоснование конструктивных звеньев и исследование подвижности рабочих органов культиватора с маятниковыми виброударными механизмами / Л. Ф. Бабицкий, В. В. Шевченко, В. Ю. Москалевич // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2018. – № 16 (179). – С. 67–72.

9. Гудков А.Н. Теоретические основы построения рабочих процессов сельскохозяйственных машин с учетом характера живой материи растений, животных, почвы / А. Н. Гудков // Земледельческая механика. – М.: Машиностроение, 1966. – Т9. – С. 86 – 97.

technology in agriculture. / А. А. Dubrovsky // – Moscow: Mashinostroenie, 1968. – 204 p.

5. Ryabtsev G.A. Technological bases of application of tillage machines with elastic suspension of working bodies: Abstract of the dissertation of Doctor of Technical Sciences: 05.20.01 / G. A. Ryabtsev // - Voronezh, 1973. – 57 p.

6. Vernyaev O.V. Active working organs of cultivators / O. V. Vernyaev // Moscow: Mashinostroenie, 1983. 79 p.

7. Babitsky L.F. Experimental studies of the location of a drummer on an elastic stand of a cultivator's paw / L. F. Babitsky, A.V. Belov, P. S. Dudchenko, D. K. Shikov // Izvestiya agribusiness nauki The Taurida Mountains. – 2021. – № 25 (188). – Pp. 80-87.

8. Babitsky L.F. Substantiation of structural links and study of the mobility of working organs of a cultivator with pendulum vibration-impact mechanisms / L. F. Babitsky, V. V. Shevchenko, V. Y. Moskalevich // Izvestiya agrarianii nauki Tavrida. – 2018. – № 16 (179). – Pp. 67-72.

9. Gudkov A.N. Theoretical foundations of the construction of working processes of agricultural machines, taking into account the nature of the living matter of plants, animals, and soil / A. N. Gudkov // Agricultural mechanics. – М.: Mashinostroenie, 1966. – Т9. – P. 86 – 97.

Сведения об авторах:

Соболевский Иван Витальевич
– доктор технических наук, доцент,

Information about the authors:

Sobolevsky Ivan Vitalievich—Doctor
of Engineering Sciences, Associate

начальник проектного офиса ГБОУ-ВО РК КИПУ имени Февзи Якубова, e-mail: sobolevskii-ivan@mail.ru, 295015, Республика Крым, г. Симферополь, пер. Учебный, д.8.

Соболевский Виталий Иванович – инженер-исследователь научно-производственного центра инжиниринговых технологий ГБОУВО РК КИПУ имени Февзи Якубова, e-mail: sobolevsckij.vit@yandex.ru, 295015, Республика Крым, г. Симферополь, пер. Учебный, д.8.

Professor, Head of the Project Office, Fevzi Yakubov Kyiv Polytechnical University, e-mail: sobolevskii-ivan@mail.ru, 8 Uchebny Lane, Simferopol, 295015, Republic of Crimea.

Sobolevsky Vitaly Ivanovich – Research Engineer, Research and Production Center for Engineering Technologies, Fevzi Yakubov Kyiv Polytechnical University, e-mail: sobolevsckij.vit@yandex.ru, 8 Uchebny Lane, Simferopol, 295015, Republic of Crimea.

УДК 631.31

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
БИОНИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ДИСКОВЫХ
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ
РАБОЧИХ ОРГАНОВ****THE USE OF BIONIC
PRINCIPLES IN THE
DEVELOPMENT
OF DISC TILLAGE
WORKING BODIES**

Шовкопляс А. В., кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова»

Shovkoplias A. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
FSBEI HE «K.E. Voroshilov Lugansk State Agrarian University»

Использование бионических принципов при модернизации рабочих органов почвообрабатывающих машин позволяет повысить урожайность возделываемых культур, снизить энергоёмкость и уменьшить негативное воздействие на структуру почвы. Методология исследований основана на сравнительном анализе природных аналогов и предлагаемых конструкций рабочих органов. Наибольшее снижение тягового сопротивления дисковых почвообрабатывающих рабочих органов с бионически обоснованным профилем режущих частей составляет 22,4 % по сравнению с серийными сплошными сферическими дисками при глубине обработки 20 см. Оптимальное значение угла атаки дисков $\alpha = 18,44^\circ$.

Ключевые слова: почва, бионика, рабочий орган, качество обработки почвы, тяговое сопротивление.

The use of bionic principles in the modernization of the working bodies of tillage machines makes it possible to increase the yield of cultivated crops, reduce energy consumption and reduce the negative impact on the soil structure. The research methodology is based on a comparative analysis of natural analogues and proposed structures of working bodies. The greatest decrease in the traction resistance of disk tillage tools with a bionically justified profile of cutting parts is 22.4% compared to serial solid spherical disks at a processing depth of 20 cm. The optimal value of the angle of attack of the disks is $\alpha = 18.44^\circ$.

Key words: soil, bionics, working body, quality of tillage, traction resistance.

Введение. Современное сельское хозяйство столкнулось с рядом комплексных задач, требующих инновационных решений в области механизации. Повышение эффективности растениеводства, обеспечение продовольственной безопасности растущего населения планеты, а также необходимость минимизации экологических последствий сельскохозяйственной деятельности дикту-

ют поиск новых подходов к конструированию машин и их рабочих органов. Особую актуальность приобретает разработка почвообрабатывающей техники, поскольку именно рабочие органы этих машин, непосредственно контактирующие с почвой, оказывают существенное влияние на ее физико-механические свойства, структуру, влаго- и воздухообмен, а также на затраты энергии на процесс обработки. Существующие конструкции рабочих органов, зачастую основанные на эмпирических разработках и классических представлениях о механическом воздействии на почву, далеко не всегда обладают оптимальными характеристиками. Нередко они приводят к излишнему уплотнению почвы, повышенному тяговому сопротивлению, неравномерному крошению и перемешиванию, что, в свою очередь, может снижать урожайность и приводить к дополнительным энергетическим затратам [1, 5, 6, 8].

В этом контексте бионический подход, заключающийся в изучении и применении природных закономерностей и структурных решений для создания технических систем, представляет собой перспективное направление для развития природно-подобных рабочих органов почвообрабатывающей техники. Природа за миллионы лет эволюции выработала высокоэффективные механизмы взаимодействия живых организмов с окружающей средой, включая почвенную среду. Исследование этих механизмов может послужить источником оригинальных идей для создания рабочих органов, обладающих улучшенными рабочими характеристиками, сниженной энергоемкостью и меньшим негативным воздействием на почву. Целями настоящего исследования являются: анализ существующих бионических решений, применяемых при разработке рабочих органов почвообрабатывающих машин; выявление природных аналогов, демонстрирующих эффективные принципы взаимодействия с почвой; разработка методики применения бионических принципов в процессе проектирования; оценка потенциала бионических рабочих органов для повышения эффективности и экологичности обработки почвы.

Исследования в области применения бионических принципов в сельскохозяйственной технике, и в частности применительно к почвообрабатывающим машинам, хотя и не являются массовыми, демонстрируют устойчивую тенденцию к росту. Первые работы, посвященные бионике, заложили фундамент для междисциплинарных исследований, объединяющих биологию, инженерию и материаловедение. При исследовании обработки почвы, ряд отечественных и зарубежных ученых обращались к изучению взаимодействия с ней живых организмов. Например, исследовалась структура корневых систем растений, их способность проникать в плотные слои и модифицировать структуру почвы. Работы, посвященные биомеханике роющих органов животных, таких как кроты, слепыши, грызуны и насекомые, предоставляют ценную информацию о принципах снижения сопротивления при проникновении и перемещении в почве [1, 7]. Также изучались механизмы передвижения и проникновения насекомых в почву, их способность к деформации и восстановлению формы [1, 9].

В последние десятилетия наблюдается активизация исследований, направленных на практическое применение бионических принципов. Разрабатываются рабочие органы, имитирующие форму и структуру природных объектов: например, дисковые бороны с оптимизированной формой дисков, воспроизводящие строение семян некоторых растений, или культиваторные лапы, повторяющие форму роющих органов насекомых [1, 10]. Проводятся исследования по оптимизации формы лемехов плугов на основе анализа кривых минимального сопротивления, обнаруженных в природе. Отдельные работы посвящены изучению структурных особенностей природных материалов, таких как хитин или костная ткань, для создания более износостойких и эффективных рабочих органов. Однако, несмотря на отдельные успехи, системный подход к применению бионических принципов при разработке всего спектра рабочих органов почвообрабатывающих машин пока остается недостаточно разработанным. Часто исследования носят фрагментарный характер, фокусируясь на отдельных элементах или типах машин, без комплексного осмысления всего потенциала бионических решений. Недостаточно представлены исследования, которые бы систематизировали природные аналоги, разработанные на их основе конструкторские решения, и проводили бы сравнительный анализ их эффективности с традиционными конструкциями в различных почвенно-климатических условиях.

Применение бионических принципов при разработке рабочих органов почвообрабатывающих машин представляется перспективным для решения ряда ключевых проблем, присущих современным конструкциям. Анализ природных аналогов и их трансформация в инженерные решения позволяет оптимизировать взаимодействие рабочего органа с почвой по нескольким основным направлениям: снижение тягового сопротивления, улучшение качества крошения и перемешивания, минимизация уплотнения почвы, а также повышение износостойкости. Исследования показали, что лемеха, имитирующие переднюю часть роющих зубов некоторых рептилий или насекомых, демонстрируют снижение тягового сопротивления до 15-20 % по сравнению с традиционными формами [1, 4]. Такая форма позволяет более эффективно «разрезать» почву, а не «выдавливать» ее.

Цель исследований – повышение эффективности обработки почвы дисковыми рабочими органами путём бионического обоснования параметров их режущих частей.

Материал и методы исследований. Для всестороннего исследования вопросов использования бионических принципов при разработке рабочих органов почвообрабатывающих машин предлагается следующая методология, основанная на комплексном подходе, объединяющем теоретические исследования, сравнительный анализ конструкций, моделирование бионических прототипов и их экспериментальную проверку.

1. Систематизация природных аналогов: проведение углубленного поиска и систематизации природных объектов и явлений, демонстрирующих эффективные механизмы взаимодействия с почвой. Этот этап включает изучение:

- морфологии и биомеханики роющих органов: анализ строения роющих конечностей насекомых (жуки-носороги, муравьи), кротов, грызунов, их кинематики и динамики движения при проникновении и перемещении в почве. Особое внимание уделяется форме, остроте, наличию выступов, режущих кромок и их способности к разрушению и перемещению почвенной массы;

- структуры и функций корневых систем растений: исследование влияния корневых систем на структуру почвы, их способности к проникновению в уплотненные почвенные горизонты, к деструкции агрегатов и к улучшению влаго- и воздухопроницаемости;

- механизмов передвижения и проникновения в почву: изучение способов перемещения в почвенной среде у беспозвоночных, например, земляные (дождевые) черви, личинки, а также у некоторых видов муравьев, использующих вибрацию, химические сигналы и специфические движения;

- оптимизации формы и структуры природных элементов: анализ эволюционно обусловленных форм семян, шипов, скорлуп, которые демонстрируют низкое сопротивление при движении в среде или эффективное проникновение.

2. Сравнительный анализ существующих конструкций: изучение имеющихся конструкций рабочих органов почвообрабатывающих машин (лемеха, долота, диски, лапы культиваторов, рабочие органы сеялок и т. д.) с точки зрения их принципов работы, эффективности, энергоемкости и воздействия на почву. Ключевыми критериям сравнения являются:

- тяговое сопротивление – сравнение нагрузок, возникающих при работе различных органов в идентичных почвенных условиях;

- качество обработки – оценка степени крошения, перемешивания, равномерности глубины обработки, риска образования плужной подошвы;

- энергоемкость – сравнение удельного расхода топлива или других источников энергии на единицу обработанной площади;

- воздействие на почву – физические изменения в структуре почвы, уплотнение, нарушение биологической активности.

3. Разработка и моделирование бионических прототипов: на основе систематизированных природных аналогов и выявленных принципов, предлагается разработка концепций новых рабочих органов. Этот этап включает в себя:

- трансформацию биологических принципов в конструкторские решения: разработка эскизов, 3D-моделей и чертежей рабочих органов, созданных на основе природных прототипов. Например, разработка формы лемеха, имитирующей оптимальную кривую проникновения роющего животного, или создание дисков сеялки с поверхностью, напоминающей структуру природных материалов, снижающих трение;

- компьютерное моделирование: использование методов конечно-элементного анализа для моделирования взаимодействия предлагаемых бионических рабочих органов с почвой. Это позволит предсказать распределение напряжений, деформаций, определить тяговое сопротивление и оценить вероятность

чрезмерного уплотнения перед проведением дорогостоящих экспериментальных испытаний. Моделирование будет проводиться в различных почвенных условиях по влажности, плотности, типу почвы.

4. Экспериментальная проверка и оценка эффективности: проведение лабораторных исследований и полевых испытаний разработанных бионических прототипов. На этом этапе проводят:

- лабораторные исследования – испытания в модельных почвенных ящиках с контролируемыми параметрами для изучения кинематики движения, силовых нагрузок и характеристик крошения. Для получения математических моделей технологического процесса обработки почвы дисковыми рабочими органами использован почти ротатбельный трехуровневый план Бокса-Бекина для трех факторов;

- полевые испытания – испытания в реальных условиях с измерением тягового сопротивления, расхода топлива, анализом качества обработки почвы (структуры, плотности, влажности) и сравнением с традиционными аналогами;

- анализ и интерпретация результатов – обобщение данных, полученных на всех этапах исследования. Сравнение эффективности бионических рабочих органов с существующими конструкциями, определение их преимуществ и недостатков, а также областей их наиболее целесообразного применения.

Данная методология позволяет не только выявить перспективные бионические решения, но и провести их комплексную оценку, обеспечивая научную обоснованность рекомендаций по внедрению.

Результаты и обсуждение. При разработке дисковых почвообрабатывающих рабочих органов в качестве биологических прототипов выбраны роющие конечности медведки и крота (рис. 1), характеризующиеся клиновидной формой, острым передним краем и наличием пальцевидных выступов, позволяют эффективно раздвигать и перемещать почву с минимальным усилием [1, 3, 7]. Анализ геометрических параметров размещения режущих кромок зубьев у биологических аналогов показал, что вершины выступов зубьев располагаются по линии, которая описывается уравнением логарифмической кривой:

$$f(x) = \nu P_{\phi} \left\{ \left(x + \frac{B}{2} \right) \left[h \left| x + \frac{B}{2} \right| - 1 \right] - \left(x - \frac{B}{2} \right) \left[h \left| x - \frac{B}{2} \right| - 1 \right] + \frac{|x|k}{\nu G} \right\} \quad (1)$$

где ν – деформационный показатель почвы; $P_{кр}$ – критическое давление на почву; B – ширина роющей конечности; G – модуль сдвига почвы; k – коэффициент трения поверхности выступов о почву.

Расположение вершин режущих зубьев по логарифмической траектории вида (1) по всей длине лезвия, в соответствии с положениями теории контактных деформаций, создает развитую поверхность трещин отделения обрабатываемого почвенного слоя на всей ширине рабочего органа, что приводит к улучшению качества обработки почвы.

Взаимное расположение выступов на роющих конечностях биологических прототипов характеризуется также отношением половины ширины выступов b к шагу их размещения s , среднее значение которого для медведки и крота составляет 0,36.



Рисунок 1. Общий вид роющих конечностей медведки (а) и крота (б)

Обнаруженные в результате исследований биологических прототипов закономерности использованы при разработке дисковых почвообрабатывающих рабочих органов, форма и профиль режущих частей которых выполнены по аналогии с природными объектами, обладающими высокой эффективностью при рассеивании и перемещении материала (рис. 2).

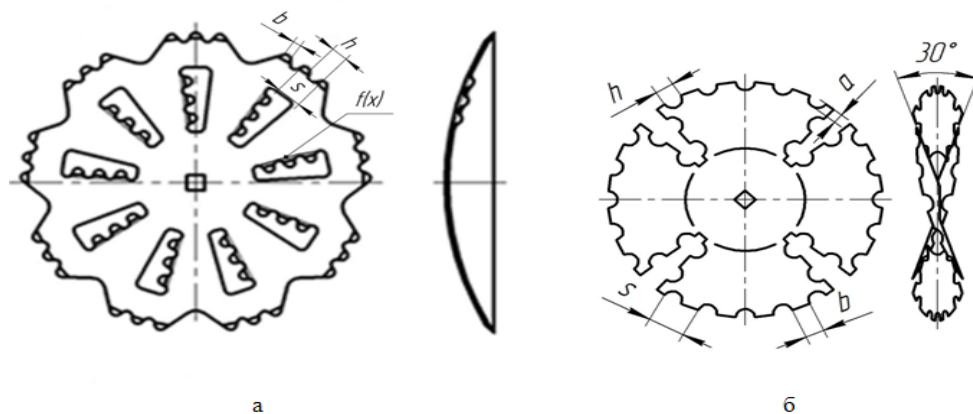


Рисунок 2. Дисковые рабочие органы с бионически обоснованным профилем режущих частей: а – высота выступов, b – ширина выступов, h – ширина впадин, s – шаг выступов

В результате экспериментов в лабораторных условиях получены значения тягового сопротивления дисковых рабочих органов для различных уровней глубины обработки почвы в пределах от 5 см до 20 см при установленных углах атаки дисков 5°, 15° и 22° и рабочей скорости движения 12 км/ч (таблица 1).

**Таблица 1. Средние значения тягового
сопротивления дисковых рабочих органов, Н**

Рабочий орган	Глубина обработки, см						
	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
Угол атаки 22°							
Сплошной сферический диск	1135	1175	1190	1240	1275	1335	1405
Диск с круглыми вырезами	1035	1055	1105	1120	1180	1195	1245
Диск с бионически обоснованным профилем режущих частей	1000	1025	1045	1065	1070	1130	1155
Угол атаки 15°							
Сплошной сферический диск	1000	1045	1085	1110	1145	1210	1280
Диск с круглыми вырезами	950	970	1000	1045	1070	1110	1175
Диск с бионически обоснованным профилем режущих частей	925	945	970	980	1005	1055	1095
Угол атаки 5°							
Сплошной сферический диск	715	740	785	825	855	920	980
Диск с круглыми вырезами	660	685	695	740	790	800	860
Диск с бионически обоснованным профилем режущих частей	630	645	660	690	705	745	795

Анализ полученных данных (таблица 1) показал существенное снижение тягового сопротивления дискового рабочего органа с бионически обоснованным профилем режущих частей по отношению к серийному сплошному сферическому диску: наибольшая разница составляет 22,4 % при глубине обработки 20 см.

Уровни варьирования и кодировка факторов трёхфакторного эксперимента в полевых условиях с дисковой бороной, оборудованной рабочими органами с бионически обоснованным профилем режущих частей, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Кодировка факторов и интервалы их варьирования

Наименование	Значения		
Обозначение факторов	X_1	X_2	X_3
Наименование фактора	Угол атаки α , град	Глубина обработки h , см	Скорость движения V , км/ч
Нулевой уровень	14	15	8
Интервал варьирования	8	5	4
Верхний уровень фактора	22	20	12
Нижний уровень фактора	6	10	4
Функция отклика	Y_1 – удельный расход топлива $\mathcal{E}_{уд}$, кг/га		
	Y_2 – качество обработки K , %		

После статистической обработки, оценки значимости коэффициентов регрессии и проверки адекватности математических моделей получены уравнения регрессии в раскодированном виде:

$$\dot{Y}_{\alpha} = 0,267503 + 0,033694 \cdot \alpha - 0,000823 \cdot \alpha^2 + 0,021320 \cdot h - 0,000874 \cdot h^2 + \\ + 0,050478 \cdot V - 0,002775 \cdot V^2 - 0,000002 \cdot \alpha \cdot h - 0,000723 \cdot \alpha \cdot V - 0,000003 \cdot h \cdot V \quad (2)$$

$$K = -111,973 + 6,386 \cdot \alpha - 0,114 \cdot \alpha^2 + 9,167 \cdot h - 0,191 \cdot h^2 + \\ + 13,694 \cdot V - 0,742 \cdot V^2 - 0,094 \cdot \alpha \cdot h - 0,078 \cdot \alpha \cdot V + 0,00001 \cdot h \cdot V \quad (3)$$

Полученные уравнения регрессии позволяют оценить влияние факторов на технологический процесс обработки почвы дисковыми рабочими органами и оптимизировать их значения.

В результате решения компромиссной задачи по удельному расходу топлива Эуд и качеству обработки К, в соответствии с уравнениями регрессии (2) и (3), определено оптимальное значение угла атаки дисковых рабочих органов с бионически обоснованным профилем режущих частей: $\alpha=18,44^\circ$.

Выводы. Использование бионических принципов при разработке рабочих органов почвообрабатывающих машин открывает значительные перспективы для повышения эффективности, энергосбережения и экологичности сельскохозяйственного производства. Природа, являясь совершенным инженером, предлагает множество эффективных решений, которые при их грамотной трансформации в конструкторские идеи могут существенно улучшить характеристики существующей техники.

Внедрение бионических принципов в разработку рабочих органов почвообрабатывающих машин является не просто инновационным направлением, а реальной возможностью для создания более эффективной, экономичной и устойчивой системы земледелия, отвечающей вызовам XXI века.

Предлагаемые дисковые почвообрабатывающие рабочие органы с бионически обоснованным профилем режущих частей обеспечивают снижение тягового сопротивления до 22,4 % по сравнению с серийными сплошными сферическими дисками при глубине обработки 20 см.

В результате трёхфакторного эксперимента в полевых условиях с дисковой боронкой, оборудованной рабочими органами с бионически обоснованным профилем режущих частей, определено оптимальное значение угла атаки дисков $\alpha=18,44^\circ$.

Направления дальнейших исследований:

- развитие более точных физических моделей, позволяющих учитывать взаимодействие рабочего органа с различными типами почв, влажностью, скоростью движения, наличием и влиянием растительных и пожнивных остатков. На начальных этапах проектирования следует широко применять методы компьютерного моделирования для оценки эффективности предлагаемых бионических решений и оптимизации их конструкции перед проведением дорогостоящих экспериментальных работ;

- применение новых композитных и функциональных материалов с заданными механическими свойствами, имитирующих природные структуры по износостойкости, эластичности, величине коэффициента трения, а также исследование

биоразлагаемых и экологически безопасных материалов для рабочих органов;

- интеграция в рабочие органы датчиков для мониторинга состояния почвы и адаптивного управления их работой в реальном времени, по аналогии с чувствительными системами живых организмов;

- исследование микробиологического влияния бионических рабочих органов на микробиоту почвы, и как эти изменения могут быть использованы для улучшения ее плодородия;

- создание стандартизированных методик для оценки эффективности бионически подобных рабочих органов и разработка рекомендаций по их проектированию и внедрению в промышленное производство.

Список использованных источников:

1. Бабицкий Л. Ф. Земледельческая бионика: монография. – Симферополь: ООО «Антиква», 2024. – 248 с.

2. Бурченко П. Н. Механико-технологические основы почвообрабатывающих машин нового поколения: монография. – М.: 2002. – 212 с.

3. Верняев О. В. Активные рабочие органы культиваторов. – М.: Машиностроение, 1983. – 79 с.

4. Гордеев А. С., Огородников Д. Д., Юдаев И. В. Энергосбережение в сельском хозяйстве. – СПб.: Лань, 2014. – 400 с.

5. Заленский В. А., Яроцкий Я. У. Обработка почвы и плодородие. – Минск: Беларусь, 2004. – 542 с.

6. Кушнарев А. С., Кочев В. И. Механико-технологические основы обработки почвы. – К.: Урожай, 1989. – 144 с.

7. Литинецкий И. Б. Бионика. – М.: Просвещение, 1976. – 336 с.

8. Лобачевский Я. П. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин. – М.: Росинформагротех, 2005. – 116 с.

9. Пастухов А. Г., Бахареv Д. Н. Бионика как основа формирования инновационных технических решений в сельскохозяйственном производстве //

References:

1. Babitsky L. F. Agricultural bionics: a monograph. – Simferopol: Antikva LLC, 2024. – 248 p.

2. Burchenko P. N. The mechanical and technological foundations of new-generation tillage machines: a monograph. – M.: 2002. – 212 p.

3. Vernyaev O. V. Active working bodies of cultivators. – M.: Mashinostroenie Publ., 1983. – 79 p.

4. Gordeev A. S., Ogorodnikov D. D., Yudaev I. V. Energy conservation in agriculture. – St. Petersburg: Lan Publ., 2014. – 400 p.

5. Zalensky V. A., Yarotsky Ya. U. Tillage and fertility. – Minsk: Belarus, 2004. – 542 p.

6. Kushnarev A. S., Kochev V. I. The mechanical and technological foundations of tillage. – M.: Urozhay, 1989. – 144 p.

7. Litinetsky I. B. Bionics. – M.: Prosveshchenie Publ., 1976. – 336 p.

8. Lobachevsky Ya. P. The current state and development trends of tillage machines. – M.: Rosinformagrotech, 2005. – 116 p.

9. Pastukhov A. G., Bakharev D. N. Bionics as the basis for the formation of innovative technical solutions in agricultural production // Actual problems

Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Булавина Станислава Антоновича. – Майский, 2025. – С. 96-97.

10. Шовкопляс А. В. Повышение эффективности работы стрелчатых лап культиваторов путем модификации их конструктивного исполнения // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. Научно-теоретический журнал. – Воронеж, 2025. – №4. – С. 236-241.

of agroengineering in the XXI century. Materials of the national scientific and practical conference with international participation dedicated to the memory of Stanislav Antonovich Bulavin, Doctor of Technical Sciences. – Maysky, 2025. – pp. 96-97.

10. Shovkoplyas A.V. Improving the efficiency of the pointed paws of cultivators by modifying their design // Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products. Scientific and theoretical journal. – Voronezh, 2025. – № 4. – pp. 236-241

Сведения об авторах:

Шовкопляс Александр Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис в АПК» ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова», e-mail: silkdance@yandex.ru, 291008, Луганская Народная Республика, г.о. Луганск, г. Луганск, квартал Аграрный, д. 1.

Information about the authors:

Shovkoplyas Alexander Viktorovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service in Agriculture, FSBEI HE «K.E. Voroshilov Lugansk State Agrarian University named after », e-mail: silkdance@yandex.ru, 291008, Lugansk People's Republic, Lugansk, Agrarian quarter, 1.

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 619:616-008.9:636.1

**ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ
КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ЛОШАДИНОГО
МЕТАБОЛИЧЕСКОГО
СИНДРОМА****EVALUATION
OF THE RESULTS
OF CLINICAL AND
LABORATORY STUDIES OF
EQUINE METABOLIC****Кувда Е.Н.**, кандидат ветеринарных наук;**Решетова А.Р.**, обучающийся

Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского».

Kuevda E.N., Candidate of Veterinary Sciences;**Reshetova A.R.**, a student at the Agrotechnological Academy Institute FGAOU VO "KFU named after V.I.Vernadsky".

В статье представлены результаты исследований этиологии, клинического проявления и биохимических изменений крови лошадей с проявлением метаболического синдрома. Выполненный ряд диагностических исследований больных животных установил наличие изменения массы тела животного, признаки нарушения опорно-двигательного аппарата. Изменения лабораторных показателей сопровождалось относительным лейкоцитозом (увеличение уровня лимфоцитов и моноцитов), увеличением уровня инсулина и уровня ферментов печени. Комплексный диагностический подход позволил провести полноценную дифференциацию патологии.

Ключевые слова: метаболический синдром, хромота, ламинит, инсулинорезистентность, ожирение.

The article presents the results of studies on the etiology, clinical manifestation and biochemical changes in the blood of horses with the manifestation of metabolic syndrome. A number of diagnostic studies of sick animals have established the presence of changes in the animal's body weight, signs of a violation of the musculoskeletal system. Changes in laboratory parameters were accompanied by relative leukocytosis (increased levels of lymphocytes and monocytes), increased levels of insulin and liver enzymes. An integrated diagnostic approach allowed for a full-fledged differentiation of pathology.

Key words: metabolic syndrome, lameness, laminitis, insulin resistance, obesity.

Введение. Метаболический синдром лошадей (МСЛ, лошадиный метаболический синдром; англ. Equine Metabolic Syndrome, EMS) – клинический синдром,

представляющий совокупность взаимосвязанных патологических процессов, приводящих к развитию ожирения, инсулинорезистентности и ламинита. В основе возникновения патологии лежит нарушение кормления и содержания лошадей, в тоже время, имеется и ряд предрасполагающих факторов возникновения болезни – возраст, пол и определённая порода лошадей: животные старше 10 лет, очень часто мерины, лошади тяжеловозных пород, андалузских, уэльских, шетлендские пони. Совокупность нескольких указанных факторов значительно повышает вероятность возникновения патологии [1]. Центральным звеном развития патологии является инсулинорезистентность, при которой на циркулирующий инсулин снижен ответ тканей, что приводит к развитию гипергликемии (иногда субклинической) и липолиза. Также, ключевыми звеньями развития являются ожирение и ламинит. В первом случае происходит накопление избыточной жировой массы, особенно в виде локальных отложений (гребень шеи, основание хвоста), при этом жировая ткань, особенно висцеральная, имеет высокую метаболическую активность и выделяет адипокины, усугубляющие инсулинорезистентность и формирующие хроническое системное воспаление. Сформировавшаяся инсулинорезистентность и гиперинсулинемия приводят к развитию ламинита у лошадей с EMS – происходит сужение капилляров в ламинах копыта, нарушается кровоток, формируется ишемия, воспаление, дегенерации и отслоению ламинарной дермы [1, 2].

Таким образом, основные клинические проявления патологии включают ожирение, инсулинорезистентность и ламинит. Также наблюдают одышку, нарушения сердечно-сосудистой системы (ХЗСН, гипертония, атеросклероз), деформация суставов, артрозы, артриты, бесплодие. Самыми часто наблюдаемыми будут изменения в области копыт – хромота, болезненность, пульсация пальцевых артерий, повышение местной температуры, «ежовый» роговой башмак (хронический ламинит), а в тяжелых случаях – прободение подошвы копыта [3]. В целом, клиническая картина зависит от продолжительности болезни. Поэтому важно в проведении диагностических мероприятий выполнить комплексный подход – анализ анамнестических данных, полноценности и сбалансированности рациона, анализ клинической картины, гематологическое и биохимическое исследование крови, рентгенография пораженных копыт и функциональные пробы. На ранних этапах хромота выражена слабо, на поздних стадиях ламинита возможно прободение подошвы копыта и ходьба без опоры, изменения объёмов жировых отложений также имеют стадийность и требуют морфометрических замеров. Эндокринная и метаболическая панель включают определение концентрации глюкозы натощак, инсулина (уровень, как правило, повышен), лептина (контрольный диапазон; <4 нг/мл) и триглицеридов (>27 мг%), GGT, ALT, AST, ALP. При гематологическом исследовании крови характерные изменения не формируются.

Рентгенография дистальных отделов пораженных конечностей позволяет определить ротацию копытной кости, смещение костных структур, лизис (при хроническом воспалении), рассчитать пальмарный угол (стадийность ламинита), оценить расширение питательных отверстий копытной кости (застойные

явления периферического кровообращения) [4,5].

При выполнении диагностики требуется исключить ряд патологий, имеющих схожую клиническую картину – синдром Кушинга (определение концентрации АКТГ или постановка МДП), гипотиреоз (определение концентрации гормонов щитовидной железы – общий Т3 и Т4).

В целом, данная проблема у лошадей сложна и актуальна – ранняя диагностика затруднительна из-за сочетания клинических признаков, присущих нескольким патологиям, что может привести к формированию осложнений и выбору неверной стратегии лечения. Значительный экономический ущерб подчеркивает клиническую значимость и подходы в диагностике и лечении патологии [5].

Материал и методы исследований. Работа была выполнена на базе частного хозяйства Ленинского района Республики Крым. Объектом исследования были десять лошадей 12-16 лет, поступавшие с предварительным диагнозом «ламинит». При выполнении работы использовали клинические, лабораторные и статистические методы. Клиническое обследование выполняли по общепринятой схеме: регистрация, сбор анамнеза, клиническое обследование, применение дополнительных и специальных методов исследования. Для оценки общих и специальных показателей отобрали кровь, выполнили тестовые определения, ортопедический осмотр, применили рентгенографию (аппарат Fire CR+).

Результаты и обсуждение. При клиническом обследовании поступавших животных определили преобладающие нарушения – ожирение (BCS 6 из 9), при этом жировые отложения имели региональность – основные увеличения подкожно-жировой клетчатки отмечали в области шеи (тучный гребень) и крестца. Животные увеличивали массу тела при отсутствии изменений в рационе. У трёх лошадей отмечалась хромота на одну конечность и у пяти лошадей на две сразу (преимущественно грудные). Кроме того, на копытах присутствовал характерный рисунок в виде колец, имелись трещины до 6 мм. Все заболевшие животные были подвержены плановым профилактическим обработкам и у всех лошадей периодически (раз в месяц) выполняли расчистку копыт. Содержание всех лошадей было схожее – конюшенно-пастбищное, с оптимальными санитарными условиями.

Анализ частоты наблюдаемых симптомов представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. Основные клинические признаки лошадиного метаболического синдрома

По данным рисунка 1 следует, что основное проявление патологии сопровождалось хромотой (100%), ожирением (100%) и поражением копытного башмака (85%). Отложения избыточной жировой массы характерно представлены у мерина Адамса (рис.2) в области шеи (тучный гребень) и в области крестца.



Рисунок 2. Мерин Адамс – изменения контуров шеи и крестца.

При ортопедическом осмотре лошадей у трёх животных (30%) установлена положительная проба копытными щипцам на одну конечность (с первоначальной жалобой на хромоту), у семи лошадей (70%) – на обе грудные конечности. Выполнение прогонки рысью по прямой линии (твёрдый и мягкий грунт) у всех животных (100%) было без болевой реакции. При выполнении рыси по кругу на корде отклонений не установили, у всех животных симметрия корпуса сохранялась, при пальпации корпуса/спины патологии не выявлены. Таким образом, признаков острого процесса не установлено.

Рентгенография дистальных отделов грудных конечностей позволила установить признаки ламинита у всех (100%) животных (рисунок 3,4).

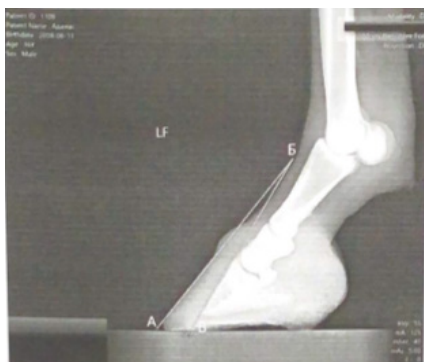


Рисунок 3. Левая грудная конечность, ламинит 1 стадии (АБВ – пальмарный угол 7,9 градусов)



Рисунок 4. Правая грудная конечность, ламинит 1 стадии (АБВ – пальмарный угол 7,0 градусов), стрелкой отмечен кальцификат

При оценке гематологических показателей у всех животных (100%) установили относительный лейкоцитоз (лимфоцитоз и моноцитопения), что можно соотносить с воспалительным регионарным процессом в ламинарном слое копыта.

Результаты биохимического исследования сыворотки крови представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты биохимического исследования крови лошадей, $M \pm m$, $n=10$

Показатели	$M \pm m$	Норма	Отклонения от нормы, %	
			больше	меньше
ALT, Ед/л	$332,3 \pm 1,1$	130-300	10	10
ALP, Ед/л	$246,2 \pm 2,5$	70-200	13	11
Инсулин, мк Ед/мл	$91,1 \pm 0,5$	8-45	100	0
T_3 общий, нмоль/л	$2,32 \pm 0,5$	1,13-4,04	0	10
T_4 общий, нмоль/л	$25,7 \pm 0,7$	20,97-57,42	0	10
АКТГ, пг/мл	$35,6 \pm 2,2$	27,2-43,1	0	10

По результатам таблицы 1 следует, что у всех животных отмечались изменения в отношении печёночных ферментов: у 10 % животных повышен уровень ALT ($332,3 \pm 1,1$ Ед/л) и у 10% повышен уровень ALP ($216,2 \pm 2,5$ Ед/л), что может подтверждать метаболические нарушения. В тоже время, аналогичные изменения (по 10%) в отношении уровня каждого фермента можно соотносить с возрастными изменениями животных. Гиперинсулинемия отмечалась у всех животных (100%), что сформировало инсулинорезистентность и является подтверждением развития EMS у лошадей. Показатели уровня АКТГ (снижен у 10%) и гормонов щитовидной железы (снижены на 10% каждый) позволяют исключить наличие у лошадей синдрома Кушинга (PPID) и первичный гипотиреоз.

При анализе полученных данных учитывали, что лошадям проводится систематическая расчистка и обрезка копыт, дегельминтизация, кроме того, из данных анамнеза следует, что за последние полгода травм не отмечали.

Анализ рациона у всех животных отмечали избыток углеводистых кормов и превышение количества обменной энергии в среднем на 3,7 Мдж.

Таким образом, полученные клинические данные необходимо учитывать при формировании стратегии лечения лошадей, применять сбалансированные рационы по углеводистым кормам, особенно в отношении возрастных животных, вводить специальные добавки. Основываясь на данных ортопедического и рентгенологического исследования необходимо корректировать положение копытной кости путём регулярного укорочения и сглаживания зацепной части. При разработке медикаментозного блока лечебных мероприятий следует учитывать ремиссию и подконтрольно её поддерживать [6].

Выводы. Метаболический синдром лошадей является сложной сочетанной патологией с проявлением взаимосвязанных патологических процессов, приводящих к развитию ожирения, инсулинорезистентности и ламинита. Для

эффективного терапевтического подхода необходимо учитывать анамнестические данные и результаты клинико-лабораторного исследования, особенно при выполнении дифференциальной диагностики. При организации содержания лошадей также следует учитывать, что, имеется ряд предрасполагающих факторов возникновения болезни – возраст, пол и определённая порода лошадей: животные старше 10 лет, очень часто мерин, лошади тяжеловозных пород, андалузских, уэльских, шетлендские пони. Совокупность нескольких указанных факторов значительно повышает вероятность возникновения патологии. Содержание возрастных животных должно быть обеспечено глубоким и качественным контролем их содержания, кормления и общего состояния.

Список использованных источников.

1. Парсиев, Р. Б. Метаболический синдром у лошадей / Р. Б. Парсиев // Научное обеспечение сельского хозяйства горных и предгорных территорий: Материалы V Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Владикавказ, 22 ноября 2024 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2024. – С. 134-135.

2. Egorova, V. E. Metabolic dysfunction syndrome in horses / V. E. Egorova, S. V. Kozyulina // 10-14 ноября 2025 года, 2025. – P. 181-182.

3. Шараскина, О. Г. Приемы диетического кормления для поддержания работоспособности спортивных лошадей при метаболическом синдроме / О. Г. Шараскина // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУВМ, Санкт-Петербург, 30 января – 03. 2023 года / Племяшов К. В. (отв. редактор), А. А. Сухинин (редактор), Г. С. Никитин (редактор). – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2023. – С. 95-97.

4. Федотова, А. С. Метаболиче-

References:

1. Parsiev, R. B. Metabolic syndrome in horses / R. B. Parsiev // Scientific support of agriculture in mountainous and foothill territories: Proceedings of the V All-Russian Student Scientific and Practical Conference, Vladikavkaz, November 22, 2024. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2024. P. 134-135.

2. . Egorova, V. E. Metabolic dysfunction syndrome in horses / V. E. Egorova, S. V. Kozyulina // November 10-14, 2025, 2025. – P. 181-182.

3. . Sharaskina, O. G. Dietary feeding techniques for maintaining the performance of sports horses with metabolic syndrome / O. G. Sharaskina // Proceedings of the national scientific conference of faculty, researchers and graduate students of St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, January 30 – 03. 2023 / Plemyashov K. V. (editor), A. A. Sukhinin (editor), G. S. Nikitin (editor). Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2023, P. 95-97.

4. Fedotova, A. S. Metabolic syndrome as a cause of laminitis in horses / A. S. Fedotova, A. A. Semenikhina // KrasGAU Bulletin. – 2020. – № 6(159).

ский синдром как причина развития ламинита у лошадей / А. С. Федотова, А. А. Семенихина // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 6(159). – С. 160-164.

5. Кугелев, И. М. Метаболический синдром, болезнь Кушинга, ламинит. Дифференциальная диагностика / И. М. Кугелев, М. И. Абраменко // Аграрная наука и инновационное развитие АПК: состояние, проблемы и перспективы: Сборник материалов II международной научной конференции, Смоленск, 24 апреля 2025 года. – Смоленск: Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, 2025. – С. 79-82.

6. Болезни лошадей. Современные методы лечения. Эдвард Робинсон, Матильда Уилсон, 2007. – С. 844-877.

– P. 160-164.

5. Kugelev, I. M. Metabolic syndrome, Cushing's disease, laminitis. Differential diagnosis / I. M. Kugelev, M. I. Abramenko // Agricultural science and innovative development of agriculture: state, problems and prospects: Proceedings of the II International Scientific Conference, Smolensk, April 24, 2025. Smolensk: Smolensk State Agricultural Academy, 2025. – P. 79-82.

6. Diseases of horses. Modern methods of treatment. Edward Robinson, Matilda Wilson, 2007. – P. 844-877.

Сведения об авторах:

Кувда Екатерина Николаевна – кандидат ветеринарных наук, 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».

Решетова Айше Рустемовна – обучающаяся 5 курса направления специальности 36.05.01, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: therapy-catu@yandex.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

Information about the authors:

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.

Reshetova Ayshe Rustemovna is a 5th-year student of specialty 36.05.01, Institute of "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V.I. Vernadsky", e-mail: therapy-catu@yandex.ru, 295492, village of Agrarnoye, Institute of "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V.I.Vernadsky".

УДК 619:616.366-003.7: 636.7

**ЭТИОЛОГИЯ И ДИАГНОСТИКА
ХОЛЕЛИТИАЗА У СОБАК****ETIOLOGY AND DIAGNOSIS OF
CHOLELITHIASIS IN DOGS**

Лизогуб М.Л.,¹ кандидат биологических наук, доцент,

Собещанская Е. М., ветеринарный врач-патоморфолог «Крымского ветеринарного центра 24 часа»

Ксенофонтова Е.С.¹ обучающаяся факультета ветеринарной медицины

¹ Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского».

Lizogub M. L., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, ,

Sobeshchanskaya E.M., veterinary pathologist of the clinic "Crimean Veterinary Center 24 hours" Simferopol

Ksenofontova E.S. student at the Faculty of Veterinary Medicine

¹ Institute "Agrotechnological Academy" of the FSAEI HE "KFU named after V.I. Vernadsky".

В статье рассмотрены вопросы этиологии, клинических проявлений, и гематологических изменений крови собак с желчнокаменной болезнью. Желчнокаменная болезнь собак характеризуется многофакторной этиологией. Формированию холестериновых камней способствуют нарушения состава желчи, образование агрегатов холестерина и дисфункция желчного пузыря. Риск образования желчных камней у собак увеличивается с возрастом. Способствуют развитию желчнокаменной болезни ожирение, гемолитические состояния, аномалии развития, паразитарные заболевания желчных путей, порода собак и др. В процессе клинических исследований больных животных установили следующие признаки желчнокаменной болезни: нерегулярная, периодически повторяющаяся рвота, потеря аппетита, вялость, боли в животе, желтуха, лихорадка, диарея, потеря веса, полиурия/полидипсия, алопеции. Морфологические показатели крови боль-

The article discusses the etiology, clinical manifestations, and hematological changes in the blood of dogs with cholelithiasis. Gallstone disease in dogs is characterized by a multifactorial etiology. The formation of cholesterol stones is facilitated by violations of the composition of bile, the formation of cholesterol aggregates and gallbladder dysfunction. The risk of gallstones in dogs increases with age. Obesity, hemolytic conditions, developmental abnormalities, parasitic diseases of the biliary tract, dog breed, etc. contribute to the development of cholelithiasis. In the course of clinical studies of sick animals, the following signs of cholelithiasis were found: irregular, recurrent vomiting, loss of appetite, lethargy, abdominal pain, jaundice, fever, diarrhea, weight loss, polyuria/polydipsia, alopecia. Morphological parameters of the blood of sick animals indicated the presence of lymphocytosis, an increase in the number of immature forms of neutrophils was

ных животных указывали на наличие лимфоцитоза, отмечалось увеличение количества незрелых форм нейтрофилов, с легким регенераторным сдвигом лейкоформулы влево, и единичными токсическими изменениями в виде базофилии цитоплазмы. Биохимические исследования установили повышенную активность ALT, GGTP, ALKP, концентрацию TBIL и CHOL

Ключевые слова: холелитиаз, собаки, клинические и биохимические показатели, плазма крови.

noted, with a slight regenerative shift of the leukoformula to the left, and single toxic changes in the form of cytoplasmic basophilia. Biochemical studies have established increased activity of ALT, GGTP, ALKP, increased concentrations of TBIL and CHOL

Key words: cholelithiasis, dogs, clinical and biochemical parameters, blood plasma.

Введение. В последнее время в практике ветеринарных клиник у собак достаточно часто диагностируют острые функциональные нарушения печени, причиной которых служит воспаление желчного пузыря, инициированное образованием желчных камней [1,2].

Проведенный анализ данных литературных источников свидетельствует о том, что частота заболеваний желчного пузыря у собак, включая билиарный осадок, мукоцеле желчного пузыря и камни в желчном пузыре, возросла, что в большинстве случаев представляет угрозу для их жизни. Среди перечисленных патологий мукоцеле желчного пузыря и желчнокаменная болезнь считаются наиболее распространенными и важными внепеченочными заболеваниями желчевыводящих путей у собак которые могут сопровождаться обструкцией или разрывом желчного пузыря и, как следствие развитием желчного перитонита [3,4].

Существует два основных вида желчных камней: холестериновые и пигментные. Формированию холестериновых камней способствуют нарушения состава желчи, образование агрегатов холестерина и дисфункция желчного пузыря. Пигментные камни, состоящие в основном из билирубината кальция, образуются из лецитинов желчи под действием бактериальных фосфолипаз. Риск образования желчных камней у собак с возрастом увеличивается. Этому способствуют ожирение, применение эстрогенов, гемолитические состояния, аномалии развития, паразитарные заболевания желчных путей и др [5].

Точная этиология этих состояний остается малоизученной, хотя в качестве потенциальных факторов были предложены различные факторы, такие как эндокринопатии, дислипидемия и нарушение перистальтики желчного пузыря. Хотя желчнокаменная болезнь, билиарный сладж и мукоцеле желчного пузыря могут иметь общие причины для своего формирования, каждое из этих состояний может иметь уникальную и, возможно, многофакторную этиологию [6].

Факторы питания, состав рациона, диета играют определенную роль в этиологии и патогенезе желчнокаменной болезни у собак. Диета с высоким содер-

жанием жиров и холестерина приводит к тому, что изменяется состав желчных кислот в желчном пузыре и желчь становится более цитотоксичной. Это вызывает снижение моторики желчного пузыря, замедление его опорожнения и застой желчи. Повышенная концентрация холестерина в желчи и плазме изменяет кислотный состав желчных кислот в желчном пузыре и снижает его чувствительность к холецистокинину. Выявлена связь между гиперлипидемией и некоторыми эндокринопатиями, связанными с более высокой частотой желчнокаменной болезни у собак, причем гипертриглицеридемия в первую очередь является фактором риска развития желчнокаменной болезни. Введение в рацион омега-3 жирных кислот вызывает снижение уровня триглицеридов и холестерина в сыворотке крови и может оказаться полезным в профилактике желчнокаменной болезни у собак. Поэтому диета с высоким содержанием жиров и холестерина может усугубить заболевания желчного пузыря, в то время как диеты с низким содержанием жиров и холестерина, богатые клетчаткой и омега-3 пищевыми добавками предотвращают эти заболевания и помогают успешно справиться с ними при лечении [7-9].

Известное влияние на метаболизм желчного пузыря оказывает потребление белков с кормом. Секреция гормонов, связанных с перистальтикой желудочно-кишечного тракта и сокращением его гладкой мускулатуры, изменяется в зависимости от содержания и аминокислотного состава белка в рационе, что увеличивает выделение желчи после употребления собаками мясных продуктов. При этом аминокислота триптофан, стимулирует выделение желчи, являясь опосредованным активатором образования желчных камней, а аминокислота метионин, в отличие от триптофана влияет на метаболизм желчного пузыря наоборот. В результате дефицит метионина стимулирует образование камней в желчном пузыре путем изменения содержания и состава желчных кислот: снижая концентрацию муцина и кальция в желчи у собак, и повышая концентрацию таурина как в желчи так и в печени. “Защитный эффект” по отношению к желчному пузырю со стороны метионина обусловлен его участием в реакциях нейтрализации свободных радикалов, модулированием нервной и мышечной возбудимости и высвобождения гормонов, контролем поступления кальция в клеточные мембраны и его функцией в качестве предшественника для синтеза гомоцистеина, глутатиона и S-аденозилметионина (SAMe). Последние соединения действуют как антиоксиданты печени в реакциях метилирования и транссульфурации, что объясняет их назначение при лечении заболеваний печени, включая желчнокаменную болезнь [10,11].

Таким образом, метионин может подавлять изменения в желчном пузыре, такие как утолщение и застой желчевыводящих путей, вызванные токсичностью, и поддерживать резорбцию и секрецию соединений в желчном пузыре. Так как метионин является лимитирующей аминокислотой в процессе составления рациона для животных, то его дефицит, часто наблюдаемый при кормлении животных так называемым домашним рационом, способствует возникно-

вению заболеваний желчного пузыря у собак [12].

Ионы кальция выполняют важную роль в комплексообразовании желчных кислот, поэтому при перенасыщении желчи солями кальция и/или холестерина создаются условия для очагов кристаллизации этих комплексов и образования холелитов [13].

Важным фактором в этиологии заболевания является соблюдение режима кормления животных. Регулярные, частые приемы полноценного корма без длительных перерывов и голодания, с достаточным содержанием витаминов и белков, особенно метионина и триптофана, а также умеренным содержанием жиров и холестерина имеют решающее значение для поддержания здоровья желчного пузыря у собак, поскольку это стимулирует отток желчи и предотвращает ее концентрирование и сгущение, тем самым снижая риск заболеваний желчного пузыря, таких как мукоцеле и желчнокаменная болезнь [10, 11].

К предрасполагающим факторам желчнокаменной болезни относят наличие патологии (стеноз, опухоль, спайка, атрофия, дискинезия, гипертрофия и др.) желчных путей или желчного пузыря, приводящая к застою желчи (холестазу) как в печени, так и в желчном пузыре. Попадание в застоявшуюся желчь микроорганизмов или трематод создаёт наиболее благоприятные условия для холелитиаза, т.к. при этом к застоявшейся желчи добавляется слизь и погибшие эпителиальные клетки. Факторами риска камнеобразования также считаются ожирение, гемолитические анемии, недостаточный моцион, породную предрасположенность, и др. [4, 8].

Клинические симптомы болезни могут быть очень разнообразными: периодическая рвота с невысокой регулярностью, анорексия, вялость, постпрандиальная боль, желтуха (при обструкции), лихорадка, диарея, потеря в весе, полиурия/полидипсия, поредение волосяного покрова и др. [6].

Присутствие камней в желчных протоках ведёт к развитию механической (холестатической, обтурационной, подпечёчной) желтухи. При неполной обтурации может быть интермиттирующая желтуха, расширение лежащих выше отделов желчных путей и гипертрофия их стенок. Застой желчи распространяется и на внутripечёчные желчные протоки, при длительной обтурации развивается вторичный билиарный цирроз печени, холангит. Полная обтурация желчных протоков обуславливает развитие симптомокомплекса острой механической желтухи, для которой характерны холемический синдром и синдром ахолии [14].

Холемический синдром развивается из-за попадания на фоне холестаза (приводящего к повышению давления в вышележащих желчных путях, растяжению и увеличению проницаемости желчных капилляров или их разрыву) в системный кровоток основных компонентов желчи. Клиническими проявлениями холемии являются желтуха, анорексия, рвота, дегидратация, болезненность при пальпации правого подреберья (вследствие спазма гладкой мускулатуры желчного пузыря и желчных протоков), брадикардия и кожный зуд (из-за повышения уровня желчных кислот в крови) [15].

Прекращение поступления желчи в кишечник (синдром ахолии) приводит к обесцвечиванию каловых масс, стеаторее, дисбактериозу и кишечной аутоинтоксикации. На момент постановки диагноза собаки часто страдают от сопутствующих проблем, которые включают панкреатит, гиперлипидемию, избыток кортикостероидов, гипотиреоз, нефропатию с потерей белка, сахарный диабет, холестаз и нарушение моторики желчного пузыря. Холелитиаз может также протекать бессимптомно и тогда его случайно обнаруживают на рентгенограмме и УЗИ [13,16].

При общем биохимическом исследовании крови определяются высокие уровни общего билирубина, АЛТ, ЩФ, ГГТ и холестерина; при исследовании коагулограммы – снижение скорости свёртывания крови; возможен умеренный или выраженный лейкоцитоз (со сдвигом влево) и/или нерегенеративная анемия. При исследовании мочи может наблюдаться билирубинурия [15].

Биохимические исследования крови позволяют выявить скрыто протекающие патологические процессы, определить появление осложнений у больного животного, следить за эффективностью применяемого лечения. Поэтому исследования крови повышают качество дифференциальной диагностики в сочетании с показателями других методов исследования [15,17].

Материал и методы исследований. Целью работы было изучить наиболее информативные морфологические и биохимические показатели крови для диагностики желчнокаменной болезни у собак.

Исследования проводились в частной ветеринарной клиники «КВЦ24 часа» г. Симферополь. В качестве объекта исследования являлись больные собаки в количестве 12 голов, возрастом 6-10 лет с предварительным диагнозом желчнокаменная болезнь. Клинические исследования больных животных проводились по общепринятой схеме. Диагноз на желчнокаменную болезнь (холелитиаз) ставили на основании анамнеза, клинических признаков, гематологических и биохимических исследований крови собак. Всего было обследовано двенадцать больных животных.

При биохимическом анализе крови определяли активность ферментов: АЛТ (аланинаминотрансфераза), АСТ (аспартатаминотрансфераза), GGTP (гамма-глутаминтрансфераза), АЛКР (щелочная фосфатаза), количество АЛБ (альбумин), GLU (глюкоза), TBIL (общий билирубин), CREA (креатинин), Са (общий кальций), PHOS (фосфор неорганический), TRIG (триглицериды), CHOL (холестерин) при помощи биохимического анализатора FUJI DRI – CHEM NX5000i. Отбор образцов крови проводили в процессе клинического обследования, морфологические исследования проводили на автоматическом гематологическом анализаторе Element HT5. Для исключения или подтверждения вирусной этиологии отбирались материалы для исследования методом ПЦР.

Результаты и обсуждение. В процессе клинического обследования больных животных были установлены следующие клинические признаки: нерегулярная, периодически повторяющаяся рвота, потеря аппетита, у двух обследо-

ванных животных наблюдался полный отказ от корма, вялость, боли в животе, желтуха, лихорадка, диарея, потеря в весе, полиурия/полидипсия, нарушение волосяного покрова (алопеции) и др. У некоторых животных наблюдались признаки обезвоживания, что сопровождалось вялостью, апатией и слабостью, отсутствием реакции на внешние раздражители. Шерстный покров у ряда больных собак был истонченный, тусклый, взъерошенный, наблюдались асимметричные аллопеции на различных участках тела.

Клиническая симптоматика холелитиаза определялась в первую очередь степенью воздействия патологического фактора, длительностью течения заболевания и возрастом больных животных; у собак более старшего возраста клинические симптомы отличались ярко выраженной визуальностью и характеризовались тяжелым течением. Установленные симптомы холелитиаза у обследованных больных собак представлены на рисунке 1.

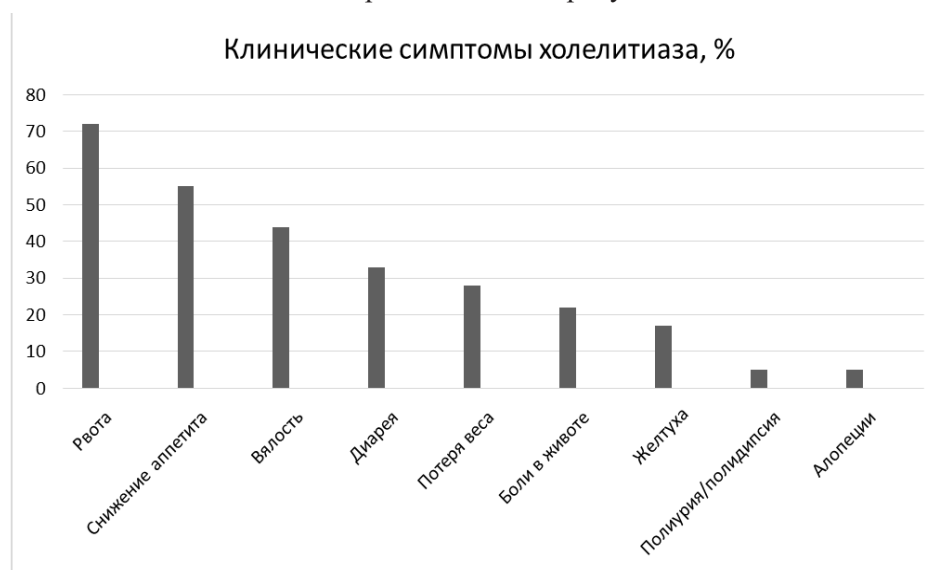


Рисунок 1. Установленные симптомы желчнокаменной болезни у собак

Из данных рисунка 1 следует, что рвота наблюдалась у большинства животных (72%), как основной и наиболее часто встречающийся клинический симптом при желчнокаменной болезни у собак. При этом рвота наблюдалась периодически, с различными временными интервалами, что указывает на раздражение рвотного центра в головном мозге вследствие накопления токсинов, которые обычно связываются с желчными кислотами и таким образом обезвреживаются.

Установленное снижение аппетита у 55% собак может быть связано с застоем желчи (холестазом). Нарушение оттока желчи, вследствие образования желчных камней, приводит к задержке различных токсинов, которые в норме связываются с желчными кислотами и выводятся из организма. Поэтому они могут всасываться в кровь, что нарушает работу печени и пищеварительной системы.

Это негативно сказывается на общем состоянии животного, вызывает дискомфорт, боль или другие симптомы, которые снижают аппетит и интерес к еде [16].

Застой желчи в печени и желчном пузыре, приводит к изменению её состава, усилению цитотоксичности и соответственно раздражению слизистой кишечника. Это сопровождается нарушением его функции и возникновением диареи, которая наблюдалась у 33% обследованных собак. Кроме того желчь является абсолютно необходимым фактором переваривания и усвоения липидов. При нарушении её оттока ухудшается эмульгирование липидов в кишечнике, транспорт их в организм, что сопровождается расстройством желудочно-кишечного тракта.

Обобщенные морфологические результаты исследования крови собак с установленным диагнозом желчнокаменная болезнь представлены в таблице 1.

Таблица 1. Морфологические показатели крови у собак с желчнокаменной болезнью, $M \pm m$, $n=12$

Показатели	Норма	$M \pm m$	Отклонения от норматива, %	
			положительные	отрицательные
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	15 - 38	$40 \pm 1,98$	20	0
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	5,2 - 8,4	$7,22 \pm 0,85$	0	0
Гемоглобин, г/л	110 - 190	$149,8 \pm 8,9$	0	0
Гематокрит, $10^{-1}/\text{л}$	0,39 - 0,56	$0,49 \pm 0,04$	0	0
Тромбоциты, $10^3/\text{л}$	117-460	$480 \pm 39,8$	15	0
Нейтрофилы миелоциты, $10^9/\text{л}$	0,00	0,00	0	0
Нейтрофилы метамиелоциты, $10^9/\text{л}$	0,00	$0,29 \pm 0,012$	2,1	0
Нейтрофилы палочкоядерные, $10^9/\text{л}$	2-7	$8,1 \pm 0,18$	31,2	0
Нейтрофилы сегментоядерные, $10^9/\text{л}$	3,0-75	$58 \pm 4,30$	0	0
Эозинофилы, $10^9/\text{л}$	0,1-2,3	$0,87 \pm 0,11$	0	0
Базофилы, $10^9/\text{л}$	01 – 0,3	0,00	0	0
Моноциты, $10^9/\text{л}$	1 – 5	$4,8 \pm 0,12$	0	0
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	7,7 – 20	$24 \pm 0,89$	55,6	0

В результате проведенного общего анализа крови установлено, что количество эритроцитов, эозинофилов, базофилов, моноцитов, концентрация гемоглобина, а также гематокритная величина не отличаются от физиологических нормативов. Установлено умеренное повышение общего количества лейкоцитов, с легким регенераторным сдвигом лейкоформулы влево, и единичными токсическими изменениями в виде базофилии цитоплазмы. При этом отмечалось увеличением количества незрелых форм нейтрофилов (палочкоядерных, юных) на 31,2 % у исследованных животных. Полученные результаты

показателей белой крови свидетельствуют о наличии воспалительного процесса в желчном пузыре, инициированного образованием желчных камней. Аналогично, обнаруженный умеренный лимфоцитоз также указывает на развитие воспалительного процесса.

Тромбоцитоз который наблюдался у 15% больных собак характеризуется вторичным (реактивным) характером, развивающийся на фоне желчнокаменной болезни.

По результатам общеклинического и биохимического анализов крови можно выявить ряд изменений, неспецифичных для данной патологии, но тем не менее являющихся важными составляющими для формирования лечебно-диагностического подхода к конкретным пациентам поступившим в ветеринарную клинику. По общему анализу крови можно выявить воспалительную лейкограмму, тромбоцитопению или тромбоцитоз [13, 18,19].

Результаты исследования биохимических показателей крови собак, с установленным диагнозом желчнокаменная болезнь приведены в таблице 2.

Таблица 2. Биохимические показатели крови у собак, с собак с желчнокаменной болезнью, $M \pm m$, n=12.

Показатели	Норма	$M \pm m$	Отклонение, от нормы%	
			положительные	отрицательные
ALB, g/L	25 – 37	$33 \pm 2,81$	0	0
GLU, mmol/L	4,30 - 6,60	$6,4 \pm 0,85$	0	0
ALT, U/L	10 - 65	171 ± 12	68	0
AST, U/L	0 – 50	$40 \pm 3,10$	0	0
GGTP, U/L	1-6	$10 \pm 1,02$	100	0
ALKP, U/L	0 – 150	$182 \pm 21,41$	90	0
TBIL, $\mu\text{mol/L}$	0 - 1	$2,5 \pm 0,28$	47	0
CREA, $\mu\text{mol/L}$	34 – 125	$51 \pm 3,83$	0	0
Ca, mmol/L	2,25 - 2,70	$2,49 \pm 0,21$	0	0
PHOS, mmol/L	1,01 - 1,96	$1,07 \pm 0,05$	0	0
TRIG, mmol/L	0,22 - 1,25	$0,70 \pm 0,0025$	0	0
CHOL, mmol/L	2,0 – 4,2	$6,26 \pm 0,84$	56	0

Как следует из результатов биохимических исследований у собак с желчнокаменной болезнью установлено повышенную активность аланинаминотрансферазы (у 60 % животных), гаммаглутаминтрансферазы (100% животных), и щелочной фосфатазы (90 %). Обращает на себя внимание тот факт, что степень увеличения активности двух последних ферментов заметно выше, чем аланинаминотрансферазы. Такое изменение активности ферментов при холелитиазе является следствием застоя желчи в желчном пузыре (холестаз). Источником повышения гаммаглутаминтрансферазы и щелочной фосфатазы при данной патологии в сыворотке крови является печень, так как эти ферменты, локализуются на каналикулярной мембране гепатоцитов, обращенных в желчный капилляр [1,15,20].

По данным биохимических исследований установлено превышение уровня общего билирубина в сыворотке крови у 47 % больных собак. При этом средняя концентрация билирубина в сыворотке крови составляла $2,5 \pm 0,28 \mu\text{mol/L}$, что превышало референтное значение более чем в 2 раза. Камни в желчном пузыре или желчных протоках могут частично или полностью блокировать отток желчи, что вызывает застой желчи, повышение давления в вышележащих желчных путях, растяжение и увеличение проницаемости желчных капилляров или их разрыв. В результате компоненты желчи, включая билирубин, попадают в системный кровоток, повышая его концентрацию в крови.

Повышенный уровень холестерина в крови у 56% исследованных собак связан с изменениями кислотного состава желчных кислот в желчном пузыре при холелитиазе. При этом высокие концентрации холестерина в желчи вызывают гиподинамию желчного пузыря и создают благоприятную среду, позволяющую нормальным концентрациям гидрофобных желчных солей вызывать воспаление слизистой оболочки желчного пузыря и нарушать функцию мышц, препятствуя опорожнению желчного пузыря. Кроме того, высокий уровень холестерина в желчи и изменения в профиле желчных кислот могут быть связаны с нарушением чувствительности рецепторов к холецистокинину, что в свою очередь, может влиять на перистальтику желчного пузыря [21,22].

Выводы. Этиопатогенез желчнокаменной болезни является не до конца изученным и потенциально многофакторным процессом, включающим изменение состава желчных кислот, нарушение моторики желчного пузыря, генетические мутации, гормональные нарушения. К предрасполагающим факторам желчнокаменной болезни относят наличие патологии (стеноз, опухоль, спайка, атрофия, дискинезия, гипертрофия и др.) желчных путей или желчного пузыря, приводящая к застою желчи (холестазу) как в печени, так и в желчном пузыре. Попадание в застоявшуюся желчь микроорганизмов или трематод создаёт наиболее благоприятные условия для холелитиаза, т.к. при этом к застоявшейся желчи добавляется слизь и погибшие эпителиальные клетки. Факторами риска камнеобразования также считаются ожирение, гемолитические анемии, недостаточный рацион, породную предрасположенность, и др. Клинические симптомы неспецифичные, могут включать рвоту, анорексию, вялость, абдоминальную боль, лихорадку. При проведении общеклинического и биохимического анализов крови можно выявить ряд изменений, неспецифичных для данной патологии, но тем не менее являющихся важными составляющими для формирования лечебно-диагностического подхода к конкретному пациенту. По общему анализу крови можно выявить воспалительную лейкограмму, тромбоцитопению или тромбоцитоз. По биохимическому анализу крови часто регистрируется повышение уровней трансаминаз, щелочной фосфатазы, гамма-глутамилтрансферазы, холестерина и билирубина.

Список использованных источников:

1. Костылев В. А. Изменения параметров крови в пред- и постоперационные периоды лечения холелитиаза у собак. // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – № 42-2. – С. 99-101.
2. Барр Ф. Ультразвуковая диагностика заболеваний собак и кошек. / Пер. с англ. З. Зарифова. – М.: ООО "Аквариум-Принт", 2006. 208 с.
3. Youn G. Outcome of elective cholecystectomy for the treatment of gallbladder disease in dogs. / Youn G., Waschak M.J., Kunkel KAR., Gerard PD. et al. // J Am Vet Med Assoc. 2018 Apr 15; 252(8):970-975.
4. Viljoen A.D. Anicteric Gallbladder Rupture with Elevated Bile Acids in Abdominal Effusion in a Dog with Cholecystitis. / Mireia P., Emilie F., Paola M. et al. // J Am Anim Hosp Assoc, 2022.
5. Intrahepatic Cholelithiasis in Dogs and Cats: A Case Series. / Kanemoto H., Fukushima K., Tsujimoto H. et al. // Can. Vet. J. 2017;58:971–973.
6. Viljoen A.D. Clinical Characteristics and Histology of Cholecystectomised Dogs with Nongravity-dependent Biliary Sludge: 16 Cases (2014–2019). / Viljoen A.D., Tamborini A., Watson P.J. et al. // J. Small Anim. Pract. 2021; 62: 478–488.
7. Xenoulis P.G. The Association between Hyperlipidemia and Gall Bladder Mucocoeles in Dogs. / Vet. J. 2014; 200:353–362.
8. Макинтайр Д. Скорая помощь и интенсивная терапия мелких домашних животных / Д. Макинтайр, К. Дробац, С. Хаскингз. - Пер. с англ. Лисициной Т. В. - М.: "Аквариум", 2018. - 560 с.
9. Shinya Mizutani. Retrospective

References:

1. Kostylev V. A. Changes in blood parameters in the pre- and postoperative periods of cholelithiasis treatment in dogs. // Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. - 2018. – No. 42-2. – pp. 99-101.
2. Barr F. Ultrasound diagnostics of diseases of dogs and cats. / Translated from English by Z. Zarifova, Moscow: Aquarium-Print LLC, 2006. 208 p.
3. Youn G. Outcome of elective cholecystectomy for the treatment of gallbladder disease in dogs. / Youn G., Waschak M.J., Kunkel KAR., Gerard PD. et al. // J Am Vet Med Assoc. 2018 Apr 15; 252(8):970-975.
4. Viljoen A.D. Anicteric Gallbladder Rupture with Elevated Bile Acids in Abdominal Effusion in a Dog with Cholecystitis. / Mireia P., Emilie F., Paola M. et al. // J Am Anim Hosp Assoc, 2022.
5. Intrahepatic Cholelithiasis in Dogs and Cats: A Case Series. / Kanemoto H., Fukushima K., Tsujimoto H. et al. // Can. Vet. J. 2017;58:971–973.
6. Viljoen A.D. Clinical Characteristics and Histology of Cholecystectomised Dogs with Nongravity-dependent Biliary Sludge: 16 Cases (2014–2019). / Viljoen A.D., Tamborini A., Watson P.J. et al. // J. Small Anim. Pract. 2021; 62: 478–488.
7. Xenoulis P.G. The Association between Hyperlipidemia and Gall Bladder Mucocoeles in Dogs. / Vet. J. 2014; 200:353-362.
8. McIntyre D. First aid and intensive care for small pets / D. McIntyre, K. Drobats, S. Huskings. - Translated from English. Lisitsina T. V., Moscow:

- analysis of canine gallbladder contents in biliary sludge and gallbladder mucocoeles. / Shinya Mizutani, Shidow Torisu, Yasuyuki Kaneko et al. // J Vet Med Sci, 79(2): 366–374, Feb 2017.
10. Teixeira FA, Aicher KM, Duarte R. Nutritional Factors Related to Canine Gallbladder Diseases-A Scoping Review. / Vet Sci. 2024 Dec 28; 12(1):5
11. Center S.A. Diseases of the Gallbladder and Biliary Tree. / Vet. Clin. Small Anim. Pract. 2009; 39:543–598.
12. Smalle TM. Gallbladder mucocoele: A review. / Smalle TM, Cahalane AK, Köster LS. // J S Afr Vet Assoc. 2015 Dec 9; 86(1):1318. English.
13. Куприянчук О. С. Мукоцеле желчного пузыря. Клинический случай мигрирующего мукоцеле желчного пузыря у собаки. / Научно-практический журнал. ВЕТЕРИНАРНЫЙ ПЕТЕРБУРГ - 2024 - № 1 - С. 38-43.
14. Митрушкин Д. Е. Желчнокаменная болезнь у собак и кошек. / Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. – 2009. – № 3. – С. 34-38.
15. Allan F. Clinical features and outcomes in 38 dogs with cholelithiasis receiving conservative or surgical management. / Allan F, Watson P.J, McCallum K.E. // J Vet Intern Med. 2021 Nov; 35(6):2730-2742.
16. Negasee KA. Hepatic diseases in canine and feline: A review. / Vet Med Open J. 2021; 6(1): 22-31.
17. Эль-Себай, А. М. Циркуляционная гепатоцитная производная микро-РНК как диагностический биомаркер желчнокаменной болезни у собак. / А. М. Эль-Себай, П. Н. Абрамов // Ветеринарный врач. – 2020. – № 2. – С. 64-73
- Aquarium, 2018, 560 p.
9. Shinya Mizutani. Retrospective analysis of canine gallbladder contents in biliary sludge and gallbladder mucocoeles. / Shinya Mizutani, Shidow Torisu, Yasuyuki Kaneko et al. // J Vet Med Sci, 79(2): 366–374, Feb 2017.
10. Teixeira FA, Aicher KM, Duarte R. Nutritional Factors Related to Canine Gallbladder Diseases-A Scoping Review. / Vet Sci. 2024 Dec 28; 12(1):5
11. Center S.A. Diseases of the Gallbladder and Biliary Tree. / Vet. Clin. Small Anim. Pract. 2009; 39:543–598.
12. Smalle TM. Gallbladder mucocoele: A review. / Smalle TM, Cahalane AK, Köster LS. // J S Afr Vet Assoc. 2015 Dec 9; 86(1):1318. English.
13. Kupriyanchuk O. S. Mucocoele of the gallbladder. A clinical case of migrating gallbladder mucocoele in a dog. / Scientific and practical journal. VETERINARY PETERSBURG - 2024 - No. 1 - PP. 38-43.
14. Mitrushkin D. E. Cholelithiasis in dogs and cats. / Russian Veterinary Journal. Small domestic and wild animals. – 2009. – No. 3. – pp. 34-38.
15. Allan F. Clinical features and outcomes in 38 dogs with cholelithiasis receiving conservative or surgical management. / Allan F, Watson P.J, McCallum K.E. // J Vet Intern Med. 2021 Nov; 35(6):2730-2742.
16. Negasee KA. Hepatic diseases in canine and feline: A review. / Vet Med Open J. 2021; 6(1): 22-31.
17. El-Sebay, A.M. Circulating hepatocyte derivative of MICRORNA as a diagnostic biomarker of gallstone disease in dogs. / A.M. El-Sebay, P. N. Abramov // Veterinarian. – 2020. – No. 2. – pp. 64-73

18. Jared A. Ultrasonographic patterns, clinical findings, and prognostic variables in dogs from Asia with gallbladder mucocele. / Jared A. Jaffey, Rachael Kreisler, Kate Shumway, Yan-Jane Lee et al., // J Vet Intern Med, 36(2): 565–575, Mar 2022.

19. Kassandra W. Dogs with biliary rupture based on ultrasound findings may have normal total serum bilirubin values. / Kassandra Wilson, Danielle Powers, Britton Grasperge et al. First published: 19 December, 2020.

20. / Ма О. Дж. Ультразвуковое исследование в неотложной медицине. / О. Дж. Ма, Дж. Р. Маттиэр; // пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 390 с.

21. Behar J. Roles of Cholesterol and Bile Salts in the Pathogenesis of Gallbladder Hypomotility and Inflammation: Cholecystitis Is Not Caused by Cystic Duct Obstruction. / Behar J., Mawe G., Carey M. // Neurogastroenterol. Motil. 2013; 25:283–290.

22. Kakimoto T. Effect of a High-Fat–High-Cholesterol Diet on Gallbladder Bile Acid Composition and Gallbladder Motility in Dogs. / Kakimoto T., Kanemoto H., Fukushima K., et al. // J. Vet. Res. 2017;78:1406–1413

18. Jared A. Ultrasonographic patterns, clinical findings, and prognostic variables in dogs from Asia with gallbladder mucocele. / Jared A. Jaffey, Rachael Kreisler, Kate Shumway, Yan-Jane Lee et al., // J Vet Intern Med, 36(2): 565–575, Mar 2022.

19. Kassandra W. Dogs with biliary rupture based on ultrasound findings may have normal total serum bilirubin values. / Kassandra Wilson, Danielle Powers, Britton Grasperge et al. First published: December 19, 2020.

20. / Ма О. Дж. Ultrasound examination in emergency medicine. / О. Дж. Ма, Дж. Р. Маттиэр; // translated from English – М.: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2007. 390 p.

21. Behar J. Roles of Cholesterol and Bile Salts in the Pathogenesis of Gallbladder Hypomotility and Inflammation: Cholecystitis Is Not Caused by Cystic Duct Obstruction. / Behar J., Mawe G., Carey M. // Neurogastroenterol. Motil. 2013; 25:283–290.

22. Kakimoto T. Effect of a High-Fat–High-Cholesterol Diet on Gallbladder Bile Acid Composition and Gallbladder Motility in Dogs. / Kakimoto T., Kanemoto H., Fukushima K., et al. // J. Vet. Res. 2017;78:1406–1413

Сведения об авторах:

Лизогуб Михаил Леонидович – кандидат биологических наук, доцент кафедры внутренней патологии животных 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.

Information about the authors:

Lizogub Michail Leonidovich – Candidate of Biology Sciences, Associate Professor of 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

Вернадского»

Собещанская Елена Михайловна – ветеринарный врач-патоморфолог «Крымского ветеринарного центра 24 часа», e-mail: sobealena@mail.ru, 295026, г. Симферополь, «Крымский ветеринарный центр 24 часа»

Ксенофонтова Евгения Сергеевна – обучающаяся 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».

of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Sobeschanskaya Elena Michailovna – veterinary pathologist, «Crimean Veterinary Center 24 hours», e-mail: sobealena@mail.ru, 295026 «Crimean Veterinary Center 24 hours», Republic of Crimea, Simferopol.

Ksenofontova Evgeniya Sergeevna – student of Veterinary Medicine faculty of the Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI of HE “CFU named of V.I. Vernadsky”, 295492, utc. Agrarnoe, Institute "Agrotechnological Academy" of FSAEI of HE "CFU named V.I. Vernadsky”

УДК 619:616-007.43:636.4

**ЛЕЧЕНИЕ
ПАХОВО-МОШОНОЧНЫХ
ГРЫЖ У ПОРОСЯТ**

Саенко Н.В.¹, кандидат ветеринарных наук, доцент

Саенко П. С.², студент

Маркевич М.Э.¹, студент

¹ Институт «Агротехнологическая академия»

² Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский Институт им. С.И. Георгиевского
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»

**TREATMENT OF
INGUINOSCROTAL HERNIAS IN
PIGLETS**

Saenko N. V.¹, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor

Saenko P. S.², student

Markevich M. E.¹, student

¹ Institute "Agrotechnological Academy"

² Orders of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute
Crimean Federal University V.I. Vernadsky, Simferopol, Russian Federation

Исследовали эффективность двух методов грыжесечения (по В.К. Чубарю и по Т.Н. Шнякиной) при лечении вправимых пахово-мошоночных интравагинальных грыж у хрячков. Объектом исследования служили хрячки (поросята-самцы) полтавской мясной породы в возрасте от 1 до 3 месяцев. Было сформировано две категории животных: клинически здоровые особи без признаков пахово-мошоночных грыж (n=5) и особи с подтверждённой патологией (n=9). Поросятам первой группы проводили грыжесечение по общепринятой методике, предложенной В.К. Чубарем, второй группы по методу Т.Н. Шнякиной. Длительность наблюдения за оперированными животными составила 14 суток. Использовали комплекс клинических, зоотехнических, морфологических, статистических методик. Установили, что пахово-мошоночная грыжа у поросят является

The effectiveness of two herniation methods (according to V.K. Chubar and T.N. Shnyakina) in the treatment of reversible inguinal intravaginal hernias in boars was investigated. The object of the study was boars (male piglets) of the Poltava meat breed aged from 1 to 3 months. Two categories of animals were formed: clinically healthy individuals without signs of inguinal hernias (n=5) and individuals with confirmed pathology (n=9). The piglets of the first group underwent herniation according to the generally accepted method proposed by V.K. Chubar, the second group according to the method of T.N. Shnyakina. The duration of observation of the operated animals was 14 days. A complex of clinical, zootechnical, morphological, and statistical techniques was used. It was found that inguinal-scrotal hernia in piglets is the result of a combination of birth defects: incorrect stroke and expansion of the inguinal

следствием совокупности врожденных дефектов: неправильного хода и расширения пахового канала, наличия мышечного дефекта (пахового промежутка), незаращения влагалищного отростка и часто — слабости соединительной ткани. Выбор между методами определяется конкретной клинической задачей. Метод В.К. Чубаря предпочтительнее в сложных запущенных случаях, где требуется полная санация очага. Однако метод Т.Н. Шнякиной перспективен для рутинной практики в свиноводстве, поскольку он лучше соответствует современным принципам малоинвазивной хирургии и позволяет не только вылечить животное, но и повысить его продуктивность за счет естественной биостимуляции.

Ключевые слова. Грыжи, пахово-мошоночные, интравагинальные, хряжки, лечение, оперативные методы.

canal, the presence of a muscular defect (inguinal gap), non—healing of the vaginal process and often weakness of connective tissue. The choice between the methods is determined by the specific clinical task. The V.K. method Chubar is preferable in complex neglected cases where complete sanitation of the hearth is required. However, T.N. Shnyakina's method is promising for routine practice in pig breeding, as it better corresponds to modern principles of minimally invasive surgery and allows not only to cure the animal, but also to increase its productivity due to natural biostimulation.

Keywords. *Hernias, inguinal-scrotal, intravaginal, boars, treatment, surgical methods.*

В структуре незаразной патологии свиней существенный экономический ущерб отрасли наносят хирургические заболевания. Среди них значительную долю (2–11%) составляют грыжи, при этом на пахово-мошоночные грыжи приходится 60–70% случаев. Данная патология подлежит исключительно оперативному лечению [1–10]. Распространённость и наследственная предрасположенность к формированию пахово-мошоночных грыж у поросят обусловлены анатомо-топографическими особенностями паховой области. Своевременное хирургическое вмешательство у животных-грыженосителей позволяет полностью восстановить их хозяйственную ценность [2, 5, 6, 7]. Выбор метода хирургического лечения напрямую зависит от типа грыжи. При грыже влагалищного канала грыжевое кольцо ушивается, а семенник удаляется или возвращается в мошонку. При интравагинальной грыже (истинно-мошоночной) проводится полноценная операция в брюшной полости, которая требует вправления органов, иссечения грыжевого мешка и пластики пахового кольца. В случае ущемления грыж требуется экстренное хирургическое вмешательство, жизненно необходимое для спасения животного. Однако существующие способы операций при пупочных и пахово-мошоночных грыжах нередко отличаются технической сложностью и в ряде случаев не обеспечивают ожидаемого терапевтического

результата, что сопровождается рецидивами, эвентрацией внутренних органов и развитием других послеоперационных осложнений.

Цель исследований: провести сравнительную оценку эффективности двух методов грыжесечения (по В.К. Чубарю и по Т.Н. Шнякиной) при лечении вправимых пахово-мошоночных интравагинальных грыж у хрячков.

Материал и методы исследования. Объектом исследования служили хрячки (поросята-самцы) полтавской мясной породы в возрасте от 1 до 3 месяцев. Было сформировано две категории животных: клинически здоровые особи без признаков пахово-мошоночных грыж ($n=5$) и особи с подтверждённой патологией ($n=9$). Диагноз «вправимая пахово-мошоночная интравагинальная грыжа» устанавливали на основании характерных клинических признаков (наличие при пальпации мягкоэластичного выпячивания в пахово-мошоночной области, вправимость содержимого в брюшную полость). Все животные с грыжами были разделены на две экспериментальные группы, сопоставимые по возрасту и массе тела: первая группа ($n=5$) и вторая группа ($n=4$).

Поросятам первой группы проводили грыжесечение по общепринятой методике, предложенной В.К. Чубарем [4, 9]. Во второй группе оперативное лечение выполняли по методу Т.Н. Шнякиной [3]. Длительность наблюдения за оперированными животными составила 14 суток. В течение этого периода оценивали общее состояние, заживление послеоперационной раны и наличие осложнений. Для изучения влияния различных методов грыжесечения на динамику массы тела хрячков определяли следующие показатели прироста живой массы: абсолютный среднесуточный прирост (в граммах) и относительный прирост (в процентах). Также проводили патологоанатомическое вскрытие погибших поросят с диагнозом «пахово-мошоночная грыжа», используя метод тонкого анатомического препарирования исследовали анатомо-топографические особенности паховой области. Цифровые данные обрабатывали методами описательной статистики с использованием критерия Стьюдента.

Результаты исследований. Формирование пахово-мошоночных грыж у хрячков обусловлено комплексом врожденных анатомических особенностей паховой области и сопутствующими факторами. Ключевым элементом является врожденное незаращение влагалищного отростка брюшины, который в норме должен облитерироваться после опущения семенников.

У особей мужского пола свиней (хрячков) паховый канал имеет конфигурацию воронкообразной щели. В отличие от большинства млекопитающих, его каудальная граница не достигает переднего края лонных костей, а ограничивается уровнем, соответствующим границе между передней и средней третью линии сращения стройных мышц. Вследствие этого формируется анатомически значительная зона пониженной резистентности — так называемое «слабое место». В каудальном отделе паховой области у свиней выявляется участок, лишённый мышечных волокон — паховый промежуток, который и служит путём для выпячивания грыжевого содержимого сквозь дефект мышечного каркаса. Треугольная

морфология пахового промежутка детерминирует размеры внутреннего пахового кольца и способствует его патологическому расширению. У животных-грыже-носителей наружное паховое кольцо приобретает удлинённую округло-овальную форму. Внутреннее паховое кольцо у таких особей увеличено в размерах, а влагалищный канал расширен в 2–2,5 раза, что обуславливает наличие дополнительного дефекта стенки. Открытый в брюшную полость вагинальный канал создает «готовый» грыжевой мешок. Повышение внутрибрюшного давления (при тенезмах, падениях) способствует проникновению органов через широкое паховое кольцо в этот канал и далее в мошонку. Также имеет значение слабость соединительной ткани (деструкция коллагеновых волокон), снижающая устойчивость паховой области. Способствующими факторами являлись рахит, авитаминозы, а также сочетанные патологии — крипторхизм и гермафродитизм.

Наиболее характерным признаком данной патологии при обследовании поросят было одностороннее, мягкое, безболезненное припухание, располагающееся по ходу пахового канала и спускающееся в мошонку. Выпячивание появлялось или увеличивалось в положении стоя, при тенезмах, кашле, после кормления; в положении лежа на спине или при легком надавливании самопроизвольно или с небольшим усилием вправлялось в брюшную полость. При пальпации определяли флюктуацию (при наличии петель кишки или мочевого пузыря) или упругое содержимое (сальник). Пальпация была безболезненна, паховое кольцо расширено. Соответствующая половина мошонки увеличена за счет опустившейся части грыжи, семенник прощупывался. Нарушения общего состояния не выявляли. Дифференцировали от таких патологий, как односторонний крипторхизм (мошонка пуста или в ней прощупывается только грыжевое содержимое, семенник не пальпируется), орхит/эпидидимит (мошонка горячая, резко болезненная, отечная, семенник увеличен), гидроцеле (выпячивание флюктуирует, но при пальпации не определяется грыжевое кольцо, содержимое при надавливании не вправляется).

Принимая во внимание анатомо-клинические особенности строения паховой области у хрячков, входящих в первую опытную группу, хирургическое вмешательство выполняли с использованием метода, предложенного В.К. Чубарем. Делали разрез 5-10 см впереди мошонки. Общую влагалищную оболочку с семенником тупо выделяли и выводили в рану. Лигатуру накладывали на общую влагалищную оболочку с семенным канатиком, затем семенник отсекали, а концами лигатуры прошивали края пахового кольца. Время операции составляло в среднем $19,60 \pm 0,20$ минут.

Способом Т.Н. Шнякиной прооперировали поросят второй группы в количестве 4 голов. Разрез длиной 6-8 см делали в проекции пахового кольца. Общую влагалищную оболочку с семенником выделяли, но не удаляли. Семенной канатик перевязывали дважды, в результате в семеннике прекращали кровоток и иннервацию. Паховое кольцо ушивали с оставлением семенника в мошонке, кожную рану закрывали узловатыми швами. Длительность операции по данно-

му методу уменьшилась до $17,80 \pm 0,20$ минут.

В послеоперационный период за животными было организовано клиническое наблюдение и обеспечен соответствующий уход. Комплексное клиническое обследование проводили на 2, 4, 7, 10 и 14-е сутки после вмешательства. В ходе обследования регистрировали температуру тела, частоту сердечных сокращений (пульс) и частоту дыхательных движений. Также оценивали состояние послеоперационной раны и при необходимости выполняли лечебные манипуляции.

Первой группе животных ($n=5$) была выполнена герниотомия с сопутствующей орхэктомией (удалением семенника). Непосредственно перед операцией все особи прошли клинический осмотр, по результатам которого их общее состояние было признано удовлетворительным. При оценке состояния слизистых оболочек установлено, что они находятся в пределах физиологической нормы (розового цвета). Предоперационные физиологические показатели составили: температура тела — от $39,0$ до $40,0$ °C; пульс — от 100 до 116 уд./мин; частота дыхательных движений — от 30 до 42 в минуту (рис. 1).

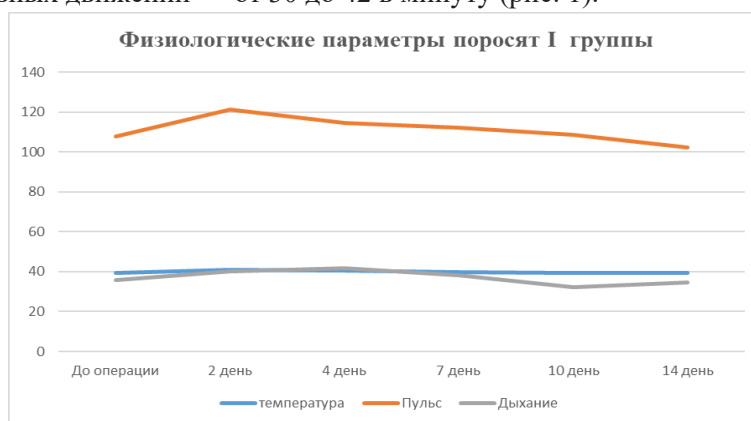


Рисунок 1. Динамика физиологических параметров у поросят I группы ($n=5$)

Послеоперационная динамика клинических показателей и репаративных процессов у хряков после герниосекции была неоднородной. В первой группе животных в первые сутки после грыжесечения регистрировали типичные признаки воспалительной реакции: угнетение общего состояния, снижение аппетита, локальную гиперемию и болезненность в области операционной раны, отёк с последующим формированием плотного инфильтрата, а также системную гипертермию. Физиологические параметры достоверно превышали дооперационный уровень: средняя ректальная температура составила $41,03 \pm 0,24$ °C, частота сердечных сокращений (ЧСС) — $121,20 \pm 6,72$ уд./мин, частота дыхательных движений (ЧДД) — $40,20 \pm 2,28$ дых. дв./мин. К четвёртым суткам наблюдалась тенденция к снижению показателей (температура $40,50 \pm 0,26$ °C, ЧСС $114,40 \pm 6,99$ уд./мин, ЧДД $41,60 \pm 1,67$ дых. дв./мин), однако статистически значимых различий с предшествующим периодом не установлено. Рана оставалась гиперемизированной и болезненной; при этом аппетит и двигательная активность частично

восстанавливались. На 5-е сутки у одного хряка отмечали нагноение раны, потребовавшее хирургической обработки и системной антибиотикотерапии. К 7-м суткам температура тела приблизилась к дооперационной ($39,80 \pm 0,25$ °C), ЧСС снизилась до $112,00 \pm 6,57$ уд./мин, ЧДД – до $38,00 \pm 1,41$ дых. дв./мин. Общее состояние оценено как удовлетворительное, с хорошим аппетитом. В области раны сформировалась плотная соединительнотканная спайка, отёчность отсутствовала, местная температура не отличалась от окружающих тканей. Швы сняты на 10-е сутки. К 14-му дню рубец стал плотным, бледноватым, незначительно возвышался над поверхностью тела; температура – $39,50 \pm 0,21$ °C, ЧСС – $102,40 \pm 6,72$ уд./мин, ЧДД – $34,60 \pm 1,32$ дых. дв./мин.

Во второй группе ($n=4$), где герниосекцию выполняли по методу Т.Н. Шнякиной с сохранением семенника в мошоночной полости, послеоперационное течение характеризовалось более благоприятной динамикой (рис. 2). Уже на 2-е сутки общее состояние и аппетит оставались удовлетворительными, температура, ЧСС и ЧДД – в пределах нормы. На 4-е сутки отмечено некоторое снижение температуры ($39,60 \pm 0,25$ °C) и ЧСС ($104,40 \pm 3,35$ уд./мин) при ЧДД $40,60 \pm 2,0$ дых. дв./мин. Раневая поверхность покрывалась коркой выпавшего фибрина с тёмно-коричневой свёрнутой кровью; отёк шириной 0,7–1,0 см, гиперемия и болезненность слабо выражены. К 7-м суткам все показатели нормализовались (температура $39,80 \pm 0,30$ °C, ЧСС $102,40 \pm 3,57$ уд./мин, ЧДД $38,60 \pm 2,42$ дых. дв./мин), отёк отсутствовал, рана безболезненна, сформировался рубец. Швы сняли на 8-е сутки – на двое суток раньше, чем в первой группе. К десятому дню клинические показатели у животных находились в пределах физиологической нормы. В области операционной раны рубец визуально был практически не заметен. Заживление проходило по первичному натяжению с формированием рубца.

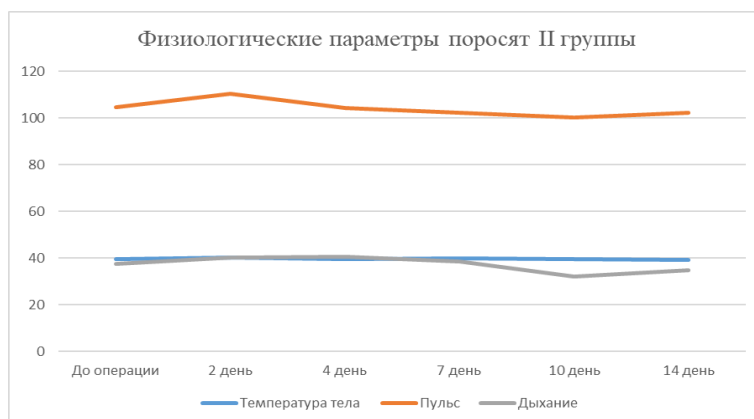


Рисунок 2. Динамика физиологических параметров у поросят II группы ($n=4$)

Учитывая гормональный статус хряков (высокий уровень андрогенов, сохраняющийся при интактных семенниках), выявлены следующие особенности репаративного процесса. Сохранение семенника (метод Шнякиной) способ-

ствует более быстрому купированию послеоперационного воспаления, что проявляется отсутствием системной гипертермии в ранние сроки, менее выраженной экссудацией и отёком, снижением частоты гнойно-септических осложнений (в данном исследовании – ни одного случая против одного нагноения в первой группе). Это может быть связано с меньшим стрессорным воздействием на гипоталамо-гипофизарно-гонадную ось и сохранением физиологической иммунорегуляции, опосредованной андрогенами.

У хряков, независимо от метода, заживление раны идёт по типу первичного натяжения с быстрым формированием плотного соединительнотканного рубца (уже к 7–8 суткам). Это объясняется высокой пролиферативной активностью фибробластов под влиянием андрогенов, что, однако, при неблагоприятных условиях (например, при кастрации или удалении семенника – первая группа) может сопровождаться избыточной воспалительной реакцией и инфильтрацией.

Температурная реакция у хряков после герниопластики без сохранения семенника более выражена (подъём до 41,0 °С и выше), тогда как при щадящем методе гипертермия не превышает верхних границ физиологической нормы. Это указывает на меньшую системную воспалительную нагрузку при атравматичном оставлении гонады.

Сроки эпителизации и снятия швов у хряков с сохранённым семенником сокращаются (8 против 10 суток), что косвенно свидетельствует об ускорении регенерации кожного края и созревания грануляционной ткани.

Для оценки влияния способа герниопластики на продуктивные показатели проводили контрольное взвешивание хрячков до операции и через 30 суток после неё. Рассчитывали абсолютный среднесуточный и относительный прирост живой массы (табл. 1).

Таблица 1. Прирост живой массы оперированных хрячков (n=9)

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса перед операцией (кг)	12,66±0,56	12,06±0,48
Живая масса через 30 дней после операции (кг)	20,97±0,64	21,98±0,59
Абсолютный среднесуточный прирост, г	257,4 ± 2,37	279,14 ± 3,01*
Относительный прирост, %	65,6 ± 1,58	78,7 ± 1,37*

* - $p < 0,05$

Установлено, что хрячки второй группы (оперированные по методу Т.Н. Шнякиной с сохранением семенника) превосходили особей первой группы по абсолютному среднесуточному приросту на 21,74 г (279,14 против 257,4 г), а по относительному приросту – на 12,8% (78,7% против 65,6%). Таким образом, метод Шнякиной обеспечивает достоверно более высокую энергию роста в послеоперационный период.

Наблюдения за течением раневого процесса показали, что у поросят вто-

рой группы заживление операционной раны происходило по первичному натяжению к исходу 7-х суток (в 100% случаев). Оставленный в мошонке семенник, будучи лишённым иннервации и кровоснабжения, подвергается аутолизу. Образующиеся при этом продукты распада тканей (белковые пептиды, нуклеотиды, липиды, факторы роста) действуют как биологически активный тканевой стимулятор, который ускоряет фазу пролиферации и ремоделирования соединительной ткани, снижает системную воспалительную реакцию (подтверждено нормализацией температуры и ЧСС уже на 2-е сутки), способствует более раннему купированию послеоперационного стресса. Для хряков сохранение семенника имеет дополнительное значение: андрогены, высвобождающиеся при аутолизе, поддерживают анаболический фон, что напрямую влияет на прирост мышечной массы и общую продуктивность. Удаление семенника (первая группа) не только усиливает воспалительный ответ, но и лишает организм источника эндогенных андрогенов, что замедляет восстановление и снижает эффективность кормового белка в первые 30 дней после операции. Применение метода Т.Н. Шнякиной у хрячков с пахово-мошоночными грыжами позволяет не только достичь первичного заживления раны с минимальными осложнениями, но и обеспечить более высокий послеоперационный прирост живой массы – на 21,7 г/сутки (8,4% абсолютного) и на 12,8% относительного прироста по сравнению с традиционным грыжесечением. Полученные результаты указывают на целесообразность использования данного метода в промышленном свиноводстве, особенно при выращивании ремонтных хрячков, где важен высокий уровень энергии роста.

Выводы. Пахово-мошоночная грыжа у поросят является следствием совокупности врожденных дефектов: неправильного хода и расширения пахового канала, наличия мышечного дефекта (пахового промежутка), незаращения влагалищного отростка и часто — слабости соединительной ткани. Выбор между методами определяется конкретной клинической задачей. Метод В.К. Чубаря предпочтительнее в сложных запущенных случаях, где требуется полная санация очага. Однако метод Т.Н. Шнякиной перспективен для рутинной практики в свиноводстве, поскольку он лучше соответствует современным принципам малоинвазивной хирургии и позволяет не только вылечить животное, но и повысить его продуктивность за счет естественной биостимуляции.

Список использованных источников:

1. Ванина, Н. В. Гистоморфологические особенности состояния тканей брюшной стенки при грыжах у поросят / Н. В. Ванина, В. А. Журба // Ученые записки учреждения образования "Витебская государственная академия ветеринарной медицины". — Витебск,

References:

1. Vanina, N. V. Histomorphological features of the condition of abdominal wall tissues in hernias in piglets / N. V. Vanina, V. A. Zhurba // Scientific notes of the educational institution "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine". - Vitebsk, 2006. - Vol. 42, issue 1, part 1. -

2006. — Т. 42, вып. 1, ч. 1. — С. 47-48.

2. Грыжесечение у домашних животных: учебное пособие для практических занятий / Донской ГАУ; сост. Т.Р. Лещенко, И.И. Михайлова. — Персиановский: Донской ГАУ, 2021 — 52 с.

3. Патент № 2193371 Российская Федерация. МПК А61D 7/00. Способ грыжесечения интравагинальных грыж у хрячков: № 200120466/13: заявл. 04.08.2000: опубл. 27.11.2002 / Шнякина Т.Н., Щербakov Н.П.: патентообладатель Уральская государственная академия ветеринарной медицины. — 5 с.

4. Петраков, К.А. Оперативная хирургия с топографической анатомией животных: учебник / К.А. Петраков, П.Т. Саленко, С.М. Панинский. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — Москва: КолосС, 2008 — 453 с.

5. Рыжаков, А. В. Оперативное лечение, профилактика пупочных и пахово-мошоночных грыж у свиней: Клинико-экспериментальное исследование: дис. ... д-ра вет. наук: 16.00.05 / А. В. Рыжаков. — 2003. — 295 с.

6. Саенко, Н. В. Клиническая анатомия и лечение пахово-мошоночных грыж у хрячков / Н. В. Саенко // Достижения и инновации в современной морфологии: сб. тр. науч.-практ. конф. с междунар. участие, посвящ. 115-летию со дня рожд. акад. Д. М. Голуба, Минск, 30 сент. 2016 г.: в 2 т. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь; Белоруссия. науч. о-во морфолог.; Белоруссия. гос. мед. ун-т; под ред. П. Г. Пивченко, Н. А. Трушель. - Минск: БГМУ, 2016. - Т. 2. - С. 132-135.

7. Сунагатуллин, Ф. А. Этиология, патогенез и лечение наружных грыж поросят в специализированных хозяй-

ств. Рр. 47-48.

2. Herniorrhaphy in domestic animals: a tutorial for practical classes / Donskoy SAU; compiled by T. R. Leshchenko, I. I. Mikhailova. - Persianovsky: Donskoy SAU, 2021 - 52 p.

3. Patent No. 2193371 Russian Federation. IPC A61D 7/00. A method for herniotomy of intravaginal hernias in boars: No. 200120466/13: declared 04.08.2000: published 27.11.2002 / Shnyakina T.N., Shcherbakov N.P.: patent holder Ural State Academy of Veterinary Medicine. — 5 p.

4. Petrakov, K.A. Operative surgery with topographic anatomy of animals: textbook / K.A. Petrakov, P.T. Salenko, S.M. Paninsky. — 2nd edition, revised and enlarged. — Moscow: KolosS, 2008 — 453 p.

5. Ryzhakov, A. V. Surgical treatment, prevention of umbilical and inguinoscrotal hernias in pigs: Clinical and experimental study: dis. ... Doctor of Veterinary Sciences: 16.00.05 / A. V. Ryzhakov. - 2003. - 295 p.

6. Saenko, N. V. Clinical anatomy and treatment of inguinoscrotal hernias in boars / N. V. Saenko // Achievements and innovations in modern morphology: Coll. t. scientific-practical. conf. with international participation, dedicated to the 115th anniversary of the birth of academician D. M. Golub, Minsk, September 30, 2016: in 2 volumes / Ministry of Health of the Republic of Belarus; Belarus. Scientific Association of Morphology; Belarus. State Medical University; edited by P. G. Pivchenko, N. A. Trushel. - Minsk: Belarusian State Medical University, 2016. - Vol. 2. - Pp. 132-135.

7. Sunagatullin, F. A. Etiology, pathogenesis, and treatment of external hernias in piglets on specialized farms and complexes in the Southern Urals (clinical

ствах и комплексах в зоне Южного Урала (клинико-экспериментальное исследование): дис. ... канд. вет. наук. — 1984.

8. Цветикова, Н. Г. Сравнительная эффективность применения различных нерассасывающихся шовных материалов при грыжесечении у поросят: дис. ... канд. вет. наук. — 1999.

9. Чубарь В.К. Оперативная хирургия домашних животных / В.К. Чубарь. — Санкт-Петербург: Лань, 2002. — 419 с.

10. Xu W, Chen D, Yan G, Xiao S, Huang T, Zhang Z and Huang L (2019) Rediscover and Refine QTLs for Pig Scrotal Hernia by Increasing a Specially Designed F3 Population and Using Whole-Genome Sequence Imputation Technology. *Front. Genet.* 10:890. doi: 10.3389/fgene.2019.00890

and experimental study): Diss. ... Cand. Veterinary Sciences. - 1984.

8. Tsvetikova, N. G. Comparative efficiency of using various non-absorbable suture materials in hernia repair in piglets: Diss. ... Cand. Veterinary Sciences. - 1999.

9. Chubar, V.K. Operative surgery of domestic animals / V.K. Chubar. - St. Petersburg: Lan, 2002. - 419 p.

10. Xu W, Chen D, Yan G, Xiao S, Huang T, Zhang Z and Huang L (2019) Rediscover and Refine QTLs for Pig Scrotal Hernia by Increasing a Specially Designed F3 Population and Using Whole-Genome Sequence Imputation Technology. *Front. Genet.* 10:890. doi: 10.3389/fgene.2019.00890

Сведения об авторах:

Саенко Наталья Васильевна — кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры анатомии и физиологии животных Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: nvsaenko@list.ru, 295492, п. Аграрное, Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Саенко Полина Сергеевна — обучающаяся Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский Институт им. С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: julia.saenko@list.ru, 295000, г. Симферополь, бул. Ленина, 5, Институт «Медицинская академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Information about the authors:

Saenko Natalia Vasilyevna - candidate of veterinary sciences, associate professor of department of anatomy and animal physiology of the Institute "Agrotechnological Academy" "Crimean Federal University V.I. Vernadsky", e-mail: nvsaenko@list.ru, 299000, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe, Institute "Agrotechnological Academy" "Crimean Federal University V.I. Vernadsky".

Saenko Polina Sergeevna - student of the Medical Institute S.I. Georgievsky "Crimean Federal University V.I. Vernadsky", e-mail: polina_sayenko@mail.ru, 295000, Republic of Crimea, Simferopol, b. Lenin, 5, Institute "Medical Academy" of "Crimean Federal University V.I. Vernadsky".

Маркевич Мария Эдуардовна
- обучающаяся Института «Агро-
технологическая академия» ФГАОУ
ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»,
e-mail: nvsaenko@list.ru, 295492, п.
Аграрное, Института «Агротехноло-
гическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ
им. В.И. Вернадского».

Markevich Maria Eduardovna
- student of the Institute of
Agrotechnological Academy of the
Federal State Autonomous Educational
Institution of Higher Education "V.I.
Vernadsky Kazan Federal University",
e-mail: nvsaenko@list.ru, 295492,
Agrarnoe, Institute "Agrotechnological
Academy" "Crimean Federal University
V.I Vernadsky".

УДК 619:612.014.461:[612.57:636.234]

**ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА
ГИДРАТАЦИИ И ЕЕ КОРРЕКЦИЯ
ПРИ ОСТРОЙ ГИПЕРТЕРМИИ
ГОЛШТИНСКИХ КОРОВ**

Кувда Н.Н., кандидат ветеринарных наук, доцент;
Таран Т.А., обучающаяся
Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Острая гипертермия коров – быстро развивающаяся патология высокопродуктивных животных, сопровождающаяся перегревом вследствие ухудшения климатических условий. Возникающие при этом патологические изменения в организме связаны с возникновением дегидратации, для компенсации которой возникает полидипсия. Это сопровождается увеличением скорости наполнения капилляров, повышением относительной плотности мочи, гематокритной величины крови и содержания общего белка плазмы крови.

Ключевые слова: острая гипертермия, голштинские коровы, дегидратация, рефрактометр.

**HYDRATION'S RAPID
ASSESSMENT AND ITS
CORRECTION IN HOLSTEIN
COWS ACUTE HYPERTHERMIA**

Kuevda N.N., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Taran T.A., student
Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»

Cows acute hyperthermia is a highly productive animals rapidly developing pathology, accompanied by overheating due to worsening climatic conditions. The resulting body pathological changes are associated with the occurrence of dehydration, to compensate for which polydipsia occurs. This is accompanied by an increase in the capillary filling rate, an increase urine relative density, the pack cell volume and the content of total plasma protein.

Keywords: acute hyperthermia, Holstein cows, dehydration, refractometer

Введение. Острая гипертермия – быстро протекающая патология коров, возникающая вследствие внезапно наступающего перегрева животных, особенно высокопродуктивных. Голштинские коровы отличаются от других высокой продуктивностью. Их генетический потенциал гораздо более высок, чем те показатели, которые демонстрируют животные в условиях производства. Однако реализовать свои генетические возможности животные имеют только в условиях термо-нейтральной зоны – 5-25°C (Тео С.Р. и др., 2018) [1]. Гипертермия представляет серьезную опасность для этих животных при резком возникновении, когда животные не имеют возможностей для адапта-

ции. Наиболее подвержены влиянию перегрева высокопродуктивные коровы, демонстрирующие показатели суточных удоев на 20-25% выше средней по стаду. При этом по данным Фирсовой Э.В. (и др.) коровы этой породы в ЮФО имели самый низкий показатель жирности молока (3,76%), возраст в отелах (2,00) и рождаемость молодняка (70,8 на 100 коров). В то время как у животных, содержащихся в благоприятных условиях – СЗФО, ПФО и ДВФО – отмечены наивысшие показатели продуктивного долголетия, состояния воспроизводства и молочной продуктивности [2]. Перегревание часто сопровождается негативным влиянием на продуктивность коров даже при беспривязном содержании, при котором животные имеют больше возможностей для охлаждения [3]. По данным руководителя Росгидромета Шумакова И.А. процессы потепления в Южном федеральном округе сопровождаются не только повышением температуры, но и увеличением количества осадков на 4-18% выше среднего, а также всех видов солнечной радиации (прямой, рассеянной и др.) [4]. Эти климатические факторы способствуют возникновению перегрева у коров. По нашим данным в Республике Крым в летние месяцы величина ТНН была повышенной (более 72) в период 9-19 ч, а в июле и августе этот показатель был угрожающим (более 80) для коров в период 10-19 ч, достигая опасных значений в 12-17 ч (84-87). Таким образом, животные в июле-августе более 30% времени суток находились в условиях критически опасного перегрева. Подобные климатические условия обуславливают существенные метаболические изменения в организме животных, которые вызывают не только снижение молочной продуктивности, но и возникновение патологий различных органов – печени, почек, сердца и др. [5]. Сходные метаболические изменения на организм животных отмечены и другими авторами [6]. Диагностика этих нарушений требует использования специализированного лабораторного оборудования, занимает значительное время – до 1-2 суток, что при остром течении патологии часто мало полезно для клинической практики, а оправдано только для научно-исследовательских целей. Поэтому важное значение приобретает экспресс-диагностика, позволяющая оценить степень нарушений в организме при критических состояниях за сравнительно короткий период (до 1 часа) без использования дорого специализированного (часто стационарного) лабораторного оборудования. Для этих целей выпускают портативные анализаторы концентрации глюкозы и кетоновых тел, анализаторы газов крови (для оценки кислотно-щелочного состояния), тестеры для измерения концентрации молочной кислоты в периферической крови (лактатометры).

Нарушения гидратации в организме – один из первых патологических процессов, развивающийся при перегревании, который способствует возникновению специфических симптомов и метаболических сдвигов. Так, по данным Бурякова Н.П. (и др.) водопотребление у коров в условиях гипертермии возрастает на 80%, а удой снижается на 3-20% [7]. По данным других авторов потребление воды у лактирующих коров увеличивается с 1,2 до 2 кг на

каждый градус Цельсия при повышении температуры более верхних значений термо-нейтральной зоны [8]. Вначале животные пытаются компенсировать перегревание повышенным потреблением воды, что обладает малой эффективностью при этом. Своевременная диагностика нарушения гидратации организма коров при гипертермии и ее эффективная коррекция является актуальным направлением для исследований, имеет важное научно-практическое значение, поэтому подобные исследования считаем необходимыми своевременными.

Материал и методы исследований. Экспериментальные исследования выполняли в Первомайском районе Республики Крым и клинико-биохимической лаборатории кафедры внутренней патологии животных института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». Объектом исследования были 10 коров голштинской породы первых трех месяцев лактации возрастом 25-26 месяцев, молочная продуктивность которых на 15-20% превышала продуктивность животных соответствующего возраста по стаду. Материалом для исследования были образцы крови и мочи коров.

При клиническом осмотре животных определяли общее состояние, а также регистрировали температуру тела бесконтактным термометром, частоту дыхания и скорость наполнения капилляров. Кровь для лабораторных исследований отбирали из яремной вены в пробирки с антикоагулянтами – для общего анализа крови – с K3-EDTA, для биохимических исследований – с литий-гепарином.

Для экспресс-оценки гидратации учитывали величину гематокрита и относительной плотности мочи, концентрацию общего белка плазмы крови, которые определяли рефрактометром RZ-126 (Китай) непосредственно в хозяйстве в течение 10-15 мин после получения субстратов.

Непосредственно в хозяйстве в нативной крови коров величину гематокрита – микроцентрифугированием, в плазме крови – содержание общего белка рефрактометрами RZ-126 (Китай), ИРФ-464 (Россия), RL-2 (Польша). Кроме этого, в моче коров определяли относительную плотность рефрактометром RZ-126 (Китай), ареометром (результаты этого определения считали эталонными), тест-полоской DEKA PHAN LEUCO (Erba Lachema, Чехия).

Общий анализ крови проводили в лаборатории кафедры на автоматическом гематологическом анализаторе VetScan HM5 (Abaxis Inc., США). Результаты этого определения считали эталонными. Биохимический анализ плазмы крови включал определение концентрации общего белка на автоматическом биохимическом экспресс-анализаторе Fuji DRI-CHEM 4000ie (Fujifilm, Япония). Результаты этого определения считали эталонными.

Рефрактометр RZ-126 (Китай) – портативный прибор, имеет три шкалы: две – для определения относительной плотности мочи собак и кошек (г/см³), третью – для концентрации общего белка (в г/дл). Имеет небольшие массу и габариты, без выступающих частей, что удобно для проведения экспресс-исследований непосредственно в хозяйстве. ИРФ-464 (Россия), RL-2 (Польша) – лабораторные (стационарные) рефрактометры. Причем результат их определе-

ния – показатель преломления, по которому определяют концентрацию общего белка, используя специальную таблицу, учитывая окружающую температуру и внося соответствующие поправки. Их форма и габариты гораздо менее пригодны для работы непосредственно в хозяйстве, рядом с животными. Перед исследованиями рефрактометры калибровали по дистиллированной воде.

Для вычисления ТНІ использовали метеорологические показатели, полученные автоматической метеостанцией в регионе (температура окружающего воздуха (°C) и его относительная влажность (%)). Расчет ТНІ проводили по формуле, предложенной Mader T.L. и др. [10]. Полученные результаты исследований анализировали методами вариационной статистики, используя Microsoft Office Excel 2007, рассчитывая среднюю величину и ее ошибку ($M \pm m$), коэффициент вариации (C_v , %). Достоверность разницы межгрупповых значений оценивали по t-критерию Стьюдента с определением уровня значимости.

Результаты и обсуждение. Острая гипертермия развивалась у коров при внезапном повышении температуры окружающей среды в сочетании с увеличением относительной влажности воздуха. Температурно-влажностный коэффициент (ТНІ) при этом достигал значений 75 и выше. При клиническом обследовании животных у них отмечали симптомы свойственные перегреванию – повышение температуры тела – $39,79 \pm 0,39^\circ\text{C}$ (C_v – 3,1%) и частоты дыхания – $42,6 \pm 1,89$ дых.дв./мин (C_v – 14,0%). Скорость наполнения капилляров у коров была повышена в сравнении со здоровыми животными – $2,65 \pm 0,15$ сек. (C_v – 18,3%). Кроме этого, у коров были отмечены гипорексия, уменьшение руминации, значительно повышено время выдаивания, что свидетельствовало о выраженной стрессовой реакции. Отдельные животные демонстрировали признаки гиперсаливации, особенно коровы темной масти. Результаты ОАК коров, полученные анализатором, характерны для гиповолемии – увеличение RBC, HGB, HCT, возникающей вследствие дегидратации из-за гипо- и анорексии у животных. Концентрация глюкозы и кетоновых тел при этом у всех коров не выходили за пределы референтных значений, что свидетельствовало о достаточно быстром развитии процесса.

При исследовании крови коров получили следующие данные – величина гематокрита, определенная на анализаторе – $47,9 \pm 1,14\%$ (C_v – 7,5%), величина гематокрита, определенная центрифугированием – $49,2 \pm 3,12\%$ (C_v – 7,83%). То есть, показатели статистически не различны, что позволяет использовать метод центрифугирования для клинического определения величины гематокрита в практике.

Результаты определения содержания общего белка плазмы представлены ниже в таблице 1.

Таблица 1. Концентрация общего белка в плазме крови коров

Показатель	Fuji DRI-CHEM 4000i	RZ-126	ИРФ-464	RL-2
M	82,80	82,50	80,20	86,40
m	0,84	0,73	0,66	1,37
Cv	3,21	2,81	2,62	5,01
Min	79	80	77	81
Max	87	86	84	95

По данным этой таблицы видно, что результаты определения концентрации общего белка плазмы практически не варьируют, то есть методы достаточно стабильны. Однако, результаты определения рефрактометром RZ-126 практически полностью совпадают с «эталонным методом». В то время как результат ИРФ-464 ниже (хоть и не достоверно), а RL-2 – выше на 4,5% ($p < 0,05$).

Результаты определения относительной плотности мочи ареометром и рефрактометром RZ-126 приведены в таблице 2.

Таблица 2. Относительная плотность мочи коров

Показатель	Ареометр / уреометр	RZ-126	DEKA PHAN LEUCO
M	1,028	1,031	1,015
m	0,002	0,002	0,001
Cv	0,540	0,540	0,444
Min	1,019	1,022	1,01
Max	1,036	1,039	1,022

По данным этой таблицы видно, что показатели относительной плотности мочи коров, определенные RZ-126 и ареометром, практически не различались – $1,028 \pm 0,002$ и $1,031 \pm 0,002$ г/см³ соответственно. Однако использование рефрактометра является более предпочтительным для практики, т.к. требует гораздо меньше мочи, не требует применения стеклянной посуды. Тест-полоски DEKA PHAN LEUCO вовсе не годятся для определения плотности мочи крупного рогатого скота, т.к. существенно занижают результат исследования.

Полученные результаты концентрации общего белка плазмы крови и относительной плотности мочи, превышающие физиологические нормативы, позволяют сделать заключение о развитии дегидратации животных вследствие острого перегрева.

Для компенсации этого состояния животные пьют значительно больше воды, вследствие чего у них развивается гидремия [5, 7]. Это сопровождается уменьшением гематокритной величины, концентрации общего белка плазмы крови, полиурией и гипостенурией. Значительные колебания статуса гидратации организма негативно влияют на состояние здоровья животных и их продуктивность (рис.1).

2025-06-28	07:16	2025-06-28	07:20
No. 1980284		No. 1980285	
ID=RU841709....		ID=RU841709....	
[Cattle]		[Cattle]	
Na-PS	H	Na-PS	H
=	167 mmol/l	=	157 mmol/l
K-PS	= 4.3 mmol/l	K-PS	= 4.7 mmol/l
Cl-PS	H	Cl-PS	H
=	128 mmol/l	=	125 mmol/l

Рисунок 1. Электролитный состав плазмы крови коров при острой гипертермии.

По представленному рисунку видно, что в организме коров при острой гипертермии вначале быстро развивается дефицит свободной воды вследствие одышки, потения и др. Увеличение концентрации электролитов плазмы крови существенно повышает осмолярность крови. Животные, пытаясь компенсировать это состояние, начинают пить много воды, вследствие чего возникает гидремия, которая впоследствии еще более ухудшает состояние здоровья животных [5, 7].

Для компенсации потерь жидкости вследствие перегревания и профилактики расстройства ее обмена подопытным коровам выпаивали в свободном доступе не питьевую воду, а раствор, содержащий соли – натрия и калия хлорид, натрия гидрокарбонат – в изотонической для коров концентрации, теоретическая осмолярность раствора при этом составляла 290 мОсм/л.

Динамика показателей экспресс-оценки нарушений гидратации у коров до и после ее коррекции приведены в таблице 3.

Таблица 3. Динамика показателей экспресс-оценки гидратации при коррекции ее нарушения у коров

Показатель	СНК, сек	Гематокрит, %	Общий белок плазмы, г/л	Относительная плотность мочи, г/см ³
При острой гипертермии				
M	2,65	49,20	82,50	1,031
m	0,15	3,12	0,73	0,002
Cv	18,25	7,83	2,81	0,540
После коррекции дегидратации				
M	1,79	42,20	71,30	1,018
m	0,11	0,92	1,32	0,001
Cv	19,43	6,87	5,84	0,331
p<	0,01	0,01	0,001	0,01
Норма	1-2	25-46	65-75	1,012-1,025

По данным, приведенным в таблице, видно, что использование изотонического раствора солей с нормальной теоретической осмолярностью способствовало быстрому восстановлению контролируемых показателей. Потребление

этого раствора не только компенсировало нарушения гидратации организма, но и способствовало восстановлению водно-электролитного соотношения плазмы крови, которое нарушалось вследствие гидремии. При этом нужно упомянуть, что затраты времени для этой оценки невелики – до 2-3 мин на животное. Также следует учитывать тот факт, что не требуется сложное дорогостоящее оборудование, а рефрактометр RZ-126, используемый для диагностики этих показателей у собак и кошек, вполне можно использовать для коров.

Выводы. Для экспресс-оценки состояния гидратации коров при гипертермии предлагаем использовать быстрые методы – учитывать скорость наполнения капилляров, определять гематокритную величину центрифугированием. Содержание общего белка плазмы крови и относительную плотность мочи определять рефрактометром RZ-126, который воспроизводит высокую точность результатов при сравнении с эталонными методами. Повышение этих показателей выше референтных значений свидетельствует о развитии дегидратации, требующей компенсации. Для восстановления гидратации использовать изотонический раствор, содержащий соли натрия и калия, с теоретической осмолярностью 290 мОсм/л.

Список использованных источников

1. Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function / Tao S., et al. // *Journal of Dairy Science*. – 2018. – 101 (6). – P.5642-5654.

2. Фирсова, Э.В. Голштинская порода скота в Российской Федерации, современное состояние и перспективы развития / Фирсова Э.В., Карташова А.П. // *Генетика и разведение животных*. – 2019. – №1. – С.62-69.

3. Изучение негативного влияния теплового стресса на показатели молочной продуктивности коров при различных способах содержания / Е.Н. Муханина, Ш.К. Шакиров, Н.Ю. Сафина, Э.Р. Гайнутдинова // *Международный вестник ветеринарии*. – 2024. – №4. – С. 509-517. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.4.509.

4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2025 год / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окру-

References:

1. Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function / Tao S., et al. // *Journal of Dairy Science*. – 2018. – 101 (6). – P. 5642-5654.

2. Firsova E. Holstein breed of the cattle In Russian federation, the current state and the prospects of development / E. Firsova, A. Kartashova // *Genetics and breeding of animals*. – 2019. – №1. – P. 62-69. doi: 10.31043/2410-2733-2019-1-62-69.

3. Studying the negative effect of heat stress on the indicators of dairy productivity of cows under various methods of keeping / E.N. Mukhanina, Sh.K. Shakirov, N.Yu.Safina, et al. // *International Bulletin of Veterinary Medicine*. – 2024. – №4. – P. 509-517. doi: 10.52419/issn2072-2419.2024.4.509.

4. Report on climate features on the territory of the Russian Federation in 2025. Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental

жающей среды (Росгидромет). – М., 2026. – 104 стр.

5. Кувда Н.Н. Влияние генетического потенциала на метаболизм гоштинских коров при гипертермии / Н.Н. Кувда, Е.Н. Кувда, Е.В. Плахотнюк, М.Л. Лизогуб // Ветеринария и кормление. – 2025. – №6. – С. 57-61. DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-6-13.

6. Влияние теплового стресса на коров в сухостойный и послеродовой период / А.И. Белоусов, И.А. Шкуратов, А.С. Красноперов, и др. // Вестник НГАУ. Ветеринария и зоотехния. – 2022. – №3(64). – С.93-101. DOI:10.31677/2072-6724-2022-64-3-93-101.

7. Буряков, Н.П. Тепловой стресс и особенности кормления молочного скота / Буряков Н.П., Бурякова М.А., Аleshin Д.Е. // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. – 2016. – №3. – С.5-13.

8. Becker, C.A. Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows/ Becker C.A., Collier R.J., Stone A.E. // Journal of Dairy Science. –2020. – Vol.93, No.8. – P.6751-6770.

9. Состояние биохимического профиля крови и уровня эндогенной интоксикации у коров с гепатопатиями в условиях теплового стресса / Кузьмина Е.В., Е.Н. Рудь, М.П. Семененко, А.А. Абрамов // Ветеринария сегодня. – 2022. – №11 (2). – С.135-141. DOI: 10.29326/2304-196X-2022-11-2-135-141.

10. Mader, T.L. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle/ Mader T.L., Davis M.S., Brown-Brandl T.M. // Journal of Animal Science. – 2006. –Vol.84. – P. 712-719.

Monitoring (Roshydromet). – Moscow, 2026. – 104 p.

5. Genetic potential effect on Holstein cows metabolism in hyperthermia / N.N. Kuevda, E.N. Plakhotniuk, M.L. Lizogub // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – №6. – P. 54-61. doi CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-6-13.

6. The effect of heat stress on cows in the dry and postpartum period / A.I. Belousov, I.A. Shkuratov, A.S. Krasnoperov, et al. // Bulletin of the NGAU. Veterinary and animal science. – 2022. – №3(64). – P. 93-101. doi:10.31677/2072-6724-2022-64-3-93-101.

7. Buryakov N.P. Heat stress and feeding features of the dairy cattle / N.P. Buryakov, M.A. Buryakova, D.E. Aleshin // Russian veterinary journal. – 2016. –№3. – P. 5-13. doi: 10.32416/2500-4379.

8. Becker, C.A. Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows/ C.A. Becker, R.J. Collier, A.E. Stone // Journal of Dairy Science. –2020. – Vol.93, No.8. – P. 6751-6770.

9. Biochemical blood parameters and level of endogenous intoxication in cows suffering from hepatopathies under heat stress / E.V. Kuzminova, E.N. Rud, M.P. Semenenko, et al. // Veterinary science today. – 2022. – №11(2). – P. 135-141. doi: 10.29326/2304-196X-2022-11-2-135-141.

10. Mader, T.L. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle/ Mader T.L., Davis M.S., Brown-Brandl T.M. // Journal of Animal Science. – 2006. –Vol.84. – P. 712-719.

Сведения об авторах:

Кувда Николай Николаевич – кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедрой внутренней патологии животных факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: terapy-abip@mail.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: terapy-abip@mail.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: 619:616.42-006.441-085.277.3

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КОРОТКИХ ПРОТОКОЛОВ
ХИМИОТЕРАПИИ ПРИ
ЛИМФОМЕ КОШЕК****ANALYSIS OF THE EFFICACY OF
SHORT TERM CHEMOTHERAPY
PROTOCOLS FOR FELINE
LYMPHOMA**

Плахотнюк Е.В., кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры внутриветеринарной патологии животных
Митенкова А.А., обучающаяся 5 курса факультета ветеринарной медицины Института «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 представлены результаты изучения эффективности коротких протоколов химиотерапии COP и ACOP при лимфоме у кошек в клинике «Крымский ветеринарный центр 24 часа» (г.Симферополь). В исследовании участвовали 10 животных (по 5 в каждой группе). Оценивались регрессия опухоли, медиана продолжительности жизни и побочные эффекты. Медиана продолжительности жизни составила 283 дня (COP) и 314 дней (ACOP). Оба протокола показали сопоставимую токсичность и переносимость.

Ключевые слова: лимфома, кошки, химиотерапия, протокол COP, протокол ACOP, медиана продолжительности жизни, миелосупрессия, онкология животных.

The article presents the results of studying the effectiveness of short chemotherapy protocols COP and ACOP for lymphoma in cats in the clinic "Crimean Veterinary Center 24 hours" (Simferopol). The study involved 10 animals (5 in each group). The assessment covered tumour regression, median survival time, and adverse effects. The median survival time was 283 days (COP) and 314 days (ACOP). Both protocols showed comparable toxicity and tolerability.

Keywords: lymphoma, cats, chemotherapy, COP protocol, ACOP protocol, median survival time, myelosuppression, animal oncology.

Ведение. Лимфомы (злокачественная лимфома или лимфосаркома) – это гетерогенная группа новообразований, общим признаком которых является их происхождение из лимфоретикулярных клеток [1]. Лимфомы, как и все злокачественные опухолевые процессы, характеризуется неконтролируемым делением

клеток с нарушением процесса гибели клеток. В процессе своего существования, опухоль имеет склонность к неконтролируемому 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.

Основным методом лечения лимфом у кошек является применение системной химиотерапии. Химиотерапия – это использование лекарственных средств, тормозящих пролиферацию или необратимо повреждающих опухолевую клетку [2-4].

Наиболее распространенным и целесообразным протоколом химиотерапии является протокол COP, который был первоначально описан С.М Коттером в 1983 году [5]. Данный протокол включает в себя комбинированное применение трех препаратов: винкристина, циклофосфида и преднизолона.

Согласно литературным данным, частота клинического ответа на комбинированную терапию COP составляет приблизительно 50-95%. Так, у животных с алиментарной формой лимфомы общая частота ответа на химиотерапию составляет 50-65%, а ожидаемая продолжительность жизни в подавляющем большинстве случаев менее 1 года (в среднем 5-8 месяцев) [1, 6-7].

В ограниченном количестве исследований оценивается эффективность использования доксирубина в качестве единственного препарата для проведения химиотерапии при лимфомах у кошек [2, 8]. Имеются данные о кардиотоксическом и нефротоксическом действии доксирубина у кошек. Однако, кардиотоксический эффект достигается при применении доксирубина в дозировке 250 мг/м², тогда как при химиотерапии используется дозировка 25 мг/м² и данное побочное действие не считается клинически значимым. Снижение нефротоксического эффекта достигается за счет гидратации животного перед проведением химиотерапии [8]. Медиана продолжительности жизни при монотерапии доксирубином составила 316 дней (от 54 до 575 дней), но, согласно литературным данным, только у 26% животных удалось добиться полного ответа на данную терапию [9-10].

Более эффективным является использование доксирубина в комбинации с различными протоколами химиотерапии. Чаще всего он используется в модифицированном протоколе CNOP (длительность 25 недель), при котором медиана продолжительности жизни составляет 250 дней (от 1,5 месяцев до 1,3 года) и добиться клинического ответа удается у 80% кошек. [10].

Наиболее распространенными побочными эффектами химиотерапии являются рвота в начале сеанса и отдаленные последствия в виде миелосупрессии, геморрагического цистита и диспептического расстройства. Для профилактики развития побочных эффектов, перед проведением сеанса химиотерапии используется премедикация: введение противорвотных препаратов, ингибиторов протонной помпы [2, 11].

При длительных протоколах лечения, чаще возникает риск развития побочных эффектов, связанных с токсическим действием лекарственных препаратов [4]. Однако на данный момент, существует критически мало данных, которые указывают на более эффективное использование коротких протоколов для лечения лимфом у кошек. Данная тема нуждается в проведении исследований, в виду растущей потребности в эффективном лечении лимфомы у кошек и недостаточной изученности коротких протоколов химиотерапии.

Цель работы – изучить эффективность коротких протоколов химиотерапии лимфомы кошек (COP и ACOP) в условиях клиники «КВЦ 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 «КВЦ 24 часа» за 2023-2025 гг, результаты исследования общего анализа крови (проводилось с использованием гематологического анализатора HESKAELEMENTHT5), результаты биохимического исследования крови (с использованием биохимического анализатора FUGI4000i; ультразвуковая диагностика проводилась в условиях клиники при помощи УЗИ-аппарата GE LOGIO P7; рентген диагностика проводилась в условиях клиники с использованием портативного рентген-аппарата PXP60HF (последние два метода исследования использовались для оценки клинического ответа на химиотерапию.

Первая группа животных (n=5), получала химиотерапевтическое лечение по протоколу COP, который включал в себя применение следующих препаратов: циклофосфамид 250 мг/м², винкристин 0,5 мг/м², преднизолон 2 мг/кг.

Таблица 1. Схема применения препаратов при протоколе COP

Неделя	Винкристин	Циклофосфамид	Преднизолон
1	X	X	X
2	X		X
3	X		X
4	X	X	X
5			X
6			X
7	X	X	X
8			X
9			X
10	X	X	X

Вторая группа животных (n=5), получала химиотерапевтическое лечение по модифицированному протоколу ACOP, который включал в себя применение следующих препаратов: доксирубицин 25 мг/м², циклофосфамид 250 мг/м², винкристин 0,5 мг/м², преднизолон 2 мг/кг.

Таблица 2. Схема применения препаратов при протоколе АСОР

Неделя	Винкристин	Циклофосфамид	Доксирубицин	Преднизолон
1	X	X	X	X
2				
3				
4	X	X	X	X
5				
6				
7	X	X	X	X
8				
9				
10	X	X	X	X

Во время прохождения курсов химиотерапии животные находились в условиях стационара клиники. Независимо от выбранного протокола химиотерапии, перед сеансом, каждому животному проводилась премедикация, с целью снижения риска возникновения побочных эффектов на фоне применения цитотоксических препаратов. Премедикация включала в себя гипергидратацию сбалансированным раствором кристаллоидов в дозировке 25 мл/кг/ч на инфузии с постоянной скоростью с добавлением ондасетрона 0,5 мг/кг за 30 минут; маропитант 1 мг/кг внутривенно за 15 минут; димедрол 2 мг/кг внутримышечно.

Ответ на лечение оценивался при помощи физикального обследования, ультразвукового и рентгенографического исследования, общего и биохимического исследования крови.

Эффективность лечения оценивалась по следующим параметрам:

- 1) Полная регрессия (ПР) – признаки опухоли не обнаруживаются при физикальном исследовании или визуальной диагностике;
- 2) Частичная регрессия (ЧР) – > 50 % уменьшение размера опухоли;
- 3) Стабилизация процесса (СП) – < 50 % уменьшение размера опухоли или < 25 % увеличение в размере;
- 4) Прогрессирование заболевания – > 25% увеличение размера опухоли.
- 5) Медиана продолжительности жизни (МПЖ).

Результаты и обсуждение. При проведении химиотерапии при обоих протоколах, из ранних осложнений у животных наблюдалась диарея, ухудшение аппетита, либо отказ от пищи. В случае алиментарной формы лимфомы, данное состояние может оцениваться как проявление нарушений работы пищеварительной системы на фоне онкологического процесса, а не вследствие применения цитотоксических препаратов.

Отсутствие рвоты во время и после химиотерапии у животных в двух группах, объясняется применением противорвотного препарата маропитант во время премедикации и в течение трех суток после сеанса химиотерапии.

Ухудшение аппетита корректировали препаратом Миртазапин в дозировке

1/8 таблетки на кошку 1 раз в 48 часов. Животные хорошо на него реагировали и начинали самостоятельно потреблять корм в достаточном количестве.

Из отсроченных осложнений у всех животных 100% (n=10) из обеих групп наблюдалась миелосупрессия. В группе животных, получавших лечение по протоколу СОР, миелосупрессия у животных была выражена менее сильно (1-3 стадии). В группе животных, получавших лечение по протоколу АСОР, миелосупрессия была выражена сильнее (2-4 стадии).

Миелосупрессия корректировалась препаратом Тевагристим (Филгра-стим) в дозировке от 100 до 500 МЕ. На фоне приема препарата в первые дни у животных отмечался лейкоцитоз (более 20 тыс. кл/мкл). Так как, миелосупрессия контролировалась и медикаментозно корректировалась, клинически значимых осложнений вследствие лейкопении не наблюдалось.

Отдаленные осложнения в виде геморрагического цистита, которые отмечал Полиматиди В. О. в статье «Возможности лекарственной терапии лимфомы кошек по схеме СОР» [4], в данном исследовании у животных не были зарегистрированы. Возможно, потому что данное осложнение является редким и в маленькой выборке оно не встретилось.

После прохождения курса терапии при обоих протоколах отмечалось повышение уровня лейкоцитов (на 40% при протоколе СОР, на 46 % при протоколе АСОР). Увеличение данного показателя связано с остаточным действием Тевагристима. Так же, после окончания курса СОР и АСОР отмечалось незначительное снижение уровня эритроцитов – на 6% и 10,7% соответственно (Таблица 3). Это может быть связано с усиленным лейкопозом. Снижение уровня гемоглобина (на 7,9 % при СОР протоколе и на 17% при АСОР) в обеих группах может быть связано с ухудшением усвоения железа в организме, на фоне действия цитотоксических препаратов. Гематокрит снизился на 11,6% при применении СОР протокола и на 17% при применении АСОР. Снижение уровня гематокрита может быть связано с повышением уровня гидратации организма одновременно с незначительным уровнем снижения эритроцитов. Гематологические показатели крови в обеих группах животных до и после химиотерапии находятся в рамках физиологической нормы. Погрешности связаны с различным физиологическим состоянием животных при первичном поступлении в клинику, с различными формами лимфомы, различной возрастной группой.

По данным гематологического исследования, можно сделать вывод, что химиотерапевтические протоколы в обоих случаях оказывают примерно одинаковый уровень нагрузки и токсичности на организм, но животные в состоянии перенести весь курс лечения.

**Таблица 3. Динамика гематологических показателей
у животных подопытных групп (M±m; n=5)**

	WBC 10 ⁹ /l	BAS 10 ⁹ /l	RBC 10 ¹² /l	HGB g/l	HCT %	MCV fl	MCH Pg	MCHC g/l	PDW %	PLT 10 ⁹ /l
До начала химиотерапии										
COP	8,4 ±1,9	0,02 ±0,01	8,3 ±1,4	125,8 ±16,6	36,1 ±5,5	42,7 ±1	16,1 ±1,8	354,2 ±71,2	16,6 ±1,6	184,2 ±38,8
ACOP	6,7 ±3	0,03 ±0,01	8,4 ±0,6	141,2 ±21,4	39,4 ±5,6	46,2 ±2,3	17,4 ±1,4	362,2 ±5,7	18,0 ±0,8	280,8 ±62
После курса химиотерапии										
COP	11,8 ±3	0,004 ±0,002	7,8 ±0,9	115,8 ±10,6	31,9 ±3	42,08 ±1,1	15,3 ±1,2	361,4 ±9,2	11,6 ±3,5	224,6 ±43
ACOP	9,8 ±2,3	0,02 ±0	7,5 ±0,3	116 ±6	32,5 ±1,6	43,3 ±1	15,4 ±0,4	355 ±4,4	21,5 ±0,9	257 ±47,2

В Таблице 4 представлены результаты исследования динамики биохимических показателей крови на фоне химиотерапии. При протоколе COP снизился уровень креатинина на 17%, тогда как при ACOP протоколе уровень креатинина вырос на 4%. При этом, уровень креатинина крови в обеих группах животных, остается в рамках физиологической нормы. Уровень мочевины вырос на 8% при протоколе COP и снизился на 34% при ACOP. Уровень альбумина в крови вырос на 9% при протоколе COP и снизился на 7% при протоколе ACOP.

**Таблица 4. Динамика биохимических показателей
у животных подопытных групп (M±m; n=5)**

	CREA mkmol/L	BUN mmol/l	ALB g/l	GLU mmol/l	ALP U/l	TP g/l	ALT U/l
До начала химиотерапии							
COP	118 ±12,51	7,4 ±0,56	30,8 ±1,16	6,1 ±0,63	31,8 ±7,13	72,2 ±1,88	46,2 ±5,28
ACOP	90,2 ±12	10,4 ±1,8	32,2 ±1,2	7,3 ±1,3	70,0 ±32	75,2 ±4,6	118,6 ±80
После курса химиотерапии							
COP	97 ±11,17	8,0 ±1	33,6 ±1,54	7,0 ±0,42	39,4 ±9,27	72,4 ±2,58	49,1 ±3,17
ACOP	93,6 ±6,9	7,2 ±0,8	29,8 ±0,7	6,6 ±0,5	53,2 ±7	72,4 ±1,2	60,4 ±10,7

Уровень щелочной фосфатазы и АЛТ вырос на 24% и 6% соответственно, при

протоколе СОР. При этом ЩФ и АЛТ снизились на 24% и 49% соответственно. В группе АСОР такое снижение печеночных показателей объясняется первичными показателями кота Фунтика. На фоне химиотерапевтического лечения алиментарной формы лимфомы и сопутствующего лечения холангиогепатита и панкреатита, улучшилась работа гепатобилиарной системы и желудочно-кишечного тракта.

Доксирубицин, который применялся в протоколе АСОР, не вызвал описываемого в литературе нефротоксического эффекта у животных. Несмотря, на незначительное повышение уровня креатинина в крови, его уровень находится в пределах физиологической нормы. Такое повышение не имеет клинического значения и колебание его уровня может быть связано с питанием животного, уровнем его активности.

Исходя из данных биохимического исследования крови, можно сделать вывод, что протокол АСОР по уровню токсичности не превышает уровня токсичности протокола СОР.

В группе животных, получавших лечение по протоколу СОР, общая продолжительность жизни составила 255 дней (Таблица 5). Медиана продолжительности жизни составила 283 дня (колебания от 34 дней до 408 дней).

В группе животных, получавших лечение по протоколу АСОР, общая продолжительность жизни составила 330 дней. Медиана продолжительности жизни составила 314 дней (колебания от 104 дней до 516 дней).

Таблица 5. Продолжительность жизни животных подопытных групп

Кличка	Пол	Возраст на момент поступления	Форма	Продолжительность жизни, дни
Животные, получавшие лечение по протоколу СОР				
Веста	Самка	9 лет	Алиментарная	305
Вася	Самец	7 лет 6 мес	Алиментарная (ВИК +)	34
Филя	Самец	4 года	Мультицентрическая	283
Марго	Самка	10 лет	Алиментарная	242
Норик	Самец	9 лет	Назальная	408 (жив)
Животные, получавшие лечение по схеме АСОР				
Семен	Самец	8 лет 6 мес	Алиментарная	278 (жив)
Кот	Самец	5 лет	Стерральная (ВЛК+)	576 (жив)
Фунтик	Самец	7 лет	Алиментарная	104 (жив)
Яша	Самец	8 лет	Алиментарная	314
Ася	Самка	11 лет	Назальная	378

Для более объективной оценки эффективности химиотерапевтического лечения онкологических заболеваний требуется проведение более длительных исследований с большей выборкой животных. Данное исследование, не являясь ретроспективным, сталкивается с определенными ограничениями, которые существенно влияют на его способность предоставлять полную и точную картину

долгосрочной выживаемости пациентов после курса химиотерапии. На момент написания работы 40% (n=4) животных из исследуемых групп остаются живы, что затрудняет формирование окончательных выводов о продолжительности их жизни и эффективности проведенного лечения. Отсутствие ретроспективного анализа в данном контексте означает, что исследование не включает в себя данные за длительный период времени, что ограничивает возможность оценки долгосрочных результатов лечения. Без ретроспективного компонента сложно определить тенденции в выживаемости и возможные отдаленные эффекты химиотерапии.

Для более объективной оценки эффективности химиотерапевтического лечения онкологических заболеваний у животных необходимо проведение более длительных исследований. Увеличение времени проведения исследования позволит собрать данные о долгосрочной выживаемости и выявить отдаленные эффекты химиотерапии. Длительное наблюдение за пациентами поможет оценить устойчивость ремиссии и частоту рецидивов. Кроме того, расширение выборки животных в исследовании повысит статистическую значимость результатов и позволит выявить более точные закономерности. Большая выборка обеспечит более разнообразное представление о реакции на лечение при различных формах лимфомы.

Выводы: 1. Короткие протоколы химиотерапии СОР и АСОР демонстрируют сопоставимую эффективность при лечении лимфом у кошек: медиана продолжительности жизни составила 283 дня для протокола СОР и 314 дней для АСОР.

2. Оба протокола имеют сходный уровень токсичности и переносимости.

3. Наиболее частым осложнением у всех животных (100 % случаев) стала миелосупрессия, менее выраженная в группе СОР (1-3 стадия), более тяжёлая в группе АСОР – (2–4 стадия). При этом осложнения успешно корректировались препаратом Тевагристим (Филграстим), клинически значимых последствий лейкопении не зафиксировано.

4. Биохимические показатели крови (креатинин, мочеви́на, альбумин, АЛТ, ЩФ) после химиотерапии оставались в пределах нормы. Доксирубицин в составе протокола АСОР не вызвал клинически значимой нефротоксичности.

5. В целом короткие протоколы СОР и АСОР могут рассматриваться как перспективная опция терапии лимфом у кошек, обеспечивающая приемлемое качество жизни и удовлетворительные показатели выживаемости при контролируемой токсичности.

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

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

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 in cats and dogs. / T.Gieger // Vet Clin North Am Small AnimPract. – 2011. – Vol. 41. – P. 419-432.

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.

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.

619:616.995.122.21-084:636.7

**ДИНАМИКА ВЫДЕЛЕНИЯ
ИНВАЗИОННЫХ СТАДИЙ
ECHINOCOCCUS GRANULOSUS У
СОБАК ПОСЛЕ
ДЕГЕЛЬМИНТИЗАЦИИ**

**DYNAMICS OF THE SHEDDING
OF INFECTIVE STAGES OF
ECHINOCOCCUS GRANULOSUS
IN DOGS FOLLOWING
ANTHELMINTIC TREATMENT**

Лукьянова Г.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

Лукьянов М.Р., студент, Институт «Медицинская академия им. С.И. Георгиевского» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

Lukianova G.A., doctor of veterinary sciences, institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»

Lukianov M.R., student of institute “Medical Academy named after S.I. Georgievsky” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»

Изучена динамика выделения инвазионных элементов Echinococcus granulosus – яиц, члеников и имагинальных форм после проведения дегельминтизации собак, заражённых цестодозом, препаратом Празител суспензия. Установили, что на протяжении первых трёх суток после применения препарата все структуры цестодозного паразита выделялись с той или иной интенсивностью. Первые и последующие сутки характеризовались преобладанием в фекалиях яиц эхинококка. Максимальное их количество отмечали ко второй дефекации – первые сутки - $179,4 \pm 22,9$. С первых суток после применения антгельминтика в фекалиях появляются деструктурированные цестоды, которых до дегельминтизации в кале не наблюдали. Численность мёртвых и разрушенных гельминтов в испражнениях собак после обработки постепенно нарастает и достигает пика ко вторым суткам - $76,5 \pm 21,8$ штук

The dynamics of the shedding of infective elements of Echinococcus granulosus—eggs, proglottids, and adult forms—were investigated following anthelmintic treatment of cestode-infected dogs with Prazitel suspension. It was established that during the first three days after treatment, all structural components of the cestode parasite were excreted with varying intensity. The first and subsequent days were characterized by a predominance of Echinococcus eggs in the feces. Their maximum number was recorded by the second defecation on day 1 (179.4 ± 22.9). From the first day after administration of the anthelmintic, structurally disrupted cestodes appeared in the feces, which had not been observed prior to deworming. The number of dead and degraded helminths in the feces of treated dogs gradually increased, reaching a peak on day 2 (76.5 ± 21.8 specimens per gram). Seventy-two hours after deworming, no infective elements were detected in the feces. By this time,

в 1 г. Через 72 часа после дегельминтизации в фекалиях собак инвазионных элементов не выявляли. Фекалии к этому времени являются не опасными для заражения промежуточными хозяевами – человеком и другими животными.

Ключевые слова: *Echinococcus rganulosis*, дегельминтизация, собаки.

the feces were considered non-infective for intermediate hosts, including humans and other animals.

Keywords: *Echinococcus rganulosis, anthelmintic treatment, dogs.*

Введение. В эпизоотологической и эпидемиологической структуре паразитарных заболеваний одно из ведущих мест принадлежит заболеванию эхинококкоз. Данный паразитоз опасен как для животных, так и для человека. Он вызывает не только локальные поражения внутренних органов, но и в целом негативно влияет на весь организм, вызывая общие изменения и может привести даже к летальным последствиям [2]. Паразитируя годами, гельминт способствует длительному негативному воздействию. Эхинококковые пузыри поражают жизненно важные паренхиматозные органы, а в также регистрируются случаи нетипичного роста пузырей в таких органах как головной мозг, сердце и другие [1]. Поскольку воздействие паразита крайне негативное и для человека, например, применяются чаще оперативные методы лечения, то мероприятия по профилактике заражения приобретают особую значимость. Заражение животных и человека происходит от инвазированных собак, которые выделяют с фекалиями членики с яйцами паразитов, обсеменяя окружающую среду, через которую впоследствии заражаются все млекопитающие. В связи с этим ключевая роль отводится контролю заражённости собак гельминтами, регулярной их дегельминтизации и недопущения заражения собак от промежуточных хозяев – животных. Заражённые собаки представляют опасность как в период носительства гельминтов в кишечнике, так и в период после проведённой дегельминтизации, так как в это время ещё могут выделяться членики и яйца *Echinococcus rganulosis*.

Цель исследований - определить сроки после дегельминтизации собак, когда в их фекалиях не выявляются инвазионные элементы.

Материал и методы исследований. Исследования проводили на приотарных собаках, в фекалиях которых были выявлены членики и яйца *Echinococcus rganulosis*. Фекалии животных исследовали методом последовательных промываний (для выявления члеников и целых гельминтов с их последующей гельминтоскопией для установления видовой принадлежности) и методом по Г.А. Котельникову и В.М. Хренову (для выявления яиц тениид). В опыте было спонтанно заражённых 11 собак.

Животных дегельминтизировали препаратом Празител суспензия в дозе 1 мл на 5 кг живого веса перорально при помощи шприца-дозатора однократно в утреннее кормление. Собаки после дачи препарата находились в закрытом

вольере, изолированно друг от друга. Каждую дефекацию фекалии собирали индивидуально и исследовали на наличие инвазионных элементов. После исследования фекалии подвергали сжиганию.

Параллельно проводили исследование показателей крови собак для установления их изменений под действием паразитов и после освобождения от гельминтов. Кровь отбирали из локтевой вены до дегельминтизации и через 1, 2 и 3 суток после, утром, натощак. Определяли количество эритроцитов, лейкоцитов, общий гемоглобин, концентрацию общего белка, % содержание эозинофилов и СОЭ.

Результаты исследований и обсуждение. В результате проведённых исследований мы установили, что первая дефекация после проведённой дегельминтизации у 8-х животных была примерно через 12 часов и у трёх – через 6 часов. Фекалии были несколько размягчённой консистенции, визуально в испражнениях паразиты никакие не выявлялись. При копрологическом исследовании в данный период в кале выявляли членики, яйца и одиночных имагинальных эхинококков (табл. 1). В это время только начинается паралич цестод под воздействием препаратов, поэтому паразиты ещё активно не выходят с фекалиями, а членики и яйца выделяются в обычном режиме, так как они ещё в достаточном количестве имеются в кишечнике.

Таблица 1. Выявление паразитарных элементов *Echinococcus rganulosis* в фекалиях собак после дегельминтизации

Время исследований	Кол-во инвазионных элементов в 1 г фекалий		
	яйца	членики	взрослые <i>Echinococcus rganulosis</i>
До дегельминтизации	178,4±13,8	88,3±0,2	-
После дегельминтизации			
6-12 часов	154,6±23,7*	94,7**	6,4±0,2
12-24 часа	179,4±22,9	89,4±21,5**	45,7±12,1
24-48 часов	23,7±9,1*	65,3±18,1	76,5±21,8*
48-72 часа	-	-	-

Примечание: * – $P < 0,01$, ** – $P < 0,05$ по сравнению с контрольной группой

Через 20-24 часа (первые сутки после обработки) у всех животных прошла вторая дефекация. Гельминтокопрологические исследования показали наличие фрагментов разрушенных взрослых эхинококков и целых парализованных гельминтов, остатки проглоттид и большое количество яиц гельминта *Echinococcus rganulosis*. В это время начинается массовая гибель цестод и выведение их из кишечника. При разрушении гельминтов и их члеников высвобождается и множество яиц – до 179,4±22,9 в 1 г фекалий.

Через 48 часов (вторые сутки после дегельминтизации) исследованы фекалии 3-4 дефекации. В них выявлены большие количества деструктированных форм стробилы цестод, фрагменты их тел, незначительное количество яиц. Массовое поражение гельминтов и их выход с экскрементами по сравнению с предыдущими днями сопровождается снижением количества яиц цестод, так

как яйца уже не продуцируются и выходят их остатки.

На третьи сутки исследований (72 часа после применения препарата) во всех происследованных фекалиях у всех животных не обнаруживали никаких инвазионных элементов цестод.

При анализе показателей крови установили, что до дегельминтизации у животных было несколько понижено содержание эритроцитов в крови и составляло $4,5 \pm 0,3$ Т/л (табл. 2). Незначительная эритропения на наш взгляд является следствием интоксикации, вызванной продуктами жизнедеятельности паразитов в кишечнике. Токсины действуют на костный мозг и умеренно угнетают эритропоэз. Также паразиты, вызывая хронический воспалительный процесс в кишечнике, препятствуют процессам всасывания необходимых элементов для синтеза эритроцитов – железа, белка, витаминов группы В. Всё это препятствует нормальному синтезу эритроцитов и сокращают продолжительность их жизни. На протяжении первых трёх суток мы ещё не регистрировали нормализации показателей численности эритроцитов в крови, так как в этот период происходила массовая гибель цестод, их распад и интоксикация продуктами распада гельминтов усиливалась. При этом воспалительные процессы в кишечнике ещё не успели купироваться. Вследствие указанных факторов к 3-м суткам после дегельминтизации показатели численности эритроцитов в крови были всё ещё ниже физиологических.

Таблица 2. Показатели крови у собак при эхинококкозной

инвазии и после дегельминтизации

Показатель	До дегельминтизации	После дегельминтизации		
		1 сутки	2 сутки	3 сутки
Эритроциты, Т/л	$4,5 \pm 0,3$	$4,3 \pm 0,6$	$4,6 \pm 0,2$	$5,1 \pm 1,1$
Лейкоциты, Г/л	$14,7 \pm 1,3$	$16,7 \pm 2,2$	$13,4 \pm 1,6$	$8,4 \pm 0,7$
Эозинофилы, %	$12,2 \pm 0,6$	$10,2 \pm 1,6$	$10,3 \pm 0,5$	$9,4 \pm 0,2$
Гемоглобин, г/л	$102,4 \pm 12,6$	$108,6 \pm 14,7$	$118,6 \pm 17,2$	$119,8 \pm 31,9$
Общий белок, г/л	$59,3 \pm 7,4$	$56,4 \pm 2,8$	$61,7 \pm 3,8$	$64,4 \pm 7,3$

Примечание: * – $P < 0,01$, ** – $P < 0,05$ по сравнению с контрольной группой

Аналогичную картину наблюдали и со стороны концентрации гемоглобина в крови. Этот показатель тесно связан с эритроцитами и причина выявленной закономерности динамики данного показателя схожа. То есть за счёт интоксикации и нарушения всасывания в кишечнике наблюдается низкая концентрация гемоглобина у инвазированных животных – $102,4 \pm 12,6$. После дегельминтизации показатель нормализуется очень медленно и к 3-м суткам ещё не достигает нормы.

У инвазированных собак отмечали лейкоцитоз крови по причине хронического антигенного раздражения. После проведённой дегельминтизации воспалительный ответ на действие продуктов распада гельминтов усиливался, что привело к повышению численности лейкоцитов в крови в первые сутки. В последующем, когда основная часть погибших цестод начала выделяться из организма – 2 сутки лейкоциты в крови постепенно стабилизировались и к 3-м

суткам были на уровне нормативных показателей – $8,4 \pm 0,7$ Г/л.

До проведения дегельминтизации также отмечали эозинофилию в крови – типичный ответ организма на гельминтоз. После применения препарата и начала выведения цестод эозинофилы начали постепенно снижаться и 3-м суткам практически достигли нормальных показателей неинвазированных животных. Быстрое падение численности эозинофилов в крови является следствием нескольких причин. Первое – это снижение их продуцирования из-за снижения антигенной стимуляции организма антигенами гельминта. Второе – усиленный выход их из крови в ткани для элиминации продуктов распада паразитов под действием препарата. И третья причина – усиленная выработка кортизола – гормона стресса – на продукты распада цестод. А кортизол в свою очередь угнетает выход эозинофилов из костного мозга. Таким образом уже в первые сутки мы и наблюдали быструю нормализацию данного показателя.

Хроническая эхинококковая инвазия у собак характеризовалась гипопроотеинемией – $59,3 \pm 7,9$ г/л. Длительное влияние гельминтов на организм животных вызывает хроническое антигенное воздействие, воспалительные процессы в кишечнике и как следствие нарушение всасывания, в том числе и белковых продуктов.

Первые сутки после освобождения от паразитов характеризовались снижением концентрации общего белка в сыворотке крови до $56,4 \pm 2,8$ г/л. Масовая гибель паразитов при этом способствовала попаданию большого количества антигенов, что активизировало цитокины и печень вследствие этого начинает активно синтезировать белки острой фазы воспаления, но снижать синтез альбуминов. Поэтому общая концентрация белка временно падает, так как альбумины снижаются очень быстро. Параллельно идёт потеря белка через кишечник так как усиливается экссудация и секреция белка из-за раздражения слизистой продуктами распада паразитов. На вторые сутки антигенная нагрузка снижается поскольку большая часть гельминтов уже выделились, снижается воспаление в кишечнике, печень нормализует синтез альбуминов и баланс белка выравнивается. К 3-м суткам содержание белка в сыворотке крови уже было в границах физиологической нормы, хотя ещё и не высокое – $64,4 \pm 7,3$ г/л.

На основании проведённых исследований мы установили, что фекалии собак после дегельминтизации на протяжении первых 72 часов представляют опасность для заражения животных и человека, так как содержат значительное количество инвазионных паразитарных элементов – проглоттид и яиц. Пик выделения яиц приходится на период 24-48 часов, но и в другие фазы исследований до 3-х суток фекалии являются опасными для заражения. При контакте с такими животными и средой в которой они находятся вероятность инвазирования очень высокая. После дегельминтизации первые трое суток возникает необходимость содержать собак на привязи или в вольере, чтобы они не разносили яйца эхинококка по территории. После проведённой антгельминтной обработки фекалии следует утилизировать сжиганием и провести дезинвазию места где содержались животные, так как там находятся яйца паразитов, которые длительно сохраняются во внешней среде [3].

Выводы. 1. После дегельминтизации собак инвазированных *Echinococcus granulosus* выделение инвазионных элементов (яиц, члеников, имаго) наблюдается в течение первых 72 часов.

2. Пик выделения заразных форм цестод приходится на вторые сутки после обработки.

Список использованных источников:

1. Жекамухова, М.Х. Восприимчивость собак к эхинококкозу на юге России и разработка методов терапии / М.Х. Жекамухова, А.М. Биттиров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2008. – №19-1, Том 3. – С. 243-245.

2. Разиков, Ш.Ш. Химиотерапия тениидозов собак / Ш.Ш. Разиков // Российский паразитологический журнал. – 2010. – №2. – С. 126-128.

3. Усовершенствование методов терапии эхинококкоза собак с применением празифена и азинала собственного производства / И.Х. Шахбиев, Р.Б. Берсанукаева, А.И. Тохоева [и др.] // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2013. – №14. – С. 406-408.

References:

1. Zhekamukhova, M.Kh. Vospriimchivost' sobak k ekhinokokkozu na yuge Rossii i razrabotka metodov terapii / M.Kh. Zhekamukhova, A.M. Bittirov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2008. – No. 19-1, Vol. 3. – P. 243–245.

2. Razikov, Sh.Sh. Khimioterapiya teniidov sobak / Sh.Sh. Razikov // Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal. – 2010. – No. 2. – P. 126–128.

3. Uovershenstvovanie metodov terapii ekhinokokkoza sobak s primeneniem prazifena i azinala sobstvennogo proizvodstva / I.Kh. Shakhbiev, R.B. Bersanukaeva, A.I. Tokhaeva [i dr.] // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami. – 2013. – No. 14. – P. 406–408.

Сведения об авторах:

Лукьянова Галина Александровна – доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: njanja74@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Лукьянов Михаил Русланович – студент Института «Медицинская академия им. С.И. Георгиевского»

Information about the authors:

Lukianova Galina Alexandrovna - Doctor of Veterinary Science, Professor, professor by a department microbiology, epizootology and veterino-sanitary expertis, Institute "Agrotechnology academi" FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: njanja74@mail.ru, institute "Agrotechnology academi" FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Lukianov Michail Ruslanovich – student of institute "Medical Academy

ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: njanja74@mail.ru, 295492, г. Симферополь, институт «Медицинская академия им. С.И. Георгиевского» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

named after S.I. Georgievsky” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: njanja74@mail.ru, 295492, t. Simferopol, institute “Medical Academy named after S.I. Georgievsky” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University”.

УДК 619: 616-006: 616-091.8

КЛИНИКО-ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТИНА ОПУХОЛЕЙ У СОБАК**CLINICAL AND PATHOLOGICAL FEATURES OF CANINE TUMOURS**

Нехайчук Е.В., кандидат ветеринарных наук;

Скобельская Т.П., кандидат ветеринарных наук;

Жирова Н.А., обучающаяся 2 курса факультета ветеринарной медицины Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

Nekhaychuk E.V., Candidate of Veterinary Medicine;

Skobelskaya T.P., Candidate of Veterinary Medicine;

Zhirova N.A., 2nd year student of the Faculty of Veterinary Medicine, Institute of Agrotechnological Academy of FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University"

В ходе работы впервые в сравнительном ключе были систематизированы и детально изучены данные о распространённости новообразований различного генеза и локализации у собак на территории г. Симферополя Республики Крым. Проведён анализ распределения онкологических патологий у животных в зависимости от трёх факторов: возраста, пола и породной принадлежности. Выявлены характерные цитологические и патоморфологические признаки, регистрируемые при обследовании собак с опухолевыми заболеваниями.

Ключевые слова: морфология, новообразования, собаки, микроскопическая картина, химиотерапия.

In the course of the work, for the first time, data on the prevalence of neoplasms of various origins and localization in dogs in the city of Simferopol, Republic of Crimea, were systematized and studied in detail in a comparative manner. An analysis of the distribution of oncological pathologies in animals was conducted, depending on three factors: age, gender, and breed. Characteristic cytological and pathomorphological signs were identified during the examination of dogs with tumor diseases.

Keywords: neoplasms, dogs, microscopic picture, chemotherapy, morphology.

Введение. В последние годы онкологические заболевания вызывают всё больше интереса как в медицине, так и в ветеринарии. По данным Университетского Онкологического Центра при НИИ хирургии и неотложной медицины ПСПБГМУ им. акад. И. П. Павлова, ежегодно в мире от рака умирает около 8,2 млн человек, из которых примерно 300 тысяч – граждане России. Аналогичная тенденция наблюдается и среди животных: число спонтанных опухолей неуклонно растёт. Статистика по домашним питомцам показывает, что злокаче-

ственные новообразования чаще всего встречаются у собак и кошек, становясь причиной их гибели или вынужденной эвтаназии по просьбе владельцев [1, 3, 5].

Поскольку мелкие домашние животные живут в тесном контакте с человеком, они испытывают воздействие тех же факторов окружающей среды. Поэтому изучение спонтанно возникающих опухолей у животных имеет большое значение для сравнительной онкологии [7].

Ключевые направления научных исследований в онкологии – это установление причин возникновения опухолей, разработка новых методов диагностики, профилактики и лечения. Однако на сегодняшний день многие вопросы, связанные с семиологией злокачественных новообразований у мелких домашних животных, остаются недостаточно изученными и освещёнными [5, 6].

При обследовании животных с подозрением на рак в большинстве ветеринарных клиник в основном применяются физикальные методы. При этом гематологические и морфологические исследования при диагностике новообразований проводятся не в полном объёме. Часто специалистам не хватает профильных знаний или возможностей для их углубления. Кроме того, проблема усугубляется высокой стоимостью некоторых специфических анализов, а порой и их полным отсутствием [2, 4].

Всё вышесказанное подтверждает, что наши исследования являются своевременными и актуальными.

Материалы и методы исследования. Исследование выполнялось в период с 2022 по 2023 год включительно на базе ветеринарной клиники «ЗооДоктор» в г. Симферополе Республики Крым. В основу легли данные 24 собак, у которых лечение новообразований проводилось по стандартному протоколу, принятому в данной клинике. Дополнительно для статистического анализа были проанализированы аналогичные клинические случаи у собак различных пород и мастей в возрасте от 3 до 18 лет, зарегистрированные за 2022-2025 годы. Использовали клинические, микро- и макроморфологические, гистологические, цитологические и статистические методы исследования.

Результаты и обсуждение. В первом клиническом случае пациент – некастрированный кобель породы питбультерьер, 8 лет. Условия содержания: уличное (на привязи), питание неполноценное. При осмотре выявлено диффузное поражение кожи латеральной области бедра. Волосяной покров в этой зоне был истончен: волосы выпадали или легко удалялись при минимальном воздействии, сохраняясь лишь на участках длиной 0,5–1,5 см. Предварительный диагноз предполагал наличие новообразования, требующего хирургической эксцизии с последующим гистологическим исследованием. Операция проведена с соблюдением правил асептики и антисептики. Иссечение выполнялось в пределах здоровых тканей для обеспечения «чистоты» краёв раны, что является эффективной мерой профилактики рецидивов. Дефект, образовавшийся после удаления опухоли, закрыт хирургическим лоскутом. В области латеральной поверхности бедра визуализировалось узловое образование беловатого цвета, плотное, окру-

жённое капсулой, размерами 5×5 см (рис. 1). Фрагмент новообразования направлен на гистологию в московскую лабораторию. После операции пациенту назначены курс антибиотиков, нестероидные противовоспалительные препараты, ежедневная двухкратная обработка швов, которые сняли на 14-е сутки. Заживление раны проходило активно, без признаков нагноения.

На гистологическом уровне установили, что новообразование построено из полиморфных клеток средней величины округлой или неправильной формы с эозинофильной цитоплазмой, расположенными преимущественно рыхло. В большей части клеток наблюдается умеренная или слабовыраженная мелкодисперсная базофильная зернистость. Ядерный аппарат клеток вариабелен: ядра полиморфные, могут быть округлыми или иметь неправильную форму, светлые, с мелкодисперсным распределением хроматина. Присутствуют клетки с гиперхромными, а также с укрупнёнными ядрами. Митотическая активность низкая — от 0 до 1 митоза в поле зрения, суммарно насчитывается 3 митотические фигуры на 10 полей зрения (рис. 2). В строме опухоли определяется диффузно-очаговая инфильтрация эозинофилами.

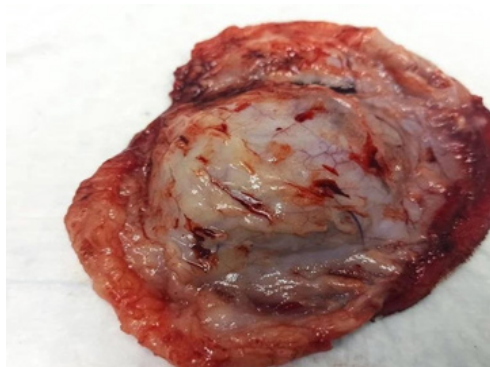


Рисунок 1. Отделенное новообразование (мастоцитомы) некастрированного кобеля, породы питбультерьер, 8 лет

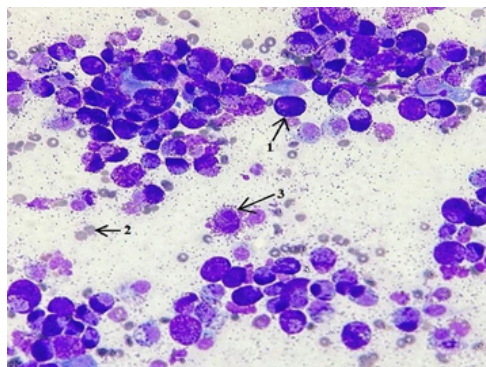


Рисунок 2. Микроскопия мастоцитомы при увеличении ×400 (1 – мастоцит, 2 – эритроциты, 3 – эозинофил)

На основании гистологического исследования принято решение отказаться от проведения химиотерапии данному пациенту. Несмотря на злокачественный характер удалённой опухоли, ключевым критерием для назначения химиотерапевтических средств является степень дифференцировки новообразования. В представленном случае мастоцитомы относится к высокодифференцированному типу. Такие опухоли характеризуются крайне медленным ростом и низким метастатическим потенциалом (не превышающим 10%).

В ветеринарной клинике, являвшейся базой для проведения исследований, зарегистрировано ещё 12 случаев данной патологии. В 10 из них новообразование было успешно удалено хирургическим путём, а состояние животных переведено в ремиссию.

Во втором клиническом случае – кобель, беспородный метис, возраст 11,5 лет. Кастрация проведена в возрасте 9 лет. Собака содержится во дворе частного дома, рацион составляют натуральные продукты (рис, гречка, овсянка, морковь, курица, говядина), иногда владельцы добавляют сухой корм. Животное вакцинировано. При осмотре множественные незаживающие раны по всему телу (поражены бёдра, спина, шея и живот), помутнение роговицы глаз, патологические изменения полового члена, отсутствие аппетита, а также изъязвления в ротовой полости. Все раневые поверхности мокнущие, часть из них имеет гнойные выделения. Собака постоянно вылизывает доступные участки поражения. Все перечисленные симптомы развились в течение полугода. На слизистой оболочке полового члена выявлены множественные бледно-розовые образования мягкой консистенции с мелкобугристой поверхностью, расположенные на широком основании (рис. 3). Они легко травмируются и обильно кровоточат. Диаметр узлов варьирует от 1,9 до 3,2 см. В условиях ветеринарной клиники под общей анестезией у животного был взят биопсийный материал и направлен на гистологию.

В предоставленном образце выявлен компактный инфильтрат без чётких границ с окружающей неизменённой тканью. Инфильтрат образован крупными округлыми клетками (диаметр ядер в 2–2,5 раза превышает диаметр эритроцита) с большим объёмом светлой эозинофильной гомогенной цитоплазмы, имеющей очень чёткий контур. В клетках определяются единичные центральные округлые ядра с тонким сетчатым хроматином и единичными крупными отчётливыми ядрышками (рис. 4).



Рисунок 3. Внешний вид полового члена кастрированного кобеля, беспородного метиса, возраст 11,5 лет

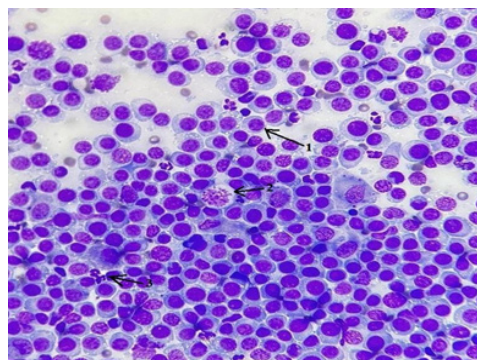


Рисунок 4. Микроскопическая картина трансмиссивной венерической саркомы при увеличении $\times 400$ (1 – опухолевая клетка, 2 – митотическая фигура, 3 – дегенеративный нейтрофил)

Количество митозов — до 69 на 10 полей зрения при увеличении $\times 400$. Опухолевая ткань местами разделена тончайшими фиброзными прослойками,

формирующими ячеистоподобные структуры.

По гистологическим данным поставлен диагноз трансмиссивной венерической опухоли (саркомы) собак. Это новообразование, обладающее уникальной способностью передаваться от собаки к собаке не только при половом контакте, но и при тесном физическом взаимодействии (обнюхивание, драки и т.п.). Основным резервуаром инфекции в популяции служат стаи бездомных собак, а также животные с неконтролируемой половой активностью на свободном выгуле. У большинства собак опухоль проходит три фазы: активного роста (несколько недель или месяцев), стабилизации и спонтанного регресса. Однако у некоторых животных регрессия замедлена или вовсе отсутствует. Частота метастазирования в целом невысока, но в отдельных случаях возможны обширные метастазы в лимфатические узлы, кожу, головной мозг, глаза и паренхиматозные органы. Отсутствие регрессии и склонность к метастазированию, как полагают, связаны с нарушениями иммунного ответа у пациента. Наиболее распространённый метод терапии — монотерапия винкристином. Подавляющее большинство опухолей достигают ремиссии без применения препаратов второй линии или лучевой терапии. Для профилактики дальнейшего распространения заболевания рекомендуется изолировать больных животных на весь период лечения и в дальнейшем избегать их свободного выгула. Пациенту назначено лечение преднизолоном 5 мг — 1 мг/кг однократно в сутки, курс 10 дней.

За период наблюдений в ветеринарной клинике «ЗооДоктор» было зарегистрировано ещё два случая трансмиссивной венерической саркомы. Один из них закончился летально из-за сильно запущенного септического процесса и позднего обращения владельцев.

В третьем клиническом случае собака по кличке Дикси, возраст около десяти лет, стерилизована. Животное было найдено на улице в тяжёлом состоянии, сведения о прививках отсутствуют, ушная бирка не обнаружена. Установлена рана открытого типа неизвестного происхождения, припухлость в зоне левого подчелюстного лимфоузла, повышенное слюноотделение, зловонный запах из ротовой полости, а также общее угнетение, снижение аппетита и другие системные симптомы.

Врачом был установлен предварительный диагноз: новообразование в области живота, принято решение о хирургическом вмешательстве. Увеличение пальпируемых лимфоузлов, гепатомегалия, спленомегалия. Опухоль размерами 11×10 см, влажная, с кровоточащими участками, окраска варьировала от мускатной до бледно-розовой, консистенция мягкая (рис. 5).

На гистологических срезах фрагменты жировой ткани с обширными зонами некроза и круглоклеточной инфильтрацией. Очаг инфильтрации небольшой, представлен пластами клеток на тонкой сосудистой строме. Клеточные границы различимы слабо, цитоплазма скудная, ядра округлые, расщеплённые или полигональные, размером около 1,5 эритроцита, с мелкозернистым хроматином, изредка — с крупным ядрышком. Анизокариоз умеренный. Митозы

в количестве 10 на 10 полей зрения при увеличении $\times 400$ (рис. 6). Отмечаются единичные гистиоциты и плазмоциты. На границе с некрозом – умеренная диффузная инфильтрация нейтрофилами и макрофагами.



**Рисунок 5. Лимфома
стерилизованной беспородной
собаки, возраст около 10 лет**

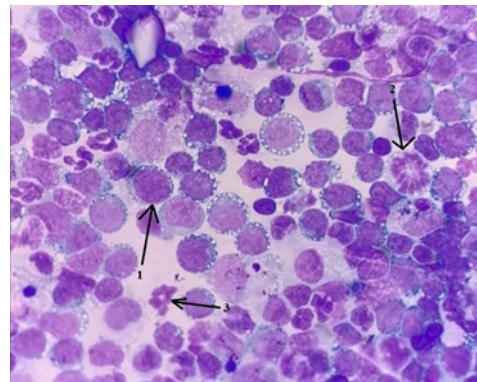


**Рисунок 6. Микроскопическая
картина лимфомы при увеличении
 $\times 400$ (1 – лимфоцит,
2 – митотическая фигура,
3 – дегенеративный нейтрофил)**

По гистологическим данным поставлен диагноз лимфома из малых лимфоцитов. Назначенное лечение преднизолоном 1 мг/кг 1 раз в сутки в течение 15 дней, винкристином (1 мг/мл):0,8 мг на м² 1 раз в неделю внутривенно капельно, курс 5 недель. Теоретически после такой терапии возможен полный или частичный регресс лимфомы, однако лечение было начато слишком поздно – наступил летальный исход.

За время наблюдения в клинику поступило ещё четыре животных с аналогичным диагнозом. Благодаря своевременному обращению владельцев все они были успешно переведены в состояние ремиссии.

В четвертом клиническом случае померанский шпиц, кобель, 7,5 лет, не кастрирован, в вязках не участвовал. Питается кормами суперпремиум-класса, вакцинация не проводилась ни разу. Проживает в частном доме, имеет доступ к контакту с бродячими животными. Установили алопеции в области наружных половых органов, нижней части живота, груди и боков, выявлены отёк одного из тестикулов, локальное повышение температуры кожи над ним, а также крипторхизм.

Врачом был установлен предварительный диагноз: орхит, крипторхизм. Выполнена диагностическая кастрация (рис. 7) с последующим направлением биоматериала на гистологическое исследование в ветеринарную лабораторию. Единичный плотный узел диаметром 2 см, серо-розового цвета, с жёлтыми некротическими очагами. На разрезе узел возвышается над окружающей паренхимой органа, видны мелкие кровоизлияния. На гистологическом уровне фрагменты семенника с субтотальным некрозом ткани. На фоне некроза опре-

деляются альвеолярно-тубулярные структуры разного размера, сформированные клетками мелкой и средней величины, полигональной неправильной формы с нечёткими границами и эозинофильной цитоплазмой. Часть клеток имеет вакуолизированную цитоплазму. Ядра — мелкие, округлые или вытянутые, центральной локализации, нормохромные и гиперхромные, с грубодисперсным хроматином. Клеточный и ядерный полиморфизм умеренные (рис. 8). Описанная картина соответствует интратубулярной семиноме.

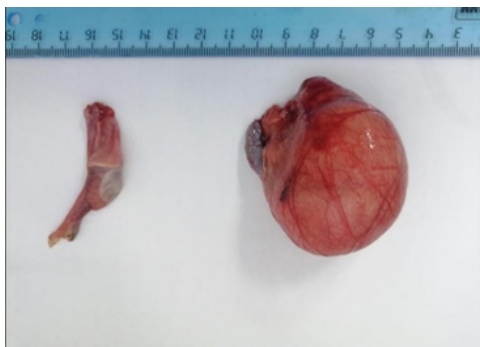


Рисунок 7. Семенники кастрированного кобеля, возраст 7,5 лет

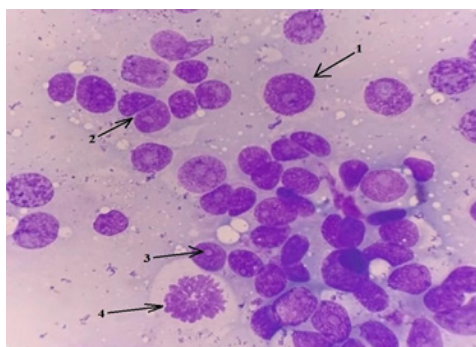


Рисунок 8. Микроскопическая картина сеиномы при увеличении x400 (1 — неопластическая клетка, 2 — двуядерная клетка, 3 — ядрышко, 4 — митотическая фигура)

В данном случае после кастрации и курса по протоколу СНОР-short была достигнута ремиссия. Параллельно в ветклинике «Зоодоктор» зафиксировано ещё два случая сеиномы у кобелей, также завершившихся ремиссией.

Примерно у половины собак с сеиномами наблюдаются признаки гиперэстрогении, проявляющиеся феминизацией: двусторонняя симметричная алопеция, гиперпигментация и истончение кожи, гинекомастия, галакторея, повышенное внимание со стороны других кобелей, атрофия препуция и контрлатерального семенника, угнетение функции костного мозга. Феминизация чаще встречается при крипторхизме и экстракросотальной локализации опухоли.

Таким образом, мастоцитомы входят в число самых частых кожных новообразований у собак (54,2%). К ним предрасположены гладкошёрстные породы, брахицефалы, а также золотистые ретриверы, бернские зенненхунды, таксы и корги. Средний возраст манифестации мастоцитомы — 9 лет, зависимости от пола не выявлено.

На втором месте по частоте среди всех новообразований у собак в г. Симферополе находится лимфома (20,8%). Эта опухоль отличается высокой степенью злокачественности, агрессивным течением и быстрым прогрессированием от момента появления первых симптомов. Чёткой возрастной привязки не установлено, однако заболевание чаще поражает пожилых собак. У молодых особей лимфомы также встречаются, но протекают ещё более стремительно и агрессивно.

Породная предрасположенность отмечена у лабрадоров, золотистых ретриверов, ротвейлеров, корги и боксёров. Летальность при этой опухоли составила 20%.

Трансмиссивная венерическая саркома по результатам наших исследований занимает третью позицию по распространённости (12,5%). Передача опухолевых клеток происходит преимущественно половым путём – путём имплантации аллогенных клеток в слизистую оболочку реципиента, с типичной локализацией в области гениталий. Это уникальная онкопатология, свойственная исключительно псовым (собакам, волкам, койотам, лисицам). Среди всех изученных видов новообразований именно трансмиссивная венерическая саркома дала самый высокий процент летальности – 33,33%.

Семинома по частоте встречаемости также заняла третье место (12,5%). Опухоли семенников у кобелей составляют около 85–93% всех неоплазий половой системы и от 5% до 33% от общего числа новообразований у самцов собак. К факторам, влияющим на риск их развития, относятся: крипторхизм, возраст, порода и воздействие канцерогенов. Крипторхизм с абдоминальным или паховым расположением яичка предрасполагает к развитию сеиноме и сертолиоме, но не влияет на риск опухолей из интерстициальных клеток. Опухоли семенников чаще поражают правый семенник, что, вероятно, связано с тем, что именно правое яичко чаще не опускается в мошонку. Средний возраст начала развития новообразований семенников – от 5 лет, причём более подвержены собаки мелких пород.

Выводы. Подавляющее большинство опухолей у собак в исследуемой выборке носит злокачественный характер (87,5%), что указывает на высокую онкологическую настороженность и необходимость ранней диагностики. Наиболее распространёнными новообразованиями в г. Симферополе за период 2022–2025 гг. являются мастоцитомы, лимфомы, саркомы и сеинома (в порядке убывания частоты). Средние и крупные породы собак составляют основную группу риска (50% и 33,33% соответственно), тогда как на мелкие породы приходится лишь 16,67% случаев.

Пик заболеваемости приходится на возраст от 6 до 10 лет (75% всех опухолей), при этом у животных младше пяти лет новообразования встречаются редко (4,17%). Самки (некастрированные) страдают чаще кобелей (54,17% против 33,33%), тогда как у кастрированных животных доля опухолей значительно ниже (12,5%). Наиболее высокая летальность отмечена при трансмиссивной венерической саркоме (33,33%), за ней следуют лимфома (20%) и мастоцитомы (15,38%). При сеиноме летальных исходов не зарегистрировано.

Список использованных источников

1. Брайерли Дж.Д., Господарович М.К., Виттекинд К. TNM классификация злокачественных опухолей / пер. с англ. – М.: Логосфера, 2018. – 344 с.

References:

1. Brierley J.D., Gospodarovich M.K., Wittkind K. TNM Classification of Malignant Tumors / translated from English. – Moscow: Logosfera, 2018. –

2. Брюл-Дэй Р., Мейер П., Мартинес М.-Е. Хирургическая онкология собак и кошек. – М.: Аквариум-Принт, 2022. – 240 с.
3. Вахрушева Т.И. Онкология: учебное пособие. – Красноярск: КрасГАУ, 2018. – 330 с.
4. Киль А.Р., Кальдервуд Мейс М.Б. Атлас опухолей у собак и кошек: интерпретация и диагностика. – М.: Аквариум-Принт, 2018. – 220 с.
5. Латыпов Д.Г., Залялов И.Н. Вскрытие и патологоанатомическая диагностика болезней животных. – СПб.: Лань, 2022. – 384 с.
6. Уайт Р.А.С. Онкологические заболевания мелких домашних животных. – М.: Аквариум ЛТД, 2004. – 252 с.
7. Франческо Ч., Монти П. Цитология: дифференциальная диагностика новообразований кожи и мягких тканей у мелких домашних животных. – М.: Научная библиотека, 2021. – 230 с.
2. Bryul-Day R., Meyer P., Martinez M.-E. Surgical Oncology of Dogs and Cats. – Moscow: Akvarium-Print, 2022. – 240 p.
3. Vakhrusheva T.I. Oncology: Textbook. – Krasnoyarsk: KrasGAU, 2018. – 330 p.
4. Kiel A.R., Calderwood Mays M.B. Atlas of Tumors in Dogs and Cats: Interpretation and Diagnosis. – Moscow: Akvarium-Print, 2018. – 220 p.
5. Latypov D.G., Zalyalov I.N. Autopsy and Pathological Anatomy Diagnostics of Animal Diseases. – St. Petersburg: Lan, 2022. – 384 p.
6. White R.A.S. Oncological Diseases of Small Pets. – Moscow: Aquarium LTD, 2004. – 252 p.
7. Francesco C., Monti P. Cytology: Differential Diagnosis of Skin and Soft Tissue Tumors in Small Pets. Moscow: Scientific Library, 2021. – 230 p.

Сведения об авторах:

Нехайчук Елена Валериевна – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры анатомии и физиологии животных, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского», e-mail: elekobec@mail.ru, 295492, п. Аграрное;

Скобельская Татьяна Павловна – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры анатомии и физиологии животных, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского», e-mail: www.15071986@mail.ru, 295492, п. Аграрное

Information about the authors:

Nekhaychuk Elena Valerievna – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Anatomy and Physiology, Institute of Agrotechnological Academy of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “V.I. Vernadsky Crimean Federal University”, e-mail: elekobec@mail.ru, 295492, Agrarnoe;

Skobelskaya Tatyana Pavlovna – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Anatomy and Physiology, Institute of Agrotechnological

Жирова Наталья Александровна – обучающаяся 2 курса факультета ветеринарной медицины Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: bbb.poni@gmail.com, 295492, п. Аграрное

Academy of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “V.I. Vernadsky Crimean Federal University”, e-mail: www.15071986@mail.ru, 295492, Agrarnoe

Zhirova Natalya Aleksandrovna is a 2nd-year student of the Faculty of Veterinary Medicine at the Institute of Agrotechnological Academy of the Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: bbb.poni@gmail.com, 295492, Agrarnoe.

УДК 619:616 – 084:636.1

**ИТОГИ ДИСПАНСЕРИЗАЦИИ
ЛОШАДЕЙ**

Сенчук И.В., кандидат ветеринарных наук, доцент
Ивашенко Ю.А., ветеринарный врач
Глобинец А.И., обучающаяся 3 курса факультета ветеринарной медицины
Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

В статье приведены данные об итогах проведения диспансеризации лошадей. Было установлено, что клиническое состояние у животных удовлетворительное, преобладающей патологией у лошадей является анемия, заболевания опорно-двигательной системы и субклиническая остеодистрофия. Используемый рацион имел дисбаланс по некоторым питательным элементам. Была проведена клиническая апробация применения при проведении диспансеризации лошадей индикаторных тест-полосок Уриполиан-10В с целью исследования мочи.

Ключевые слова: клинический статус, диспансеризация, анемия, остеодистрофия, лошади, рацион.

Введение. Главнейшей задачей, стоящей перед врачом ветеринарной медицины, является сохранение здоровья и продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы. Любое заболевание сопровождается снижением надоев, привесов и других производственных показателей, что ведет к существенным экономическим потерям. Именно поэтому профилактика и раннее (доклиническое) выявление развития патологического процесса играет важнейшую роль в повышении рентабельности и экономической устойчивости животноводческих предприятий. Одним из инструментов, позволяющим своевременно выявлять заболевания и принимать меры по их профилактике является диспансеризация [1].

**RESULTS OF DISPANSERIZATION
OF HORSES**

Senchuk I.V., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
Ivaschenko Y.A., Doctor of veterinary medicine
Globinets A.I., students
Institute of Agrotechnological Academy of FSAEI HE “V.I. Vernadsky Crimean Federal University”

The article presents data on the results of horse health examinations. It was found that the clinical condition of the animals was satisfactory, and the predominant pathologies in horses were anemia, musculoskeletal system disorders, and subclinical osteopathy. The used diet was imbalanced in terms of certain nutrients. The article also describes the clinical testing of Uripolian-10B indicator test strips for urine analysis during horse health examinations.

Keywords: clinical status, health examinations, anemia, osteopathy, horses, diet.

Под диспансеризацией понимают систему профилактических мероприятий, направленных на своевременную диагностику доклинических и клинических форм болезней, установление и устранение причин заболевания [1, 2]. Учеными-клиницистами не только разработана, но и продолжает совершенствование методика диспансеризации коров, овец, птиц, верблюдов, а также собак и лошадей [1-5].

При диспансеризации лошадей сохраняется общие принципы проведения данного мероприятия, но с обязательным учетом физиологических особенностей этого вида животных. Особое внимание при диспансеризации лошадей обращают на качественные и количественные показатели рациона и условия содержания [2, 6-8], потому что отклонения от установленных нормативов приводят возникновению различных патологий [9-10]. Выявлено, что в условиях повышенной температуры окружающей среды, у лошадей может развиваться гипертермия, которая сопровождается появлением аритмии [11], нарушением процессов гемопоэза и уменьшением активности лактатдегидрогеназы, аспаратаминотрансферазы и щелочной фосфатазы [12].

Правильно проведенная диспансеризация позволяет сохранять высокий уровень спортивных и иных показателей среди конского состава [13-14].

Все вышеизложенное подтверждает актуальность наших научных исследований для врачей ветеринарной медицины.

Целью данной работы было выявление преобладающей патологии и оценка состояния обмена веществ у лошадей в условиях Республики Крым.

Материал и методы исследований. Данная работа выполнялась на базе лаборатории кафедры внутренней патологии животных факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия» (структурное подразделение) ФГАОВ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» и ЛПХ «Григоренко» на протяжении 2024-2025 гг.

Объектом исследования выступали 9 лошадей ЛПХ «Григоренко».

Зоотехнический анализ рационов осеннего и весеннего периодов производили, используя табличные данные питательности кормов. Рацион состоял из сена разнотравного и зерна ячменя. Помимо этого, у животных была возможность выпаса в левадах и на территории возле конюшни.

Работа выполнялась по общепринятой методике диспансеризации в два этапа: первый этап был проведен в октябре 2024 г, второй – в апреле 2025 г. При работе с животными руководствовались правилами асептики и биоэтики. Эксперименты проводились в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 755).

Отбор крови производился из яремной вены. В цельной крови определяли количество эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, гематокритную величину, концентрацию гемоглобина, при помощи анализатора MicroCC-20 Plus (ветеринарная клиника «Зоодоктор», г. Симферополь).

В сыворотке крови оценивали уровень общего белка, общего билирубина, мочевины, креатинина, общего кальция, неорганического фосфора при помощи анализатора BioChem Analette (ветеринарная клиника «Зоодоктор», г. Симферополь).

Для общего анализа мочи отбор субстрата производили в одноразовые пластиковые стерильные стаканчики при акте естественного мочеиспускания. Исследование мочи проводили непосредственно в хозяйстве с использованием индикаторных тест полосок для качественного и полуколичественного определения Уриполиан-10В (глюкоза, белок, эритроциты/гемоглобин, лейкоциты, нитриты, кетоновые тела, pH, билирубин, уробилиноген, относительная плотность).

В ходе исследования оценивали также органолептические показатели (цвет, запах, прозрачность, консистенцию).

Полученный цифровой материал подвергнут статистическому анализу.

Результаты исследований и их обсуждение. Лошади ЛПХ Григоренко используют для верховых прогулок, участия в дистанционных конных пробегах, походах, соревнованиях по конкуру и джигитовке. На момент проведения диспансеризации лошади не находились в тренинге, а использовались для любительских верховых прогулок. Случаев заболевания лошадей инфекционными заболеваниями на территории хозяйства выявлено не было. Из инвазионных патологий – ранее в прошлых годах отмечались спорадические случаи пироплазмоза.

При проведении зоотехнического анализа рационов осеннего и весеннего периодов было установлено, что они были избыточны по основным параметрам, однако имели выраженный дефицит фосфора, йода, меди, цинка и витамина Д.

Определение клинического статуса в осенний период 2024 г. позволило сделать заключение об удовлетворительном общем клиническом состоянии исследуемых животных. Признаков угнетения выявлено не было, лошадей с признаками истощения или ожирения не отмечалось. Случаев тахикардии и тахипноэ не было. Однако у 11,1 % лошадей отмечали признаки поражения конечностей (ламинит).

Оценка клинического статуса в весенний период 2025 г. дала сходные результаты. Выявленные ранее симптомы ламинита сохранились, хотя и перешли в хроническую форму. Таким образом преобладающей патологией весеннего периода по-прежнему оставались поражения опорно-двигательной системы.

Анализ результатов исследования мочи лошадей при диспансеризации показал, что в осенний и весенний периоды 2024-2025 гг. отклонений в органолептических показателях мочи у животных установлено не было. Случаев глюкозурии, протеинурии, гематурии, гемоглобинурии, лейкоцитурии, кетонурии не отмечалось, наличия в моче билирубина, нитритов и уробилиногена не регистрировали. Показатели pH и относительной плотности колебались в пределах нормативных значений.

Обобщенные итоги исследования крови лошадей приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Сводные результаты исследования крови лошадей
ЛПХ «Григоренко» при диспансеризации.**

Показатель	октябрь 2024 г		апрель 2025 г		Всего	
	кол-во, гол	%	кол-во, гол	%	кол-во, гол	%
Происследовано образцов	9	100	9	100	18	100
Количество эритроцитов ниже 6,0 Т/л	2	22,2	3	33,3	5	27,8
Количество лейкоцитов выше 12,0 Г/л	0	0	0	0	0	0
Количество тромбоцитов выше 500 Г/л	0	0	0	0	0	0
Гематокритная величина менее 35 %	3	33,3	4	44,4	7	38,9
Гематокритная величина более 45 %	0	0	0	0	0	0
Концентрация гемоглобина менее 90 г/л	3	33,3	3	33,3	6	33,3
Концентрация общего белка более 80 г/л	0	0	0	0	0	0
Концентрация общего билирубина более 14,5 мкмоль/л	0	0	0	0	0	0
Концентрация мочевины более 6,0 ммоль/л	0	0	0	0	0	0
Концентрация креатинина более 160 мкмоль/л	0	0	0	0	0	0
Концентрация общего кальция менее 2,5 ммоль/л	3	33,3	2	22,2	5	27,8
Концентрация неорганического фосфора менее 1,45 ммоль/л	2	22,2	2	22,2	4	22,2

Из приведенных в таблице 1 данных видно, что во время осенней диспансеризации у 22,2% животных отмечается эритроцитопения, у 33,3% – понижение гематокритного показателя. При этом снижение концентрации гемоглобина также установлено у 33,3% лошадей. Гипокальциемия и гипофосфатемия выявлена у 33,3 и 22,2% животных соответственно.

При проведении весенней диспансеризации были получены сходные результаты. Так снижение количества эритроцитов было выявлено у 33,3% лошадей, уменьшение гематокрита – у 44,4% животных, гипогемоглобинемия установлена в 33,3% исследованных образцов. Снижение концентрации общего кальция и неорганического фосфора сыворотки крови обнаружено у 22,2% лошадей.

Необходимо отметить, что ни в осенний, ни в весенний периоды случаев лейкоцитоза и тромбоцитоза не было установлено не у одного животного.

Повышения гематокритной величины, концентрации общего белка сыворотки крови не отмечалось. Случаев увеличения концентрации мочевины и креатинина, а также гиперхолистеринемии и гипербилирубинемии выявлено не было.

Статистический анализ данных по исследованию крови лошадей приведен в табл. 2.

**Таблица 2. Итоги исследования крови лошадей
ЛПХ «Григоренко» при диспансеризации**

Показатель	октябрь 2024 г			апрель 2025 г		
	М	σ	Lim	М	σ	Lim
Эритроциты, Т/л	6,75	1,098	5,42-7,94	6,65	1,017	5,6-8,14
Лейкоциты, Г/л	8,51	1,121	7,18-11,4	8,68	1,093	7,22-10,06
Гемоглобин, г/л	96,4	21,154	78,6-129,4	99,2	19,863	76-135
Тромбоциты, Г/л	276,8	51,127	211-388	262,3	49,590	209-354
Гематокритная величина, %	35,8	5,981	29-42	36,2	5,744	26-41
Общий белок, г/л	72,9	3,561	72,4-78,9	73,8	3,437	71,1-79,4
Общий билирубин, мкмоль/л	8,37	1,866	6,69-11,4	9,41	1,752	7,56-12,2
Мочевина, ммоль/л	4,88	0,799	3,74-5,66	5,09	0,801	3,96-5,94
Креатинин, мкмоль/л	131,4	25,241	106,3-156,9	120,6	22,238	101,4-154,3
Общий кальций, ммоль/л	2,74	0,396	2,29-3,18	2,80	0,334	2,31-3,22
Неорганический фосфор, ммоль/л	1,48	0,086	1,37-1,64	1,49	0,078	1,38-1,65

Из данных таблицы 2 следует, что случаи выявления снижения количества эритроцитов на фоне уменьшения показателя гематокрита в сочетании с понижением концентрации гемоглобина убедительно свидетельствуют об развитии анемии. Ее возникновение мы объясняем дефицитом в осеннем и весеннем рационах микроэлементов, в частности меди и цинка, что согласуется с литературными данными. Не обнаружение лейкоцитоза может являться свидетельством отсутствия в конском составе острых воспалительных процессов.

Установление гипокльциемии и гипофосфатемии является симптомом развития остеодистрофических процессов, связанных с погрешностью в кормлении – дефицитом в рационе фосфора и витамина Д. Согласно с литературными данными, на степень усвоения кальция из рациона влияет не только его наличие, но и правильное соотношение его с фосфором. Нарушение кальцийфосфорного отношения приводит к снижению биодоступности этих элементов, которая усугубляется недостатком витамина Д.

Колебание показателей мочевины и креатинина в диапазоне физиологической нормы свидетельствует об удовлетворительном состоянии азотистого обмена и выделительной функции мочевой системы.

Отсутствие случаев гиперпротеинемии и повышения концентрации общего билирубина у лошадей может являться подтверждением отсутствия выраженной печеночной патологии.

Статистически достоверные различия между исследуемыми показателями осеннего и весеннего периодов отсутствовали.

Выводы. 1. Общее клиническое состояние лошадей хозяйства можно признать удовлетворительным. Однако у 11,1% животных были установлены заболевания опорно-двигательной системы.

2. У лошадей выявлено понижение количества эритроцитов, уменьшение гематокритной величины на фоне снижения концентрации гемоглобина, что указывает на развитие анемии. Ее причиной является дефицит в рационах микроэлементов (меди и цинка).

3. В сыворотке крови лошадей установлено понижение концентрации общего кальция и неорганического фосфора, являющейся характерными признаками остеодистрофии. Она обусловлена дефицитом в рационах фосфора на фоне недостатка витамина Д.

4. Для устранения нехватки фосфора, микроэлементов и витамина Д предлагаем ввести в рацион витаминно-минеральную добавку для лошадей.

5. Для проведения исследования мочи лошадей по методике диспансеризации предлагаем использовать индикаторные тест-полоски Уриполиан-10В (ООО «Биосенсор АН»).

Список использованных источников:

1. Кондрахин, И. П. Методические указания по диспансеризации продуктивных животных в фермерских и государственных хозяйствах /И. П. Кондрахин, Н. Н. Кувда. // ЮФ НУБиПУ «КАТУ». - 2010. - 34 с.

2. Кондрахин, И.П. Методика диспансеризации племенных лошадей/ /И. П. Кондрахин, Н. Н. Кувда. // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. - 2012. - № 142. - С. 77–82.

3. Кувда, Н.Н. Результаты диспансеризации спортивных лошадей / Н.Н. Кувда, Е.Н. Кувда, Д.Е. Мальгинов, А.Д. Шведова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. - 2022. - № 32. - С. 210–217.

4. Сенчук, И.В. Особенности диспансеризации овец в условиях АР Крым

References:

1. Kondrakhin, I. P. Methodological guidelines for the medical examination of productive animals in farms and state farms /I. P. Kondrakhin, N. N. Kuevda. // SB of the NUBand EMU "CATU". - 2010. - 34 p.

2. Kondrakhin, I.P. Methods of medical examination of breeding horses / /I. P. Kondrakhin, N. N. Kuevda. // News of agricultural science of Taurida. - 2012. - №. 142. - P. 77–82.

3. Kuevda, N.N. Results of medical examination of sports horses / N.N. Kuevda, E.N. Kuevda, D.E. Malginov, A.D. Shvedova // News of agricultural science of Taurida. - 2022. - №. 32. - P. 210–217.

4. Senchuk, I.V. Features of sheep medical examination in the conditions

/ И.В. Сенчук //Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет» серія: ветеринарні науки. – 2013. – № 155. – С.204–209.

5. Бабкина, Т. Н. Методика и результаты диспансеризации верблюдов / Т.Н. Бабкина, А.Г. Табацкая// Ветеринарная патология. – 2014. – №2 (48). – С.34–40.

6. Коневодство : учебник для вузов / В. А. Демин, А. Р. Акимбеков, Д. А. Баймуханов [и др.] ; под редакцией В. А. Демина. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 324 с.

7. Зоогигиена : учебник / Под редакцией И. И. Кочиша. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 464 с.

8. Куевда, Н.Н. Результаты диспансеризации лошадей при выгульном содержании/ Н.Н. Куевда, Д.А. Оводенко // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2025. – 42 (205). – С. 208–215.

9. Яковлева, У. Н. Результаты диспансеризации служебных лошадей конной полиции / У. Н. Яковлева // Перспективные разработки молодых ученых в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции : Сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых, Ставрополь, 03 декабря 2020 года. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2020. – С. 299–302.

10. Мельник, В.В. Диспансеризация дойных кобыл в ЧСП агрофирма «Зеленогорск»/ В.В. Мельник, А.В. Тарасенко //Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Крим-

of the Autonomous Republic of Crimea / I.V. Senchuk //The sciences of the National University of Bioresources and Natural Sciences of Ukraine "Krimsky Agrotechnological University" series: veterinary sciences. – 2013. – №. 155. – P.204–209

5. Babkina, T. N. Methods and results of camel medical examination / T.N. Babkina, A.G. Tabatskaya// Veterinary pathology. – 2014. – №2 (48). – P.34–40.

6. Horse breeding: a textbook for universities / V. A. Demin, A. R. Akimbekov, D. A. Baymukanov [et al.] ; edited by V. A. Demin. – 2nd ed., erased. – St. Petersburg : Lan, 2024. – 324 p.

7. Zoo Hygiene : a textbook / Edited by I. I. Kocisha. – 2nd ed., ispr. and add. – St. Petersburg : Lan Publishing House, 2022. – 464 p.

8. Kuevda, N.N. The results of medical examination of horses at walking / N.N. Kuevda, D.A. Ovodenko // News of agricultural science of Taurida. – 2025. – 42 (205). – P. 208–215.

9. Yakovleva, U. N. Results of medical examination of service horses of the mounted police / U. N. Yakovleva // Promising developments by young scientists in the field of agricultural production and processing : A collection of articles based on the materials of the All-Russian (national) Scientific and practical Conference for students, postgraduates and young scientists, Stavropol, December 03, 2020. Stavropol: Stavropol State Agrarian University, 2020, P. 299–302.

10. Melnik, V.V. Medical examination of dairy mares in private agricultural farm "Zelenogorsk"/ V.V. Melnik, A.V. Tarasenko //The sciences of the National University of Bioresources and

ський агротехнологічний університет» серія: ветеринарні науки. – 2014. – № 160. – С.154–161.

11. Кувда, Е. Н. Влияние гипертермии на состояние проводимости миокарда у чистокровных верховых лошадей / Е. Н. Кувда, Н. Н. Кувда, Е. В. Плахотнюк // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 30(193). – С. 123–130.

12. Влияние гипертермии на гематологический статус чистокровных верховых лошадей / Н. Н. Кувда, Е. Н. Кувда, Е. В. Плахотнюк, М. Л. Лизогуб // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 29(192). – С. 179–188.

13. Туварджиев, А. В. Ортопедическая диспансеризация лошадей / А. В. Туварджиев, Л. И. Сабирзянова, В. А. Коноплев // Ветеринарная лабораторная практика, Санкт-Петербург, 18–22 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург: ВВМ, 2024. – С. 87–89.

14. Коноплев, В. А. Хирургическая диспансеризация лошадей / В. А. Коноплев, С. П. Ковалев // Проблемы и пути развития ветеринарной и зоотехнической наук : Материалы Международной научно-практической конференции обучающихся, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти заслуженного деятеля науки, доктора ветеринарных наук, профессора кафедры "Болезни животных и ветеринарно-санитарная экспертиза" Колесова Александра Михайловича, Саратов, 14–15 апреля 2021 года. – Саратов: Саратовская региональная общественная организация Центр вынужденных переселенцев "Саратовский источник", 2021. – С. 78–81.

Natural Sciences of Ukraine "Krimsky Agrotechnological University" series: veterinary sciences. – 2014. – №. 160. – P.154–161

11. Kuevda, E. N. The influence of hyperthermia on the state of myocardial conduction in thoroughbred riding horses / E. N. Kuevda, N. N. Kuevda, E. V. Plahotniuc // Izvestiya agri nauki Tavrida. – 2022. – № 30(193). – P. 123–130.

12. The influence of hyperthermia on the hematological status of thoroughbred riding horses / N. N. Kuevda, E. N. Kuevda, E. V. Plahotniuc, M. L. Lizogub // Izvestiya agrarianii nauki Tavrida. – 2022. – № 29(192). – P. 179–188.

13. Tuvarjiev, A.V. Orthopedic medical examination of horses / A.V. Tuvarjiev, L. I. Sabirzyanova, V. A. Konoplev // Veterinary Laboratory Practice, St. Petersburg, April 18-22, 2024. – St. Petersburg: VVM, 2024. – P. 87–89.

14. Konoplev, V. A. Surgical medical examination of horses / V. A. Konoplev, S. P. Kovalev // Problems and ways of development of veterinary and zootechnical sciences : Materials of the International scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists dedicated to the memory of the Honored Scientist, Doctor of Veterinary Sciences, professor of the department "Animal diseases and veterinary and sanitary expertise" by Alexander Mikhailovich Kolesov, Saratov, April 14-15, 2021. – Saratov: Saratov regional public organization Center for Internally Displaced Persons "Saratov source", 2021. – P. 78-81.

Сведения об авторах:

Сенчук Иван Викторович – кандидат ветеринарных наук, доцент, факультет ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского» e-mail: ivansenchuk_1981@mail.ru, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Иващенко Юлия Александровна – ветеринарный врач ветеринарной клиники «Зоодоктор», Республика Крым, г. Симферополь, e-mail: ivak.ul09@mail.ru

Глобинец Анна Ивановна, обучающаяся 3 курса факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия», 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Information about the authors:

Sinchuk Ivan Viktorovich – candidate of veterinary sciences, associate professor, Faculty of Veterinary Medicine of Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» e-mail: ivansenchuk_1981@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Ivaschenko Yulia Aleksandrovna – a veterinarian at the «Zoodoktor» Veterinary Clinic, Republic of Crimea, Simferopol e-mail: ivak.ul09@mail.ru

Globinets Anna Ivanovna, students, of Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University».

Рефераты статей, опубликованных в теоретическом и научно-практическом журнале «Известия сельскохозяйственной науки Тавриды». № 46 (209), 2026 г.**АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО****УДК 634.8.03:631.541.3:631.8**

Иванченко В. И., Замета О.Г., Корниенко Б. Н., Каменева И. А., Якубовская А. И.

**ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ВИНОГРАДНЫХ ЧЕРЕНКОВ ПОДВОЙНОГО СОРТА
БЕРЛАНДИЕРИ x РИПАРИА КОБЕРА 5ББ МИКРОБНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ
НА РЕГЕНЕРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА**

Целью исследований было изучить влияние нового поколения микробных препаратов на ризогенез черенков подвоя на фоне применения общепринятых в виноградарском питомниководстве способов стимулирования образования корней. Исследования проводились в 2024–2025 гг. на кафедре плодовоовощеводства и виноградарства Института «Агротехнологическая академия». Микробные препараты разработаны и изготовлены в ФГБУН «НИИСХ Крыма» на основе собственных штаммов бактерий-антагонистов возбудителей грибных и бактериальных заболеваний сельскохозяйственных культур из Крымской коллекции микроорганизмов с комплексом полезных для растений свойств (азотфиксация, фосфатмобилизация, синтез физиологически активных веществ (ФАВ), активация адаптивных функций растений к стресс-факторам. Для исследования были взяты лозы районированного подвойного сорта Берландиери x Рипариа Кобер 5ББ, нарезанные на двухглазковые черенки, заготовленные в период относительного покоя. Исследования проводились в условиях вегетационного опыта. Приведены результаты исследований по изучению влияния новых микробных препаратов Биопрофид Агро, Биопрофид Новый и Экобацил Агро, и их производный комплекс КМП на ризогенез подвойных черенков сорта Берландиери x Рипариа Кобер 5ББ с последующим выращиванием корнесобственных саженцев. Оптимальный диапазон разведения нового микробного комплекса КМП 1:10. Данная концентрация в наибольшей степени способствует раскрытию потенциала ризогенной активности Берландиери x Рипариа Кобер 5ББ на всех этапах корнеобразования. КМП показал высокую эффективность по ингибированию развития глазков равную 61,5% (на 16,9% выше контроля). Доля укорененных черенков составила 54,5%, что выше контрольных показателей практически в 2 раза. Анализ полученных данных показал, что комплексный микробный препарат КМП не уступает по эффективности Гетероауксину, стандартно применяемому для размножения садовых культур.

Ivanchenko V.I., Zameta O.G., Kornienko B.N., Kameneva I.A., Yakubovskaya A.I.

**THE EFFECT OF MICROBIAL FORMULATIONS ON THE REGENERATION PROPERTIES OF
BERLANDIERI x RIPARIA KOBER 5BB ROOTSTOCK CUTTINGS**

The study aimed to investigate the effect of a new generation of microbial preparations on the rhizogenesis of rootstock cuttings, combined with conventional root-stimulating methods used in grapevine nursery management. The research was conducted in 2024–2025 at the Department of Horticulture and Viticulture of the Institute "Agrotechnological Academy". The microbial preparations were developed and produced at the Research Institute of Agriculture of Crimea (FSBIS "RIAC") based on proprietary strains of bacteria-antagonists to fungal and bacterial pathogens of agricultural crops. These strains, sourced from the Crimean Collection of Microorganisms, possess a complex of plant-beneficial properties, including nitrogen fixation, phosphate mobilization, synthesis of physiologically active substances (PAS), and activation of plant adaptive responses to stress factors. Vines of the regionalized rootstock variety Berlandieri x Riparia Kober 5BB, harvested during the period of relative dormancy, were used for the study and prepared as two-bud cut-

tings. The research was conducted under vegetative trial conditions. The effect of new microbial preparations — BioprofidAgro, Bioprofid Novyi, and EcobacilAgro — and their derivative complex (KMP) on the rhizogenesis of Berlandieri × Riparia Kober 5BB grapevine rootstock cuttings, followed by the cultivation of own-rooted saplings, was investigated. The optimal dilution ratio for the new KMP microbial complex is 1:10. This concentration most effectively promotes the realization of the rhizogenic activity potential of Berlandieri × Riparia Kober 5BB at all stages of root formation. KMP demonstrated a high bud-inhibition efficiency of 61.5%, exceeding control by 16.9%. The proportion of rooted cuttings was 54.5%, which is nearly double the control figures. Obtained data analysis indicated that the complex microbial preparation KMP is as effective as Heteroauxin, the standard treatment used for propagating horticultural crops.

УДК 631.416.1:631.51:631.67(477.7)

Бердникова Е. Г., Бойчук И. В., Щербина Е. В., Папакина Н. С., Бердникова А. И.

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ПОЧВЕ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

Изучить влияние почвенной обработки, дифференцированного внесения минеральных удобрений и применения сидератов на динамику содержания подвижного фосфора в почве зерно-пропашного севооборота в орошаемых условиях Северного Причерноморья. Методы. В период с 2009 по 2019 гг. в условиях стационарного полевого опыта, организованного с соблюдением требований методики опытного дела, были проведены комплексные полевые и лабораторные исследования. Исследовали динамику содержания подвижного фосфора в 0-40 см слое почвы при выращивании сельскохозяйственных культур в короткоротационном севообороте. Результаты. Доказано положительное влияние дифференцированной обработки почвы в начале вегетационного периода на содержание подвижных соединений фосфора в среднем за годы проведения исследований. При такой системе основной обработки почвы он был максимальный и колебался в зависимости от системы удобрения в пределах от 70,1 до 71,8 мг/кг почвы. При дозе удобрений $N_{90}P_{40}$ он колебался в пределах 68,2-70,1 мг/кг почвы в зависимости от системы основной обработки. Использование дозы удобрений на уровне $N_{105}P_{40}$ увеличило эти показатели до 63,3-74,4 мг/кг почвы, или на 1,9%. Последующее увеличение дозы азотных удобрений до $N_{120}P_{40}$ на рост количества подвижных соединений фосфора практически не повлияло. В конце вегетации исследуемых культур орошаемого севооборота установленная выше тенденция сохранялась, а наибольшее содержание фосфора наблюдалось при дифференцированной обработке почвы составляло 50,8-57,7 мг/кг почвы в зависимости от системы удобрения. Сниженными показателями отличился вариант разнотравно-бесотвального разрыхления в севообороте, где он был равен 47,6-55,0 мг/кг почвы. Наблюдения за содержанием подвижного фосфора, в среднем за ротацию севооборота в 2016-2019 гг., показали, что в начале вегетации в зависимости от системы удобрения максимальные показатели наблюдались при дифференцированной и разнотравно-бесотвальной системе основной обработки почвы на уровне 67,0-73,6 мг/кг почвы. Уменьшение глубины основной обработки почвы при дисковании снизило запасы подвижного фосфора в начале вегетации в среднем на 6,7%. Применение удобрений $N_{90}P_{40}$ совместно с сидератом повышало содержание фосфора в пределах 60,3-67,0 мг/кг почвы в зависимости от системы основной обработки, увеличение дозы удобрений, в среднем по севообороту, а увлечение дозы удобрений до $N_{105}P_{40}$ + сидерат увеличило показатели содержания подвижного фосфора, на 4,8%. Выводы. Доказано, что исследуемые показатели (система основной обработки почвы и удобрения) в разной степени влияют на динамику показателей содержания подвижного фосфора в темно-каштановой почве орошаемого зерно-пропашного севооборота. Дифференцированная система основного возделывания почвы в начале вегетационного периода позволила получить максимальные показатели содержания

фосфора в почве в начале вегетации – 70,1-71,8 мг/кг почвы, в зависимости от изучаемых вариантов системы удобрения. При внесении азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{105}P_{40}$ наблюдалось увеличение этих показателей до 63,3-74,4 мг/кг почвы, что было в среднем выше на 1,9%. Последующее увеличение дозы азота (до N_{120} на фоне P_{40}) практически не влияло на динамику подвижных соединений фосфора. Доказано, что использование сидеральной культуры увеличивает запасы подвижного фосфора в начале и конце вегетации культур орошаемого севооборота. Определено, что при одинаковом питании в начале вегетации при дозе удобрений $N_{120}P_{40}$ показатели содержания подвижного фосфора колебались в пределах 62,1-65,7 мг/кг почвы, в зависимости от системы основной обработки почвы, а применение сидеральной культуры увеличило его запасы на 8,4%, в среднем по севообороту. В конце вегетации на вариантах с сидерацией исследуемый показатель был в среднем на 6,5% выше по сравнению с вариантами, где сидерацию не использовался.

Berdnikova E. G., Boychuk I. V., Shcherbina E. V., Papakina N. S., Berdnikova A. I.

INFLUENCE OF PRIMARY SOIL CULTIVATION SYSTEMS ON THE CONTENT OF MOBILE PHOSPHORUS IN SOILS WHEN CULTIVATING AGRICULTURAL CROPS IN IRRIGATED CONDITIONS OF THE NORTHERN BLACK SEA REGION

The aim of the study. To study the impact of tillage, variable-rate application of mineral fertilizers, and green manure on the dynamics of available phosphorus content in soils of a grain-row crop rotation under irrigated conditions in the Northern Black Sea region. Methods. From 2009 to 2019, comprehensive field and laboratory studies were conducted in a stationary field experiment organized in accordance with the experimental methodology. The dynamics of available phosphorus content in the 0-40 cm soil layer was studied during the cultivation of agricultural crops in a short-rotation crop rotation. Results. A positive effect of variable-rate tillage at the beginning of the growing season on the content of available phosphorus compounds was demonstrated, on average over the study years. With this primary tillage system, it was highest and ranged from 70.1 to 71.8 mg/kg of soil, depending on the fertilization system. With a fertilizer dose of $N_{90}P_{40}$, it fluctuated within the range of 68.2-70.1 mg/kg of soil, depending on the primary tillage system. Using a fertilizer dose of $N_{105}P_{40}$ increased these indicators to 63.3-74.4 mg/kg of soil, or by 1.9%. A subsequent increase in the nitrogen fertilizer dose to $N_{120}P_{40}$ had virtually no effect on the increase in the content of mobile phosphorus compounds. At the end of the growing season of the studied crops in the irrigated crop rotation, the above-determined trend persisted, and the highest phosphorus content was observed with differentiated soil tillage: 50.8-57.7 mg/kg of soil, depending on the fertilization system. The variant of non-moldboard loosening in the crop rotation with different depths showed reduced indicators, where it was equal to 47.6-55.0 mg/kg of soil. Observations of the content of mobile phosphorus, on average, over the crop rotation in 2016-2019, showed that at the beginning of the growing season, depending on the fertilization system, the maximum values were observed with a differentiated and variable-depth no-till system of primary soil cultivation at a level of 67.0-73.6 mg / kg of soil. A decrease in the depth of primary soil cultivation during disking reduced the reserves of mobile phosphorus at the beginning of the growing season by an average of 6.7%. The use of $N_{90}P_{40}$ fertilizers together with green manure increased the phosphorus content in the range of 60.3-67.0 mg/kg of soil, depending on the primary tillage system; an increase in the fertilizer dose, on average over the crop rotation, and an increase in the fertilizer dose to $N_{105}P_{40}$ + green manure increased the content of mobile phosphorus by 4.8%. Conclusions. It has been proven that the studied parameters (primary tillage and fertilization systems) have varying degrees of influence on the dynamics of available phosphorus content in dark chestnut soils of an irrigated grain-row crop rotation. A differentiated primary tillage system at the beginning of the growing season allowed for the maximum phosphorus content in the soil at the beginning of the growing season – 70.1-71.8 mg/kg of soil, depending on the fertilization system variants studied. When nitrogen-phosphorus fertilizers were applied at a dose of

N105P40, an increase in these parameters to 63.3–74.4 mg/kg of soil was observed, which was an average increase of 1.9%. A subsequent increase in nitrogen application ($N_{120}P_{40}$) had virtually no effect on the dynamics of mobile phosphorus compounds. The use of a green manure crop has been shown to increase the stock of available phosphorus at the beginning and end of the growing season of irrigated crop rotations. It was determined that, with the same nutrient regime at the beginning of the growing season, with a fertilizer rate of $N_{120}P_{40}$, the available phosphorus content ranged from 62.1 to 65.7 mg/kg of soil, depending on the primary tillage system. The use of a green manure crop increased its stock by 8.4%, on average, across the entire crop rotation. At the end of the growing season, the studied indicator was, on average, 6.5% higher in the variants with green manure compared to the variants without green manure.

УДК 579.64:633.34:633.358

Бараташвили З.А., Алексеенко М.А., Горгулько Т.В., Дидович С.В.

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЗАЦИИ ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИМИ БАКТЕРИЯМИ НА БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНЫЙ СИМБИОЗ ГОРОХА И СОИ

В условиях активного развития биологизации сельского хозяйства ключевым агротехническим приёмом при возделывании бобовых культур является обработка семян микробными препаратами, основные биоагенты которых – высокоэффективные селекционные штаммы клубеньковых бактерий, специфичные определенным видам бобовых культур. Азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии оказывают различное воздействие на растения и почву. При рациональном применении данных микроорганизмов можно оптимизировать азотное и фосфорное питание растений, повысить их устойчивость к стрессовым факторам, повысить урожайность и улучшить его качество, получить экологически безопасную сельскохозяйственную продукцию. Цель исследований – изучить влияние совместной инокуляции семян штаммами фосфатмобилизующих и клубеньковых бактерий на эффективность бобово-ризобиального симбиоза гороха и сои. Опыт был проведён в 2025 году в условиях вегетационного эксперимента. В качестве субстрата применяли чернозём южный, содержащий аборигенную популяцию клубеньковых бактерий гороха и сои с фоном $10\text{--}10^2$ клубенькообразующих единиц/растение. Исследование проводили на сортах гороха Альянс и сои Милл Риф. Инокуляцию осуществляли перед посевом семян суспензией штаммов бактерий: для гороха – *Rhizobium leguminosarum* K-29, У-1, для сои – *Bradyrhizobium japonicum* 36, *Br. ottawaense* M-8 с инокуляционной нагрузкой 2×10^6 бактерий/семя. В контроле семена обрабатывали водой. В результате исследований при совместной бактерилизации семян гороха сорта Альянс штаммами *Rh. leguminosarum* У-1 и *Pseudomonas synxantha* 1204 установлено достоверное увеличение высоты растений на 8,5 см (36 %) и массы на 0,5 г (36 %). Выявлено, что совместное применение симбиотических азотфиксирующих и фосфатмобилизующих штаммов на сое: *Br. ottawaense* M-8 и *Br. japonicum* 36 с *Lelliottia nimipressuralis* CCM 32-3, *Pseudomonas synxantha* 1204 увеличило высоту растений на 4,7–8,5 см (17–31 %) и количество азотфиксирующих клубеньков на 80–430% относительно контроля. Установлено достоверное увеличение массы сои на 0,9 г/растение (30%) при использовании монообработки штаммом *P. synxantha* 1204.

Baratashvili Z. A., Alekseenko M. A., Gorgulko T. V., Didovich S. V.

THE EFFECT OF BACTERIZATION BY PHOSPHATE-SOLUBILIZING BACTERIA ON THE BEAN-RHIZOBIAL SYMBIOSIS OF PEAS AND SOYBEANS

In the context of the active development of agricultural biologization, a key agrotechnical practice in the cultivation of leguminous crops is seed treatment with microbial preparations. The primary bioagents of these preparations are highly effective selected bacterial strains specific to certain legume species. Nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria exert various effects on both plants and

soil. Through the rational application of these microorganisms, it is possible to optimize nitrogen and phosphorus plant nutrition, enhance resistance to stress factors, increase yield and quality, and obtain environmentally safe agricultural products. The objective of this research is to study the effect of joint inoculation of seeds with phosphate-mobilizing and nodule-forming bacteria on the effectiveness of legume-rhizobia symbiosis in peas and soybeans. The experiment was conducted in 2025 under the conditions of a vegetation experiment. Southern chernozem was used as a substrate, containing an indigenous population of pea and soybean nodule bacteria with a background of $10\text{--}10^2$ nodule-forming units per plant. The study was carried out on the pea variety "Alliance" and the soybean variety "Mill Reef." Inoculation was performed prior to sowing using a suspension of bacterial strains: for peas — *Rhizobium leguminosarum* K-29 and U-1; for soybeans — *Bradyrhizobium japonicum* 36 and *B. ottawaense* M-8, with an inoculation load of 2×10^6 bacteria per seed. In the control group, seeds were treated with water. The research results showed that joint bacterization of "Alliance" pea seeds with *Rhizobium leguminosarum* U-1 and *Pseudomonas synxantha* 1204 led to a significant increase in plant height by 8.5 cm (36%) and weight by 0.5 g (36%). It was found that the combined application of phosphate-mobilizing and symbiotic nitrogen-fixing strains on soybeans (*Lelliottianimipressuralis* CCM 32-3 and *Pseudomonas synxantha* 1204 with *Bradyrhizobium ottawaense* M-8 and *Bradyrhizobium japonicum* 36) increased plant height by 4.7–8.5 cm (17–31%) and the number of nitrogen-fixing nodules by 80–430% relative to the control. Furthermore, a significant increase in soybean weight by 0.9 g/plant (30%) was established when using mono-treatment with the *Pseudomonas synxantha* 1204 strain.

УДК 633.34:631.811.1:631.531.04:581.1

Макуха О. В., Коковихин С. В.

ВЛИЯНИЕ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И НОРМ ВЫСЕВА НА ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ СОИ В ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследования. Изучить влияние доз азотных удобрений и норм высева на фенологические и биометрические параметры, усовершенствовать элементы технологического сопровождения сои в орошаемых условиях Херсонской области. Методы. Полевые исследования выполнены на темно-каштановых орошаемых почвах степной зоны, в К(Ф)Х "Нива" Херсонской области в 2019–2021 годах. Схема опыта включала Фактор А – фон азотного питания, представленный тремя вариантами: без удобрений (контроль); N_{30} ; N_{60} ; Фактор В – норма высева, детализированный на четыре градации: 400; 500; 600; 700 тыс. шт./га. При проведении научных исследований соблюдались общепризнанные методики и зональные агротехнические требования возделывания культуры. Результаты. Для определения закономерностей и всестороннего анализа влияния исследуемых факторов на развитие сои представлены результаты наблюдений за сроками наступления фенологических фаз растений, расчеты продолжительности межфазных и вегетационного периодов, результаты учетов густоты посева в фазу всходов и перед уборкой урожая, измерений ключевых показателей биометрии растений. Исследование разных доз азотных удобрений важно в контексте создания условий наиболее эффективной реализации возможностей азотфиксации, изучение нормы высева необходимо для определения баланса между индивидуальными параметрами растения и показателями совокупности растений в посеве при разном их количестве на единицу площади. Высота растений и высота прикрепления нижних бобов возрастали при увеличении дозы азотных удобрений и нормы высева, что имеет важное практическое значение, потому что более высокое расположение бобов облегчает механизированную уборку урожая зерноуборочным комбайном. Максимальные показатели площади листьев (43,2 тыс. m^2 /га) и сухой надземной массы сои (10,60 т/га) были достигнуты на фоне внесения N_{60} при посевной норме 600 тыс. шт./га. Эти условия создали оптимальный баланс между питанием, плотностью посева растений и доступностью других ресурсов жизнедеятельности, что позволило

сое максимально раскрыть свой потенциал продуктивности. Выводы. Установлено, что в условиях полевого опыта вегетационный период сои изменялся в пределах от 114 до 121 дня. Этот период является ключевым для полного цикла развития растения, от прорастания до созревания. Применение азотных удобрений оказало положительное влияние на продолжительность вегетационного периода, удлиняя его на 2-5 дней, что связано с тем, что азот является важнейшим элементом для роста и развития растений, способствуя более активному фотосинтезу и накоплению биомассы и требует большего времени для прохождения полного цикла продукционного процесса исследуемой культуры. Напротив, загущенные посевы сои обусловили сокращению вегетационного периода на 1-4 дня. Такое проявление можно объяснить высокой плотностью и внутривидовой конкуренцией между растениями за ресурсы жизнедеятельности – свет, воду, питательные вещества и др., которая при загущении посевов – резко усиливается. Полевая всхожесть семян сои была на высоком уровне – от 87,2 до 92,4%, что свидетельствует о хорошей жизнеспособности семенного материала и благоприятных условиях при выращивании. Определено, что выживаемость растений в течение вегетационного периода также была высокой, варьируясь от 87,9% до 93,9%, что указывает на устойчивость растений к стрессовым факторам. Показатели густоты всходов сои и густоты стояния растений в предуборочный период существенно колебались под воздействием изменения нормы высева. Так, более низкая норма высева способствовала лучшей сохранности растений, в то время как высокая норма – обусловила значительные потери из-за внутривидовой конкуренции. Зафиксирована четкая тенденция увеличения высоты растений сои по мере роста доз внесения азотных удобрений и увеличения нормы высева, так как азот стимулирует рост, а на начальных этапах органогенеза – большая плотность растений способствовала более быстрому росту растений в высоту. На фоне внесения N60, при посевной норме 600 тыс. шт./га отмечены максимальные в опыте показатели площади листьев – 43,2 тыс. м²/га и сухой надземной массы сои – 10,60 т/га.

Makukha O. V., Kokovikhin S. V.

**THE EFFECT OF NITROGEN FERTILIZER DOSES AND SEEDING RATES ON THE
PHENOLOGICAL AND BIOMETRIC PARAMETERS OF SOYBEAN PLANTS IN THE KHERSON
REGION**

The purpose of the research. To study the effect of nitrogen fertilizer doses and seeding rates on phenological and biometric parameters, and to improve the elements of soybean technology support in the irrigated conditions of the Kherson region. Methods. Field studies were performed on dark chestnut irrigated soils of the steppe zone in the Niva farm of the Kherson region in 2019-2021. The experimental scheme included Factor A – the background of nitrogen nutrition, represented by three options: without fertilizers (control); N₃₀; N₆₀; Factor B – the sowing rate, detailed into four gradations: 400; 500; 600; 700 thousand pcs/ha. When conducting scientific research, generally accepted methods and zonal agrotechnical requirements of crop cultivation were followed. Results. To identify patterns and comprehensively analyze the impact of the studied factors on soybean development, the results of observations of the onset of phenological phases of plants, calculations of the duration of interphase and growing seasons, results of census recordings of seeding density during the emergence phase and before harvest, and measurements of key plant biometric indicators are presented. The study of different nitrogen fertilizer rates is important for creating conditions for the most effective realization of nitrogen fixation potential, while the study of seeding rates is necessary to determine the balance between individual plant parameters and the indicators of the total number of plants in the crop at different plant numbers per unit area. Plant height and the height of lower pod attachment increased with increasing nitrogen fertilizer rates and seeding rates, which is of practical importance because higher pod placement facilitates mechanized harvesting with a combine harvester.

Maximum leaf area (43,200 m²/ha) and aboveground dry matter (10.60 t/ha) of soybeans were achieved with N₆₀ application at a seeding rate of 600,000 units/ha. These conditions created an optimal balance between nutrition, plant density, and the availability of other vital resources, allowing soybeans to maximize their productivity potential. Conclusions. It was found that under field experimental conditions, the soybean growing season varied between 114 and 121 days. This period is crucial for the complete plant development cycle, from germination to maturation. The use of nitrogen fertilizers had a positive effect on the length of the growing season, extending it by 2-5 days. This is due to the fact that nitrogen is an essential element for plant growth and development, promoting more active photosynthesis and biomass accumulation and requiring more time to complete the full production cycle of the studied crop. In contrast, dense soybean plantings shortened the growing season by 1-4 days. This can be explained by the high density and intraspecific competition between plants for resources such as light, water, nutrients, etc., which increases sharply with dense plantings. Field germination of soybean seeds was high – from 87.2 to 92.4%, indicating good seed viability and favorable growing conditions. Plant survival throughout the growing season was also high, ranging from 87.9% to 93.9%, indicating plant resilience to stress factors. Soybean seedling density and plant stand density during the pre-harvest period fluctuated significantly with changes in seeding rates. Thus, a lower seeding rate contributed to better plant survival, while a higher rate resulted in significant losses due to intraspecific competition. A clear trend toward increased soybean plant height was observed with increasing nitrogen fertilizer application rates and seeding rates, as nitrogen stimulates growth. During the initial stages of organogenesis, higher plant density facilitated faster plant growth. With N₆₀ application and a seeding rate of 600,000 units/ha, the highest leaf area in the experiment was observed: 43,200 m²/ha, and soybean dry matter: 10.60 t/ha.

УДК 633.854.54:581.132:631.8:631.67

Адамень Ф. Ф., Коковихин С. В., Сташкина А. Ф., Арсланова Л. Е.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЯ, СОРТОВОГО СОСТАВА И УДОБРЕНИЯ

Цель исследований. Установить закономерности показателей фотосинтетической деятельности и продуктивности льна масличного в зависимости от условий увлажнения, сортового состава и удобрения при выращивании в условиях Северного Причерноморья. Методы. Исследования проводились на территории опытного поля Института орошаемого земледелия на протяжении 2016-2018 гг. Схема трёхфакторного полевого опыта включала: условия увлажнения (фактор А): при орошении; без орошения; сорт (фактор В): Эврика; Орфей; Вера; удобрения (фактор С): без удобрений (контроль); N₄₅P₆₀; N₆₀P₆₀; N₉₀P₆₀. Почва опытного участка темно-каштановая тяжело суглинистая. Агротехника в полевых опытах была рекомендованной для зоны Северного Причерноморья за исключением изучаемых факторов. Результаты. Показатели фотосинтетического потенциала посевов были напрямую связаны с площадью листовой поверхности. Установлено, что с увеличением площади листа (особенно в период бутонизации-цветения) ФП также повышался. Зафиксирована тенденция увеличения показателей чистой продуктивности посевов льна масличного наблюдалась тенденция увеличения его показателей при орошении и внесении высоких доз минеральных удобрений. Орошение проявило значительное положительное влияние на формирование показателей продуктивности исследуемых сортов льна масличного. Максимальное количество коробочек – 18,0 шт., и семян на 1 растении – 160,5 шт. сформировали растения сорта Вера за внесение N₉₀P₆₀. У сорта Эврика количество семян на растении при поливных условиях сформировалось на 75,8 шт. больше, чем при естественном увлажнении. Наибольшей массой 1000 семян как на орошении (8,94-9,06 г), так и в неполивных условиях (7,90-8,05 г) характеризовался сорт льна масличного Эврика.

Нашими исследованиями установлена тесная взаимосвязь урожайности кондиционных семян с количеством сформированных коробочек на 1 растении. Нейронный анализ подтвердил, что орошение существенно повышает урожайность семян льна, особенно в совокупности с оптимизированными биометрическими и фотосинтетическими показателями. Более высокие показатели площади листьев, чем на неполивных делянках, свидетельствуют о интенсификации фотосинтетической деятельности растений льна масличного. Фотосинтетический потенциал посевов и чистая продуктивность фотосинтеза возрастали при искусственном увлажнении, как в прямом действии, так и во взаимодействии с другими исходными факторами. Выводы. В полевых опытах с льном масличным доказано существенное позитивное влияние на величину площади ассимиляционной поверхности внесения повышенных доз минеральных удобрений ($N_{90}P_{60}$) в условиях орошения, где оно увеличилось по сравнению с неудобренным контролем на 10,0-11,1%. Среди исследуемых сортов максимальную площадь листьев имел сорт Эврика. Применение орошения позволило значительно увеличить урожайность семян льна масличного по сравнению с вариантами без поливов. Так, прирост урожайности на поливных вариантах составил в среднем 0,77 т/га, что показывает высокую эффективность использования орошения для этой культуры. В орошаемых условиях наибольшую урожайность (2,36 т/га) обеспечил сорт льна масличного Эврика с внесением максимальной дозы минеральных удобрений $N_{90}P_{60}$. В неполивных условиях отличился сорт Вера, который сформировал урожайность семян на уровне 1,47 т/га на фоне внесения $N_{90}P_{60}$. В орошаемых условиях наблюдается прямое позитивное влияние биометрических показателей (количества коробочек, количества семян и массы семян с растения) на общую урожайность семян. Масса 1000 семян показала обратную пропорциональную зависимость от урожайности как в орошаемых, так и в неполивных условиях.

Adamen F. F., Kokovikhin S. V., Stashkina A. F., Arslanova L. E.

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY AND PRODUCTIVITY OF OIL FLAX DEPENDING ON MOISTURE CONDITIONS, VARIETAL COMPOSITION AND FERTILIZATION

The aim of the study. To establish patterns in photosynthetic activity and productivity of oil flax depending on moisture conditions, varietal composition, and fertilization when grown in the Northern Black Sea region. Methods. The study was conducted on the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture from 2016 to 2018. The three-factor field experiment included: moisture conditions (factor A): with irrigation; without irrigation; variety (factor B): Eureka; Orpheus; Vera; fertilizer (factor C): without fertilizer (control); $N_{45}P_{60}$; $N_{60}P_{60}$; $N_{90}P_{60}$. The experimental plot soil was dark chestnut, heavy loam. Agricultural practices in the field experiments were recommended for the Northern Black Sea region, with the exception of the factors studied. Results. Photosynthetic potential of crops was directly related to leaf area. It was established that with the increase in leaf area (especially during the budding-flowering period), the FP also increased. A tendency towards an increase in net productivity indicators of oil flax crops was recorded; a tendency towards an increase in its indicators was observed with irrigation and the application of high doses of mineral fertilizers. Irrigation showed a significant positive effect on the formation of productivity indicators of the studied oil flax varieties. The maximum number of capsules - 18.0 pcs., and seeds per 1 plant - 160.5 pcs. were formed by plants of the Vera variety after the application of $N_{90}P_{60}$. The number of seeds of the Eureka variety per plant under irrigation conditions was formed by 75.8 pcs. more than under natural moisture. The largest weight of 1000 seeds both under irrigation (8.94-9.06 g) and under non-irrigated conditions (7.90-8.05 g) was characterized by the oil flax variety Eureka. Our research has established a close relationship between the yield of healthy seeds and the number of bolls formed per plant. Neural analysis confirmed that irrigation significantly increases flax seed yield, especially when combined with optimized biometric and photosynthetic parameters. Higher leaf area values than in

non-irrigated plots indicate intensified photosynthetic activity of oil flax plants. Photosynthetic potential of crops and net photosynthetic productivity increased with artificial moisture, both directly and in interaction with other initial factors. Conclusions. Field experiments with oil flax demonstrated a significant positive effect on the assimilation surface area of irrigated oil flax with increased rates of mineral fertilizers ($N_{90}P_{60}$), increasing it by 10.0-11.1% compared to the unfertilized control. Among the studied varieties, the Eureka variety had the highest leaf area. Irrigation significantly increased the yield of oilseed flax compared to non-irrigated conditions. The yield increase in irrigated conditions averaged 0.77 t/ha, demonstrating the high efficiency of irrigation for this crop. Under irrigated conditions, the Eureka variety of oilseed flax achieved the highest yield (2.36 t/ha) with the maximum dose of $N_{90}P_{60}$ mineral fertilizer. Under non-irrigated conditions, the Vera variety excelled, achieving a seed yield of 1.47 t/ha with the addition of $N_{90}P_{60}$. Under irrigated conditions, biometric parameters (the number of capsules, the number of seeds, and the weight of seeds per plant) directly impacted the overall seed yield. The weight of 1,000 seeds showed an inverse relationship with the yield under both irrigated and non-irrigated conditions.

УДК 630*231:[582.475.4+582.632.2]

Салтыков А.Н., Мурзаханов А.Р., Кваша П.Г.

СОСНА КРЫМСКАЯ И ДУБ СКАЛЬНЫЙ: ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОЯСА ГЛАВНОЙ ГРЯДЫ КРЫМСКИХ ГОР

Коренные леса сосны крымской (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) преимущественно сосредоточены в пределах среднего пояса на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор. Площадь лесов *P. nigra* subsp. *pallasiana* составляет порядка 8,5-9 тыс. га. Леса приурочены к сравнительно бедным и сухим условиям местопроизрастания. На этой же высоте встречаются насаждения *Quercus petraea* Liebl. В настоящее время, по мнению исследователей, прослеживается тенденция сокращения лесов с доминированием сосны крымской. Причиной сокращения признаны антропогенное влияние, лесные пожары, а также замещение крымской сосны на лесными насаждениями с доминированием широколиственных пород, в том числе *Q. petraea*. В связи с чем, актуальной является проблема, касающаяся оценки устойчивости крымскососновых лесов, их способности к удержанию видоспецифичного пространства. Цель наших исследований - изучение пространственно-возрастной структуры ценопопуляций подроста и перспектив их дальнейшего роста и развития на горельниках Ялтинского горно-лесного заповедника. Наблюдениями установлено, что в настоящее время прослеживается сравнительно успешный процесс реализации репродуктивного потенциала насаждений сосны крымской категории подроста. Существуют все основания полагать, что со временем ценопопуляции подроста сформируют насаждение, по своей структуре близкое к коренному. В составе подроста и молодняков *P. nigra* subsp. *pallasiana* присутствует жизнеспособный подрост *Q. petraea* порослевого и семенного происхождения. Жизнеспособные растения *Q. petraea* можно наблюдать в том случае, когда плотность ценопопуляций подроста *P. nigra* subsp. *pallasiana* заметно снижена, созданы условия для успешного существования дуба скального. Максимальная численность подроста *Q. petraea* составила 400-500 шт/га. Подрост дуба скального на момент наблюдения отстаёт в росте и развитии по сравнению с *P. nigra* subsp. *pallasiana*. В связи с чем, возможен прогноз о том, что процессы замещения сосны крымской на дуб скальный можно отнести к категории случайного события.

Saltykov A.N., Murzakhanov A.R., Kvasha P.G.

CRIMEAN PINE AND SESSILE OAK: CHARACTERISTICS OF NATURAL REPRODUCTION IN THE MIDDLE BELT OF THE GLAVNAYA RANGE OF THE CRIMEAN MOUNTAINS

Native Crimean pine forests (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) are primarily concentrated within the middle belt on the southern macroslope of the Glavnaya Ridge of the Crimean Mountains. Forests of *P. nigra* subsp. *pallasiana* cover approximately 8,500-9,000 hectares. These forests are confined to relatively poor and dry growing conditions. *Quercus petraea* Liebl. stands are also found at the same elevation. Researchers currently believe that Crimean pine-dominated forests are declining. The causes of this decline are believed to be anthropogenic impacts, forest fires, and the replacement of Crimean pine by forest stands dominated by broadleaf species, including *Q. petraea*. Therefore, assessing the sustainability of Crimean pine forests and their ability to maintain species-specific habitats is a pressing issue. The objective of our research was to examine the spatial and age structure of undergrowth populations and the prospects for their further growth and development in the burnt areas of the Yalta Mountain Forest Reserve. Observations have shown that the reproductive potential of Crimean pine stands of the undergrowth category is currently being realized relatively successfully. There is every reason to believe that over time, the undergrowth populations will form a stand structurally similar to the native one. The undergrowth and young stands of *P. nigra* subsp. *pallasiana* include viable *Q. petraea* undergrowth of both coppice and seed origin. Viable *Q. petraea* plants can be observed when the density of *P. nigra* subsp. *pallasiana* undergrowth populations is significantly reduced, creating conditions favorable for the successful existence of sessile oak. The maximum abundance of *Q. petraea* undergrowth was 400-500 individuals/ha. At the time of observation, the sessile oak undergrowth lagged behind *P. nigra* subsp. *pallasiana* in growth and development. In this regard, it is possible to predict that the process of replacing Crimean pine with sessile oak can be classified as a random event.

УДК 581.9:582.632.2(569.4)

Сташкина А.Ф.

ФИТО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ РОДА (*Pistacia* L.) В ИЗРАИЛЕ.

Статья посвящена изучению рода Фисташка (*Pistacia*) на территории Израиля, рассматривая происхождение названия, историческое и современное распространение, особенности биологии и экологии, а также культурно-историческое значение этих деревьев. Подробно описаны уникальные представители фисташковых деревьев, сохранившиеся в различных регионах страны, включая знаменитый экземпляр в роще возле крепости Ветшалы и священные деревья в Библейских местах. Особое внимание уделено важности охраны и восстановления фисташковых лесов, которые сохраняются благодаря усилиям местных жителей и природоохранных организаций. Текст подчеркивает тесную взаимосвязь между природой, культурой и традициями народа Израиля, делая акцент на сохранение уникальной экосистемы и исторического наследия.

Stashkina A.F.

PHYTO-GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF THE GENUS (*Pistacia* L.) IN ISRAEL

The article is devoted to the study of the genus *Pistacia* in Israel, exploring its name origin, historical and current distribution, biological characteristics, ecological features, as well as cultural-historical significance. The text provides detailed descriptions of unique pistachio trees preserved in various regions of the country, including a famous specimen near Vetshela Fortress and sacred trees found in Biblical sites. Special attention is given to the importance of conservation efforts aimed at protecting and restoring these forests, which are being maintained through local initiatives and environmental organizations. The article emphasizes the close interconnection between nature, culture, and traditions of the Israeli people, highlighting the need for preserving this unique ecosystem and historical heritage.

УДК 633.11 "324" : 631.84

Дударев Д.П., Тарасенко Б.А., Рогозенко А.В., Изотов А.М., Братков С.Д.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОСЕВА ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ АЗОТОМ В КРЫМУ

В двухфакторных полевых экспериментах, проведенных по предшественнику занятый пар с сортом твердой озимой пшеницы Юбиларка с 2024 по 2025 годы на опытном поле института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», поделочно в фазу выхода в трубку были в ручном режиме измерены индексы NDVI и SPAD соответственно приборами GreenSeeker Handheld Crop Sensor и N-tester. Установлено, что возрастающие дозы азотного удобрения вели к закономерному, замедленному росту индекса NDVI посевов твердой озимой пшеницы. В среднем, на посевах варианта дробного внесения азота индекс NDVI был выше, чем при однократном применении удобрения как с осени, так и в ранневесеннюю подкормку. Предположительно, по мере увеличения нормы удобрения и соответственно, насыщения посева азотным питанием, динамика повышения биомассы растений в посевах твердой озимой пшеницы и накопления в них хлорофилла отвечала закономерности замедленного роста. Индексное содержание хлорофилла в листьях твердой озимой пшеницы, выраженное в единицах SPAD, закономерно повышалось в соответствии с возрастающей нормой азотного удобрения. В отличие от показателя NDVI, явного затухания прибавок индекса хлорофилла на интервалах между высокими дозами азота в сопоставлении с прибавками на начальных интервалах доз, не наблюдалось. Закономерная динамика откликов количества хлорофилла в листьях на дозу азота существенно ближе к линейной в сравнении с аналогичной зависимостью NDVI посева. Индексное содержание хлорофилла в листьях (SPAD) твердой озимой пшеницы было доказуемо выше при дробном внесении по сравнению с вариантами однократного применения азота до посева или в подкормку ранней весной, что вполне согласуется с результатами измерений вегетационного индекса NDVI.

Dudarev D.P., Tarasenko B.A., Rogozenko A.V., Izotov A.M., Bratkov S.D.

USING PHOTOMETRIC METHODS TO ASSESS THE NITROGEN SUPPLY OF DURUM WINTER WHEAT SOWING IN CRIMEA

In two-factor field experiments conducted on a pre-planted fallow with the Yubilyarka hard winter wheat variety from 2024 to 2025 in the experimental field of the Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, the NDVI and SPAD indices were measured manually in plots at the booting stage using the GreenSeeker Handheld Crop Sensor and N-tester, respectively. It was found that increasing doses of nitrogen fertilizer led to a consistent, slower increase in the NDVI index of hard winter wheat crops. On average, the NDVI index was higher in crops with split nitrogen application than with a single fertilizer application, both in the fall and during early spring fertilization. Presumably, as the fertilizer rate increased and, consequently, the nitrogen nutrient saturation of the crop increased, the dynamics of plant biomass growth in hard winter wheat crops and chlorophyll accumulation within them corresponded to the pattern of slow growth. The index chlorophyll content in hard winter wheat leaves, expressed in SPAD units, consistently increased in accordance with the increasing nitrogen fertilizer rate. Unlike the NDVI, no clear attenuation of chlorophyll index increases was observed between high nitrogen doses compared to increases during the initial dose intervals. The consistent dynamics of leaf chlorophyll responses to nitrogen dose are significantly closer to linear than the similar relationship observed for the NDVI of the crop. The leaf chlorophyll index (SPAD) content of hard winter wheat was significantly higher with split application compared to single application of nitrogen before sowing or as a top dressing in early spring, which is consistent with the results of NDVI vegetation index measurements.

УДК 633.854.54:631.5

Горбунова Е.В., Ильин А.В., Шаповалова М.В., Горбунов В.Р.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО
В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНО-СТЕПНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ**

Масличные культуры являются основной сырьевой базой для получения растительного масла, которое используется для питания людей и находит широкое применение в лакокрасочной, текстильной, консервной, мыловаренной, медицинской промышленности. Отсюда вытекает то большое значение, которое играют эти культуры для жизни человечества. Изучение сортов льна масличного в разные по погодным условиям годы позволило выделить наиболее продуктивные, которые в среднем за годы исследований обеспечили наибольшее получение семян: Снегурок – 12,5 ц/га, Флиз – 14,6 ц/га, Светлячок – 14,6 ц/га. Рекомендуется в засушливых степных условиях Республики Крым выращивать сорт Флиз, который обладает высокой урожайностью, стабильностью и адаптивностью.

Gorbunova E.V., Iljin A.V., Shapovalova M.V., Gorbunov V.R.

**COMPARATIVE PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY OF OILSEED FLAX VARIETIES IN THE
CONDITIONS OF THE FOOTHILL-STEPPE ZONE REPUBLIC OF CRIMEA**

Oilseeds are the main raw material base for the production of vegetable oil, which is used for human nutrition and is widely used in the paint, textile, canning, soap, and medical industries. Hence the great importance that these cultures play for the life of mankind. The study of oilseed flax varieties in different weather conditions made it possible to identify the most productive ones, which, on average, provided the highest seed production over the years of research: Snegurok - 12.5 c/ha, Fliz – 14.6 c/ha, Firefly – 14.6 c/ha. It is recommended to grow the Fliz variety in the arid steppe conditions of the Republic of Crimea, which has high yields, stability and adaptability.

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 629.735:681.5

Коноплев П.Г., Михайлов А.А., Ефанов Н.Н., Коломенский Д.С., Полилов А.А., Бурнаев Е.В.

**СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОЛЕТА МОДЕЛИ БИОНИЧЕСКОГО МИКРОБПЛА С ДИСКРЕТНЫМ
УПРАВЛЕНИЕМ ПОСРЕДСТВОМ АДАПТИВНОГО НЕЛИНЕЙНОГО КОНТРОЛЛЕРА**

Разработать и сопоставить методы стабилизации прямолинейного полета инсектоморфного бионического микроБПЛА при дискретном управлении кинематикой крыльев в условиях локализованных вертикальных порывов. Методы. Рассмотрена цикл-усредненная плоская x-z модель движения твердого тела со состоянием (x, z, beta, v_x, v_z, omega). Управление задается тремя параметрами усеченных рядов Фурье, определяющими размах и угол установки крыла. Уравнения движения интегрируются методом Рунге-Кутты 4-го порядка с шагом $\tau = 1/f$ при $f = 123$ Гц; аэродинамические силы и момент вычисляются CFD-ориентированной квазистационарной суррогатной моделью для шмеля массой 0.418 г и длиной крыла 15.2 мм. В среде OpenAI Gym наблюдение содержит 9 переменных, а действие трактуется как инкремент управляющих коэффициентов. Порыв задается добавочной подъемной силой величиной 10-15% веса при скорости струи 2-4 м/с. Сравниваются локальный линейный регулятор, построенный по линеаризации подканала скоростей и SVD-регуляризованному распределению управления, и нелинейный контроллер DCLF-LM на основе функции Ляпунова, регуляризованного шага Левенберга-Марквардта и backtracking-проверки на истинной дискретной динамике. Результаты. Открытая система с фиксированной кинематикой неустойчива. Область сходимости линейного

регулятора ограничена диапазоном G от -0.7 до $+0.6$, тогда как DCLF-LM сохраняет восстановление на интервале G от -1.2 до $+1.5$. Для возмущения порядка $0.1G$ время установления по критерию $|v_z| \leq 0.01$ м/с составляет около 0.1 с. Выводы. Нелинейный контроллер существенно расширяет рабочую область устойчивой стабилизации и является более сильным базовым алгоритмом для RL-совместимой среды и дальнейшего синтеза гибридного управления.

Konoplev P.G., Mikhailov A.A., Efanov N.N., Kolomenskiy D.S., Polilov A.A., Burnaev E.V.

FLIGHT STABILIZATION OF A BIOMIMETIC MICRO-UAV MODEL WITH DISCRETE CONTROL VIA AN ADAPTIVE NONLINEAR CONTROLLER

To develop and compare straight-flight stabilization methods for a bumblebee-like biomimetic micro-UAV under discrete wing-kinematics control in localized vertical gusts. Methods. We study a cycle-averaged planar x - z rigid-body model with state $(x, z, \beta, v_x, v_z, \omega)$. Control is parameterized by three coefficients of truncated Fourier expansions governing wing stroke and feathering. The equations are integrated by a fourth-order Runge-Kutta scheme with $\tau = 1/f$ at $f = 123$ Hz; aerodynamic forces and torque are obtained from a CFD-driven quasi-steady surrogate model for a bumblebee-scale vehicle with 15.2 mm wing length and 0.418 g mass. In the OpenAI Gym environment, the observation is 9-dimensional and the action is interpreted as control increments. A gust is represented as additional lift equal to 10 - 15% of body weight at jet speeds of 2 - 4 m/s. A local linear controller based on speed-channel linearization and SVD-regularized control allocation is compared with a nonlinear DCLF-LM controller using a quadratic Lyapunov function, a regularized Levenberg-Marquardt step, and backtracking on the true discrete dynamics. Results. The open-loop system with fixed wing kinematics is unstable. The convergence region of the linear controller is limited to gust factors G from -0.7 to $+0.6$, whereas DCLF-LM recovers across the tested interval G from -1.2 to $+1.5$. For a disturbance of about $0.1G$, the settling time defined by $|v_z| \leq 0.01$ m/s is about 0.1 s. Conclusions. The nonlinear controller significantly enlarges the stable operating region and is a stronger baseline for RL-compatible simulation and future hybrid control design.

УДК 634.8.04

Горобей В.П., Старчиков С. С., Максимов Ю. А., Рыбакина О. С., Москалевич В.Ю., Скорикив Н.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ УЗЛОВ ПОДБОРЩИКА-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ

Аннотация. Исследования посвящены обоснованию направлений усовершенствования технических решений машины для подбора и измельчения обрезков виноградной лозы, направленные на повышение эффективности достижения агротехнических требований по крупности измельченной фракции проводились с учетом результатов полевых исследований макетного образца. Для качественного подбора лоз из валка необходимо, чтобы в точку выхода конца пальца первого ряда из валка входил конец пальца второго ряда подборщика, а также, чтобы точка пересечения траекторий концов пальцев двух соседних рядов была ниже валка обрезков лоз. Расчет показал, что при скорости движения машины $VM = 4,3$ км/ч необходимая частота вращения вала подборщика составляет $n = 360$ мин $^{-1}$ для подборщика с четырьмя рядами пальцев и $n = 240$ мин $^{-1}$ для шестирядного подборщика. На основе анализа прочностных свойств виноградной лозы установлено, что модуль упругости E виноградной лозы увеличивается с ростом её диаметра d . Согласно расчетам, при уменьшении расстояния между противорезами L с 90 до 60 мм величина прогиба лозы f снижается более чем в три раза, соответственно снижаются затраты энергии на деформацию лозы при работе подборщика-измельчителя. Уменьшение расстояния между противорезами L приведет к увеличению полезной работы по измельчению

лозы за счёт снижения затрат энергии на ее деформацию. По конструктивным соображениям принято минимально возможное расстояние между противорезами $L = 68$ мм. В результате расчетов расстояния между плоскостями вращения молотковидных ножей и их количества N на валу барабана получено значение $N = 44$ шт. Увеличение количества рядов пальцев на валу подборщика и молотковидных ножей на валу барабана измельчителя будет способствовать повышению качества подбора и степени измельчения обрезков виноградной лозы подборщиком-измельчителем, что позволит повысить его производительность за счет увеличения скорости движения агрегата.

Gorobey V.P., Starchikov S. S., Maximov Yu. A., Rybakina O.S., Moskalevich V.Yu., Skorikov N.A.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF DESIGN COMPONENTS FOR GRAPEVINE PICK-UP AND CRUSHER

Abstract. The studies are devoted to substantiation of the directions of improvement of technical solutions of the machine for selection and grinding of vine trimmings, aimed at increasing the efficiency of achieving agrotechnical requirements for the size of the crushed fraction, were carried out taking into account the results of field studies of the mock-up sample. For a qualitative pick-up of the vines from the roll, it is necessary that the point of exit of the finger end of the first row from the roll includes the end of the finger of the second row of the picker, and also that the point of intersection of the trajectories of the finger ends of two adjacent rows is below the roll of the vine trimmings. The calculation showed that at a machine speed $V_M = 4.3$ km/h, the required pickup shaft speed is $n = 360$ min⁻¹ for a picker with four rows of fingers and $n = 240$ min⁻¹ for a six-row picker. Based on the analysis of the strength properties of the vine, it was found that the elastic modulus E of the vine increases with its diameter d . According to calculations, when the distance between shear lines L is reduced from 90 to 60 mm, the value of deflection of the vine f is reduced by more than three times, and accordingly, the energy consumption for deformation of the vine during operation of the picker-grinder is reduced. Reducing the distance between the shear L will increase the useful work of grinding the vine by reducing the energy consumption for its deformation. For design reasons, the minimum possible distance between shear lines $L = 68$ mm is accepted. As a result of calculations of the distance between the planes of rotation of hammer-shaped knives and their number N on the drum shaft, the value $N = 44$ pcs was obtained. Increasing the number of rows of fingers on the picker shaft and hammer-shaped knives on the shredder drum shaft will improve the quality of selection and the degree of grinding of grape vine trimmings by the picker-shredder, which will increase its productivity by increasing the speed of the unit.

УДК 631.3; 51-74

Ажермачев С.Г., Высоцкая Н.Д., Бойко Б.В.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АГРЕГАТОВ СИСТЕМ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ

Проблемы безопасности эксплуатации агрегатов систем агропромышленных комплексов, имеющих собственный источник колебаний, возникают в связи с возможными проявлениями неконтролируемых колебательных процессов в системе, зависящих от многих факторов, связанных с особенностями конструктивной схемы агрегата. Анализ наблюдений показывает, что для контроля над колебательными процессами и для возможности их регулирования могут использоваться различные способы, которые могут быть связаны с изменением расчетной схемы устройства, с изменением жесткостей несущих элементов, а так же с использованием различных видов виброизоляции, которые могут оказаться наиболее простыми средствами для

уменьшения вредного действия колебаний. Необходимо различать: а) активную виброизоляцию, результатом работы которой является уменьшение динамических сил, которые передаются машиной на несущую конструкцию; б) пассивную виброизоляцию, целью которой является изолировать те или другие места устройства от колебаний несущих конструкций. Активная виброизоляция может быть применена после реализации соответствующего расчета. Получены следующие выводы: 1) активная виброизоляция может быть применена после реализации соответствующего расчета; 2) эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом передачи силы, который определяется аналитическим путем; 3) для того чтобы виброизоляция была эффективной отношение частоты возмущающей силы к частоте свободных колебаний должно быть не меньше 4; 4) при малых значениях частоты возмущающей силы коэффициент передачи силы стремится к 1 и виброизоляция оказывается бесполезной; 5) если отношение частоты возмущающей силы к собственной частоте свободных колебаний меньше 1,41, то в этом случае виброизоляция может оказывать даже вредное действие; 6) если значение частоты возмущающей силы будет приближаться к значению частоты собственных колебаний, то работающий агрегат войдет в резонанс, который вызовет аварийное состояние.

Azhermachev S.G., Vysotskaya N.D., Boyko B.V.

REGULATION OF DYNAMIC EFFECTS AND ENSURING SAFE OPERATION OF UNITS OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEXES SYSTEMS BY USING VIBRATION ISOLATORS

Problems with the safety of operating units of agro-industrial complex systems that have their own source of vibrations arise in connection with the possible manifestations of uncontrolled oscillatory processes in the system, depending on many factors associated with the features of the design of the unit. An analysis of observations shows that various methods can be used to control vibration processes and to regulate them. These methods may involve changing the design scheme of the device, changing the rigidity of the supporting elements, and also using various types of vibration isolation, which may prove to be the simplest means of reducing the harmful effects of vibrations. It is necessary to distinguish between: а) active vibration isolation, which reduces the dynamic forces transmitted by the machine to the supporting structure; б) passive vibration isolation, which aims to isolate specific areas of the device from vibrations of the supporting structure. Active vibration isolation can be applied after appropriate calculations have been performed. The following conclusions were reached: 1) active vibration isolation can be used after performing the appropriate calculations; 2) the effectiveness of vibration isolation is assessed by the force transfer coefficient, which is determined analytically; 3) for vibration isolation to be effective, the ratio of the frequency of the disturbing force to the frequency of free vibrations must be at least 4; 4) at low excitation frequencies, the force transfer coefficient approaches 1, and vibration isolation is ineffective; 5) if the ratio of the excitation frequency to the natural frequency of vibration is less than 1.41, vibration isolation can even have a detrimental effect; 6) if the excitation frequency approaches the natural frequency of vibration, the operating unit will enter resonance, which will cause a fault condition.

УДК 631.362.3

Машков А. М., Рутенко В. С., Завалий А. А., Лаго Л. А., Коровин В. Е., Коровина В. А.

РАЗРАБОТКА ПНЕВМОСЕПАРАТОРА ВОРОХА ОРЕХОВ МИНДАЛЯ

Предложена и разработана конструкция пневмосепаратора вороха миндаля с вертикальной сепарационной камерой сужающейся формы (угол сужения 10°) и восходящим воздушным потоком. Внутренний размер на прямом участке — 400×400 мм. Источник воздуха — радиальный вентилятор серии BVN 200 М-2К. Предусмотрены детурбулизатор потока (сетчатый конический

kozyрёк), загрузочное устройство поршневого типа (до 15 кг вороха), утилизационный мешок для скорлупы и наклонный желоб для вывода ядер. Эксперимент проводился по методике двухфакторного планирования (скорость воздуха на входе 4–10 м/с, высота загрузочного проёма 0,20–0,50 м). Обработка данных выполнена с использованием регрессионного анализа, критериев Кохрена (воспроизводимость), Стьюдента (значимость коэффициентов) и Фишера (адекватность модели). Построена диаграмма профиля скорости воздушного потока в конфузорной камере. Сопоставлением со скоростями витания ядер (6–9 м/с) и скорлупы (2–4 м/с) определено рациональное положение центра загрузочного проёма — 300 мм от входного сечения. Получено уравнение регрессии. Установлено, что увеличение скорости воздуха положительно влияет на чистоту продукта, а повышение положения загрузочного проёма снижает её. Максимальная достигнутая чистота составила 97,5% при $V=10$ м/с и минимальной h . Линейная модель признана адекватной.

Mashkov A. M., Rutenko V. S., Zavaliy A. A., Lago L. A., Korovin V. E., Korovina V. A.

DEVELOPMENT OF A PNEUMATIC SEPARATOR FOR ALMOND HEAP

A design of a pneumatic separator for almond heap has been proposed and developed. The separator features a vertical separation chamber of tapering shape (taper angle of 10°) with an upward airflow. The internal dimension on the straight section is 400×400 mm. The air source is a radial fan of the BVN 200 M-2K series. The design includes a flow turbulizer (a mesh conical deflector), a piston-type loading device (up to 15 kg of heap), a collection bag for the husk, and an inclined chute for discharging the kernels. The experiment was conducted according to a two-factor experimental design (inlet air velocity of 4–10 m/s, loading opening height of 0.20–0.50 m). Data processing was performed using regression analysis, Cochran's criterion (reproducibility), Student's t-test (significance of coefficients), and Fisher's criterion (model adequacy). A diagram of the airflow velocity profile in the converging chamber was constructed. By comparing the diagram with the terminal velocities of kernels (6–9 m/s) and husk (2–4 m/s), the rational position of the center of the loading opening was determined — 300 mm from the inlet section. A regression equation was obtained. It was found that an increase in air velocity positively affects product purity, while raising the loading opening position reduces it. The maximum achieved purity was 97.5% at $V = 10$ m/s and minimum h . The linear model was confirmed to be adequate.

УДК 331.4 (629.113)

Соболевский И.В., Соболевский В.И.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БИОНИЧЕСКИ ПОДОБНОГО УДАРНОГО МЕХАНИЗМА РАБОЧЕГО ОРГАНА СТЕРНЕВОГО КУЛЬТИВАТОРА

Статья посвящена теоретическому обоснованию параметров бионически подобного ударного механизма маятникового типа для рабочего органа стерневого культиватора, используемого в ресурсосберегающих технологиях обработки почвы (Mini-Till, No-Till). Актуальность работы обусловлена необходимостью снижения энергоёмкости обработки при сохранении противозрозийной устойчивости верхнего слоя почвы. Объектом исследования является технологический процесс взаимодействия маятникового ударника с упругой С-образной стойкой культиватора. Применялись методы теоретической механики, механики сплошной среды и положения земледельческой механики. Разработана расчётная схема механизма, включающего ударник в виде усечённой сферы с регулируемыми грузами, рычаг и пружинный ограничитель колебаний. На основе законов сохранения энергии и момента импульса получены аналитические зависимости: скорость ударника перед ударом (формула 4), скорость рабочего органа после удара (формула 7), энергия разрушения почвенного блока (9), энергия ударного воздействия (10). Выведена формула (12) для определения приведённой массы рабочего органа с учётом физико-механиче-

ских свойств почвы и режимов обработки. Построена графическая зависимость массы ударника от глубины обработки при различных рабочих скоростях. Установлено, что при массе ударника 7,5 кг и скорости 8 км/ч оптимальная глубина составляет 0,08 м; при скорости 12 км/ч глубина возрастает до 0,10 м. Полученные теоретические соотношения позволяют целенаправленно выбирать конструктивные параметры маятникового ударника (массу, жёсткость пружины, длину рычага) для обеспечения эффективного ударного крошения почвы при снижении энергозатрат.

Sobolevsky I.V., Sobolevsky V.I.

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF A BIONICALLY SIMILAR IMPACT MECHANISM OF THE WORKING ORGAN OF A STUBBLE CULTIVATOR

The article is devoted to the theoretical substantiation of the parameters of a bionically similar pendulum type impact mechanism for the working body of a stubble cultivator used in resource-saving tillage technologies (Mini-Till, No Till). The relevance of the work is due to the need to reduce the energy intensity of the treatment while maintaining the erosion resistance of the upper soil layer. The object of the study is the technological process of interaction of a pendulum impactor with an elastic C shaped cultivator stand. The methods of theoretical mechanics, continuum mechanics, and agricultural mechanics were applied. A design scheme has been developed for a mechanism that includes a striker in the form of a truncated sphere with adjustable weights, a lever and a spring-loaded vibration limiter. Analytical dependences are obtained based on the laws of conservation of energy and angular momentum: the speed of the impactor before impact (formula 4), the speed of the working body after impact (formula 7), the energy of destruction of the soil block (9), the energy of impact (10). Formula (12) is derived to determine the reduced mass of the working body, taking into account the physical and mechanical properties of the soil and the treatment modes. A graphical dependence of the mass of the impactor on the depth of processing at different operating speeds is constructed. It was found that with a mass of 7.5 kg and a speed of 8 km/h, the optimal depth is 0.08 m; at a speed of 12 km/h, the depth increases to 0.10 m. The obtained theoretical ratios make it possible to purposefully select the design parameters of the pendulum impactor (mass, spring stiffness, lever length) to ensure effective impact crumbling of the soil while reducing energy consumption.

УДК 631.31

Шовкопляс А. В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОНИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ДИСКОВЫХ ПОЧВО-ОБРАБАТЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Цель исследований – повышение эффективности обработки почвы дисковыми рабочими органами путём бионического обоснования параметров их режущих частей. Для всестороннего исследования вопросов использования бионических принципов при разработке рабочих органов почвообрабатывающих машин предлагается следующая методология, основанная на комплексном подходе, объединяющем теоретические исследования, сравнительный анализ конструкций, моделирование бионических прототипов и их экспериментальную проверку. В результате бионических исследований обоснованы параметры зубчатых режущих частей дисковых рабочих органов: размещение вершин выступов по линии, которая описывается уравнением логарифмической кривой, отношение половины ширины выступов к шагу их размещения, равное 0,36. Предлагаемые дисковые почвообрабатывающие рабочие органы с бионически обоснованным профилем режущих частей обеспечивают снижение тягового сопротивления до 22,4 % по сравнению с серийными сплошными сферическими дисками при глубине обработки 20 см. В результате трёхфакторного эксперимента в полевых условиях с дисковой бороной, оборудован-

ной рабочими органами с бионически обоснованным профилем режущих частей, определено оптимальное значение угла атаки дисков $\alpha=18,44^\circ$. Направлениями дальнейших исследований определены развитие более точных физических моделей рабочих органов, применение новых композитных и функциональных природоподобных материалов при конструировании, интеграция в рабочие органы датчиков по аналогии с чувствительными системами живых организмов, исследование влияния бионических рабочих органов на микробиоту почвы, создание стандартизированных методик для оценки эффективности бионически подобных рабочих органов.

Shovkoplias A. V.

THE USE OF BIONIC PRINCIPLES IN THE DEVELOPMENT OF DISC TILLAGE WORKING BODIES

The purpose of the research is to increase the efficiency of soil cultivation by disk working bodies by bionic justification of the parameters of their cutting parts. For a comprehensive study of the use of bionic principles in the development of working bodies of tillage machines, the following methodology is proposed, based on an integrated approach that combines theoretical research, comparative analysis of structures, modeling of bionic prototypes and their experimental verification. As a result of bionic studies, the parameters of the toothed cutting parts of the disk working bodies were substantiated: the placement of the tops of the protrusions along the line described by the equation of the logarithmic curve, the ratio of half the width of the protrusions to the pitch of their placement, equal to 0.36. Proposed disk tillage working elements with bionically justified profile of cutting parts provide reduction of traction resistance up to 22.4% as compared to serial solid spherical disks at treatment depth of 20 cm. As a result of a three-factor experiment in the field with a disc harrow equipped with working tools with a bionically justified profile of cutting parts, the optimal value of the angle of attack of the discs $\alpha = 18.44^\circ$ was determined. The directions of further research determined the development of more accurate physical models of working bodies, the use of new composite and functional nature-like materials in design, integration of sensors into working bodies by analogy with sensitive systems of living organisms, the study of the effect of bionic working bodies on the soil microbiota, the creation of standardized methods for assessing the effectiveness of bionically similar working bodies.

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 619:616-008.9:636.1

Кувейда Е.Н., Решетова А.Р.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛОШАДИНОГО МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА

Выполнен клинический анализ развития и диагностики сложной патологии лошадей с применением большого объема информативных диагностических приёмов и тестов. Проведено динамическое наблюдение и сопровождение больных животных с первоначальными признаками нарушения общего состояния в виде избыточного веса и признаков хромоты. Достаточный блок диагностических мероприятий позволил достоверно верифицировать патологию. Целью работы было определение клинических, морфологических и биохимических показателей, представление возможностей доступного комплекса диагностических средств при клиническом проявлении метаболического синдрома лошадей. Практическое значение работы заключается в установлении причинно-следственных связей развития патологии, определении информативного и результативного набора диагностических мероприятий и формирование направления стратегии лечения с учётом полученного аналитического материала. Методологической основой для про-

водимых исследований являлись научные и практические разработки, многочисленные публикации зарубежных и отечественных авторов профильного направления.

Kuevda E.N., Reshetova A.R.

DIAGNOSIS AND TREATMENT OF EQUINE METABOLIC SYNDROME USING A CLINICAL CASE EXAMPLE

A clinical analysis of the development and diagnosis of complex equine pathology was performed using a large amount of informative diagnostic techniques and tests. Dynamic monitoring and support of sick animals with initial signs of general health disorders in the form of overweight and signs of lameness was carried out. A sufficient block of diagnostic measures made it possible to reliably verify the pathology. The aim of the work was to determine clinical, morphological and biochemical parameters, to present the possibilities of an available set of diagnostic tools for the clinical manifestation of equine metabolic syndrome. The practical significance of the work is to establish causal relationships between the development of pathology, determine an informative and effective set of diagnostic measures and form the direction of a treatment strategy based on the analytical material obtained. The methodological basis for the conducted research was scientific and practical developments, numerous publications by foreign and domestic authors of the relevant field.

УДК 619:616.366-003.7: 636.7

Лизогуб М.Л., Собежанская Е. М., Ксенофонтова Е.С.

ЭТИОЛОГИЯ И ДИАГНОСТИКА ХОЛЕЛИТИАЗА У СОБАК

В статье представлены результаты изучения этиологии, клинических проявлений и гематологических изменений у собак с желчнокаменной болезнью. Целью работы являлось определение клинических, морфологических и биохимических показателей холелитиаза у собак. В результате клинического обследования животных установлены следующие клинические симптомы желчнокаменной болезни: рвота наблюдалась у большинства животных (72%), которая возникала периодически, с различными временными интервалами, что указывает на раздражение рвотного центра в головном мозге вследствие накопления токсинов, которые обычно связываются с желчными кислотами и таким образом обезвреживаются. Установленное снижение аппетита у 55% собак, что связано с холестазом и задержкой различных токсинов в организме, что нарушает работу печени и пищеварительной системы. Это негативно сказывается на общем состоянии животного, вызывает дискомфорт, боль или другие симптомы, которые снижают аппетит и интерес к еде. Изменение состава желчи вследствие застоя в печени и желчном пузыре, усиливает ее цитотоксичность и соответственно раздражение слизистой кишечника, что ведет к возникновению диареи, которая наблюдалась у 33% обследованных собак. Нарушение её оттока ухудшает эмульгирование липидов в кишечнике, транспорт их в организм, что также нарушает функционирование желудочно-кишечного тракта. Установлено умеренное повышение общего количества лейкоцитов, с легким регенераторным сдвигом лейкоформулы влево, и единичными токсическими изменениями в виде базофилии цитоплазмы. При этом отмечалось увеличение количества незрелых форм нейтрофилов (палочкоядерных, юных) у 31,2 % исследованных животных. Полученные результаты показателей белой крови свидетельствуют о наличии воспалительного процесса в желчном пузыре, инициированного образованием желчных камней. Обнаруженный умеренный лимфоцитоз также указывает на развитие этого патологического процесса. Тромбоцитоз который наблюдался у 15% больных собак характеризуется вторичным (реактивным) характером, развивающийся на фоне желчнокаменной болезни. При определении биохимических показателей крови собак с желчнокаменной болезнью установлено повышенную активность АЛТ (у 60 % животных), ГГТ (100% живот-

ных) и ЩФ (90 % животных), превышение уровня общего билирубина в сыворотке крови у 47 % больных собак и холестерина в крови у 56% исследованных животных. По результатам общеклинического и биохимического анализов крови выявлено ряд изменений клинических симптомов, неспецифичных для данной патологии, но тем не менее являющихся важными составляющими для формирования лечебно-диагностического подхода к конкретному пациенту.

Lizogub M.L., Sobeschanskaya E. M., Ksenofontova E.S.

ETIOLOGY AND DIAGNOSIS OF CHOLELITHIASIS IN DOGS

The article presents the results of studying the etiology, clinical manifestations and hematological changes in dogs with cholelithiasis. The aim of the work was to determine the clinical, morphological and biochemical parameters of cholelithiasis in dogs. As a result of a clinical examination of the animals, the following clinical symptoms of cholelithiasis were established: vomiting was observed in the majority of animals (72%), which occurred periodically, at various time intervals, indicating irritation of the vomiting center in the brain due to the accumulation of toxins that usually bind to bile acids and are thus neutralized. An established decrease in appetite in 55% of dogs, which is associated with cholestasis and the retention of various toxins in the body, which disrupts the functioning of the liver and digestive system. This negatively affects the general condition of the animal, causing discomfort, pain, or other symptoms that reduce appetite and interest in food. A change in the composition of bile due to stagnation in the liver and gall bladder increases its cytotoxicity and, consequently, irritation of the intestinal mucosa, which leads to diarrhea, which was observed in 33% of the dogs examined. Violation of its outflow worsens the emulsification of lipids in the intestine, their transport into the body, which also disrupts the functioning of the gastrointestinal tract. A moderate increase in the total number of leukocytes was found, with a slight regenerative shift of the leukoformula to the left, and single toxic changes in the form of cytoplasmic basophilia. At the same time, there was an increase in the number of immature forms of neutrophils (rod-shaped, juvenile) in 31.2% of the studied animals. The obtained results of white blood parameters indicate the presence of an inflammatory process in the gallbladder initiated by the formation of gallstones. The detected moderate lymphocytosis also indicates the development of this pathological process. Thrombocytosis, which was observed in 15% of sick dogs, is characterized by a secondary (reactive) character, developing against the background of gallstone disease. When determining the biochemical parameters of the blood of dogs with cholelithiasis, increased activity of ALT (in 60% of animals), GGT (100% of animals) and alkaline phosphatase (90% of animals) was found, excess levels of total bilirubin in the blood serum in 47% of sick dogs and cholesterol in the blood in 56% of the animals studied. According to the results of general clinical and biochemical blood tests, a number of changes in clinical symptoms have been identified that are non-specific to this pathology, but nevertheless are important components for the formation of a therapeutic and diagnostic approach to a particular patient.

УДК 619:616-007.43:636.4

Саенко Н.В., Саенко П.С., Маркевич М.Э.

ЛЕЧЕНИЕ ПАХОВО-МОШОНОЧНЫХ ГРЫЖ У ПОРОСЯТ

Исследовали эффективность двух методов грыжесечения (по В.К. Чубарю и по Т.Н. Шнякиной) при лечении вправимых пахово-мошоночных интравагинальных грыж у хрячков. Объектом исследования служили хрячки (поросята-самцы) полтавской мясной породы в возрасте от 1 до 3 месяцев. Было сформировано две категории животных: клинически здоровые особи без признаков пахово-мошоночных грыж (n=5) и особи с подтвержденной патологией (n=9). Поросятам первой группы проводили грыжесечение по общепринятой методике, предложенной В.К. Чубарем, второй группы по методу Т.Н. Шнякиной. Длительность наблюдения за оперированными животными

ми составила 14 суток. Использовали комплекс клинических, зоотехнических, морфологических, статистических методик. Установили, что пахово-мошоночная грыжа у поросят является следствием совокупности врожденных дефектов: неправильного хода и расширения пахового канала, наличия мышечного дефекта (пахового промежутка), незаращения влагалищного отростка и часто — слабости соединительной ткани. Клинические наблюдения за течением раневого процесса у поросят, оперированных по методике Т.Н. Шнякиной, в сравнении с общепринятыми методами грыжесечения показали, что семенник как тканевой стимулятор способствовал заживлению ран (100%) по первичному натяжению к исходу 7 суток. Лишенные иннервации и кровоснабжения ткани семенника подвергаются аутолизу и последующему рассасыванию. Продукты рассасывания являются биологически активным тканевым препаратом, способствующим нормализации физиологических параметров. Поросята второй группы в послеоперационный период имели абсолютный среднесуточный прирост на 21,74 грамма больше, чем первой группы, а относительный прирост соответственно составил на 12,8% во второй группе больше, чем в первой. Выбор между методами определяется конкретной клинической задачей. Метод В.К. Чубаря предпочтительнее в сложных запущенных случаях, где требуется полная санация очага. Однако метод Т.Н. Шнякиной перспективен для рутинной практики в свиноводстве, поскольку он лучше соответствует современным принципам малоинвазивной хирургии и позволяет не только вылечить животное, но и повысить его продуктивность за счет естественной биостимуляции.

Saenko N.V., Saenko P.S., Markevich M. E.

TREATMENT OF INGUINOSCROTAL HERNIAS IN PIGLETS

The efficacy of two herniorrhaphy techniques (V.K. Chubar's and T.N. Shnyakina's) in treating reducible inguinoscrotal intravaginal hernias in boars was studied. Male boars (piglets) of the Poltava beef breed aged 1 to 3 months served as the subjects of the study. Two categories of animals were formed: clinically healthy individuals without signs of inguinoscrotal hernias ($n=5$) and individuals with confirmed pathology ($n=9$). Piglets in the first group underwent herniorrhaphy using the generally accepted technique proposed by V.K. Chubar, while those in the second group underwent herniorrhaphy using T.N. Shnyakina's method. The observation period for the operated animals was 14 days. A combination of clinical, zootechnical, morphological, and statistical methods was used. It has been established that inguinoscrotal hernia in piglets is the result of a combination of congenital defects: abnormal course and widening of the inguinal canal, the presence of a muscular defect (inguinal gap), non-closure of the processus vaginalis, and, often, connective tissue weakness. Clinical observations of the wound healing process in piglets operated on using T.N. Shnyakina's technique, compared with conventional hernia repair methods, showed that the testicle, as a tissue stimulator, promoted 100% wound healing by primary intention by the end of 7 days. Deprived of innervation and blood supply, testicular tissue undergoes autolysis and subsequent resorption. The resorption products are a biologically active tissue preparation that promotes the normalization of physiological parameters. Piglets in the second group had an absolute average daily weight gain of 21,74 grams greater than those in the first group during the postoperative period, while the relative weight gain was 12,8% greater in the second group than in the first. The choice between methods is determined by the specific clinical objective. V.K. Chubar's method is preferable in complex, advanced cases requiring complete debridement of the lesion. However, T.N. Shnyakina's method is promising for routine pig farming, as it better aligns with modern principles of minimally invasive surgery and allows not only for the animal's recovery but also for increased productivity through natural biostimulation.

УДК 619:612.014.461:[612.57:636.234]

Кувда Н.Н., Таран Т.А.

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ГИДРАТАЦИИ И ЕЕ КОРРЕКЦИЯ ПРИ ОСТРОЙ ГИПЕРТЕРМИИ ГОЛШТИНСКИХ КОРОВ

Острая гипертермия коров – быстро развивающаяся патология, которая возникает при внезапном изменении климатических условий, плохо переносимых животными. Наиболее часто ее возникновение связывают с повышением температуры окружающего воздуха и относительной влажности. При этом нарушается тепловой баланс животных – отведение тепла из организма существенно снижается, поэтому теплопродукция значительно превышает теплопотери. Для количественной оценки гипертермии используют температурно-влажностный индекс, величина которого для голштинских коров не должна превышать 70-72%. Вследствие нарушений, возникающих в организме, развиваются различные патологические процессы, одним из которых является нарушение гидратации. Своевременная оценка гидратации организма коров, определение степени ее нарушения позволяет организовать лечебно-профилактические мероприятия, предупреждающие возникновение серьезных морфофункциональных изменений в паренхиматозных органах и преждевременной выбраковки коров. Целью нашей работы было апробировать методы экспресс-оценки гидратации коров и ее коррекции в условиях гипертермии. При выполнении работы использовали клинические, гематологические, биохимические и статистические методы исследований. Гипертермия у коров возникала при внезапном увеличении температурно-влажностного коэффициента (ТН) до 75 и выше. При клиническом обследовании животных у них отмечали повышение температуры тела – $39,79 \pm 0,39^\circ\text{C}$, частоты дыхания – $42,6 \pm 1,89$ дых.дв./мин., скорость наполнения капилляров – $2,65 \pm 0,15$ сек. Также регистрировали гипорексию, уменьшение руминации, повышение времени выдаивания. Коровы темной масти демонстрировали признаки гиперсаливации. Экспресс-диагностика включала определение гематокрита центрифугированием – $49,2 \pm 3,12\%$, определение содержания общего белка плазмы крови и относительной плотности мочи рефрактометром RZ-126 – $82,5 \pm 0,73$ г/л и $1,028 \pm 0,002$ г/см³ соответственно. Полученные результаты позволяют сделать заключение о развитии дегидратации животных вследствие острого перегревания. Для компенсации потерь жидкости вследствие перегревания и профилактики расстройства ее обмена подопытным коровам выпаивали в свободном доступе не питьевую воду, а раствор, содержащий соли – натрия и калия хлорид, натрия гидрокарбонат в изотонической для коров концентрации. Потребление этого раствора компенсировало нарушения гидратации организма и способствовало восстановлению водно-электролитного соотношения плазмы крови, которое нарушалось вследствие гидремии.

Kuevda N.N., Taran T.A.

HYDRATION'S RAPID ASSESSMENT AND ITS CORRECTION IN HOLSTEIN COWS ACUTE HYPERTHERMIA

Cow's acute hyperthermia is a rapidly developing pathology that occurs with a sudden change in climatic conditions that are poorly tolerated by animals. Most often, its occurrence is associated with an increase in ambient air temperature and relative humidity. At the same time, the thermal balance of animals is disrupted – the heat removal from the body is significantly reduced, therefore, heat production significantly exceeds heat loss. To quantify hyperthermia, a temperature-humidity index (THI) is used, the value of which for Holstein cows should not exceed 70-72%. As a result of disorders that occur in the body, various pathological processes develop, one of which is a violation of hydration. Rapid assessment of the cow's hydration, determination of the degree of its violation, makes it possible to organize therapeutic and preventive measures to prevent the occurrence of serious morphofunctional changes in parenchymal

organs and premature cows culling. The purpose of our work was to test methods for rapid assessment of cow hydration and its correction in conditions of hyperthermia. The work was performed using clinical, hematological, biochemical and statistical research methods. Hyperthermia in cows occurred with a sudden temperature-humidity index to 75 and above increase. During the clinical examination of the animals, they showed an increase in body temperature – 39.79 ± 0.39 °C, respiratory rate – 42.6 ± 1.89 pm, capillary filling rate – 2.65 ± 0.15 sec. Hyporexia, decreased rumination, and increased milking time were also recorded. The dark-colored cows showed signs of hypersalivation. Rapid diagnostics included determination of pack cell volume by centrifugation – $49.2 \pm 3.12\%$, determination of plasma total protein and relative urine density by a RZ-126 refractometer – 82.5 ± 0.73 g/l and 1.028 ± 0.002 g/cm³, respectively. The results obtained allow us to conclude that the development of dehydration of animals due to acute overheating. To compensate for fluid losses due to overheating and prevent metabolic disorders, experimental cows were given freely available not drinking water, but a solution containing salts of sodium and potassium chloride, sodium bicarbonate in isotonic concentrations for cows. The consumption of this solution compensated for the body's hydration disorders and contributed to the restoration of the water-electrolyte ratio of blood plasma, which was disrupted due to hydreemia.

УДК: 19:616.411-006.441

Е.В. Плахотнюк, А.А. Митенкова

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРОТКИХ ПРОТОКОЛОВ ХИМИОТЕРАПИИ ПРИ ЛИМФОМЕ КОШЕК

В статье рассматривается эффективность коротких протоколов химиотерапии (COP и ACOP) при лечении лимфом у кошек в условиях ветеринарной клиники «Крымский ветеринарный центр 24 часа» (г. Симферополь). Лимфомы – гетерогенная группа злокачественных новообразований лимфоретикулярных клеток, требующих системного подхода к терапии. Исследование основано на данных амбулаторного журнала клиники за 2023–2025 гг. и результатах диагностических методов: общего и биохимического анализа крови, УЗИ и рентгенографии. В выборку вошли 10 кошек, разделённых на две группы (n=5 в каждой): первая получала лечение по протоколу COP (циклофосфамид, винкристин, преднизолон), вторая – по модифицированному протоколу ACOP (с добавлением доксирубина). Эффективность терапии оценивалась по критериям регрессии опухоли (полная, частичная, стабилизация, прогрессирование) и медиане продолжительности жизни (МПЖ). Также анализировались гематологические и биохимические показатели, частота и тяжесть побочных эффектов. Результаты показали, что оба протокола сопоставимы по уровню токсичности и переносимости. МПЖ составила 283 дня для COP и 314 дней для ACOP. Наиболее частым осложнением была миелосупрессия, успешно корректируемая медикаментозно.

E.V. Plakhotniuk, A.A. Mitenkova

ANALYSIS OF THE EFFICACY OF SHORT TERM CHEMOTHERAPY PROTOCOLS FOR FELINE LYMPHOMA

The article discusses the effectiveness of short chemotherapy protocols (COP and ACOP) in the treatment of lymphomas in cats at the Crimean Veterinary Center 24 Hours Veterinary Clinic (Simferopol). Lymphomas are a heterogeneous group of malignant neoplasms of lymphoreticular cells that require a systematic approach to therapy. The study is based on data from the outpatient journal of the clinic for 2023-2025 and the results of diagnostic methods: general and biochemical blood tests, ultrasound and radiography. The sample included 10 cats divided into two groups (n=5 in each): The first received treatment according to the COP protocol (cyclophosphamide, vincristine, prednisone), the second –

according to the modified ACOP protocol (with the addition of doxyrubicin). The effectiveness of therapy was assessed by criteria of tumor regression (complete, partial, stabilization, progression) and median life expectancy (MPJ). Hematological and biochemical parameters, frequency and severity of side effects were also analyzed. The results showed that both protocols are comparable in terms of toxicity and tolerability. The MPI was 283 days for COP and 314 days for ACOP. The most common complication was myelosuppression, which was successfully corrected with medication.

619:616.995.122.21-084:636.7

Лукьянова Г.А., Лукьянов М.Р.

ДИНАМИКА ВЫДЕЛЕНИЯ ИНВАЗИОННЫХ СТАДИЙ ECHINOCOCCUS GRANULOSUS У СОБАК ПОСЛЕ ДЕГЕЛЬМИНТИЗАЦИИ

В исследовании оценивали сроки выделения инвазионных стадий *Echinococcus granulosus* у собак после проведения дегельминтизации с целью установления периода эпидемиологической опасности фекалий. Работа выполнена на 11 спонтанно заражённых приотарных собаках, у которых до лечения в испражнениях выявлялись яйца и членики цестод. Антигельминтную обработку проводили препаратом Празител суспензия в дозе 1 мл на 5 кг массы тела однократно перорально. После введения препарата животные содержались изолированно, а каждая дефекация собиралась отдельно и подвергалась лабораторному анализу с применением методов последовательных промываний, гелинотоскопии и методики Котельникова и Хренова для выявления яиц тениид. Установлено, что первые испражнения появлялись через 6–12 часов после дегельминтизации и не содержали видимых паразитов, однако микроскопически в них обнаруживали яйца, отдельные членики и единичные имагинальные формы эхинококка. Через 20–24 часа наблюдали вторую дефекацию, при которой фиксировали максимальное паразитарное загрязнение: выявляли разрушенные фрагменты цестод, парализованных гельминтов и значительное количество яиц, достигающее $179,4 \pm 22,9$ в 1 г фекалий. На вторые сутки (около 48 часов) отмечали уменьшение количества яиц и преобладание деградированных структур паразита, что свидетельствовало о завершении основной фазы их разрушения. К 72 часам после обработки во всех исследованных пробах инвазионные элементы не обнаруживали. Таким образом, установлено, что выделение инвазионных стадий *E. granulosus* у собак после дегельминтизации продолжается до 72 часов, при этом наибольшая интенсивность процесса приходится на интервал 24–48 часов, что определяет необходимость временной изоляции животных в данный период.

Lukianova G.A., Lukianov M.R.

DYNAMICS OF THE SHEDDING OF INFECTIVE STAGES OF ECHINOCOCCUS GRANULOSUS IN DOGS FOLLOWING ANTHELMINTIC TREATMENT

This study evaluated the timing of excretion of infective stages of *Echinococcus granulosus* in dogs following anthelmintic treatment in order to determine the period of epidemiological risk associated with fecal contamination. The investigation was carried out on 11 spontaneously infected sheep-guarding dogs in which eggs and proglottids of cestodes had been detected in feces prior to treatment. Anthelmintic therapy was performed using Prazitel suspension at a dose of 1 ml per 5 kg body weight, administered orally as a single dose. After treatment, the animals were kept in isolation, and each defecation was collected separately and examined using sequential washing techniques, helminthoscopic examination, and the Kotelnikov and Khrenov method for detection of taeniid eggs. It was found that the first fecal excretion occurred 6–12 hours after deworming and did not contain visible parasites; however, microscopic examination revealed eggs, isolated proglottid fragments, and single immature or adult forms of *Echinococcus*. At 20–24 hours post-treatment, a second defecation showed maximal parasitic

contamination, including disrupted cestode fragments, paralyzed worms, and a high number of eggs reaching 179.4 ± 22.9 per gram of feces. On the second day (approximately 48 hours), a reduction in egg numbers was observed, accompanied by a predominance of degraded parasitic structures, indicating the completion of the main phase of parasite destruction. By 72 hours after treatment, no infective elements were detected in any of the examined samples. Thus, it was established that the shedding of infective stages of *E. granulosus* in dogs continues for up to 72 hours after deworming, with the highest intensity occurring between 24 and 48 hours, which necessitates temporary isolation of animals during this period.

УДК 619: 616-006: 616-091.8

Нехайчук Е.В., Скобельская Т.П., Жирова Н.А.

КЛИНИКО-ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТИНА ОПУХОЛЕЙ У СОБАК

Статья посвящена проблеме ветеринарной онкологии – распространённости, клинике и патоморфологии спонтанных опухолей у собак в г. Симферополе за 2022–2025 гг. Исследование выполнено на базе клиники «ЗооДоктор» с использованием клинических, гистологических, цитологических и статистических методов. Проанализировано 24 случая опухолей у собак разных пород, возрастов и полов. Установлено, что 87,5% новообразований носят злокачественный характер. Наиболее часты: мастоцитомы (54,2%), лимфома (20,8%), трансмиссивная венерическая саркома и семинома (по 12,5%). Пик заболеваемости – 6–10 лет (75% случаев). Самки болеют чаще самцов (54,17% против 33,33%), кастрированные составляют 12,5%. Крупные и средние породы – в группе риска. Описаны четыре клинических случая с макро- и микроскопическими признаками. Наибольшая летальность – при трансмиссивной саркоме (33,33%), далее лимфома (20%) и мастоцитомы (15,38%). При семиноме летальных исходов нет. Полученные данные отличаются от общероссийских, что может быть связано с региональными особенностями содержания собак и факторами риска. Отсутствие онкорегистров домашних животных в России затрудняет полноценные эпидемиологические исследования. Авторы делают вывод о необходимости ранней диагностики опухолей у собак в возрасте 6–10 лет и важности гистологического контроля для выбора тактики лечения.

Nekhaychuk E.V., Skobelskaya T.P., Zhirova N.A.

CLINICAL AND PATHOLOGICAL FEATURES OF CANINE TUMOURS

The article is devoted to the problem of veterinary oncology – the prevalence, clinic and pathomorphology of spontaneous tumors in dogs in Simferopol in 2022–2025. The study was performed on the basis of the ZooDoctor clinic using clinical, histological, cytological and statistical methods. 24 cases of tumors in dogs of different breeds, ages and genders were analyzed. It was found that 87.5% of neoplasms are malignant. The most common are mastocytoma (54.2%), lymphoma (20.8%), transmissible venereal sarcoma and seminoma (12.5% each). The peak incidence is 6–10 years (75% of cases). Females get sick more often than males (54.17% versus 33.33%), castrated make up 12.5%. Large and medium-sized breeds are at risk. Four clinical cases with macro- and microscopic signs are described. The highest mortality rate is in transmissible sarcoma (33.33%), followed by lymphoma (20%) and mastocytoma (15.38%). There are no deaths in seminoma. The data obtained differ from the national data, which may be related to the regional characteristics of dog husbandry and risk factors. The lack of pet cancer registries in Russia makes full-fledged epidemiological studies difficult. The authors conclude that early diagnosis of tumors in dogs aged 6–10 years is necessary and that histological control is important for choosing treatment tactics.

УДК [619:615/618.1]:636.2

Сенчук И.В., Иващенко Ю.А., Глобинец А.И.

ИТОГИ ДИСПАНСЕРИЗАЦИИ ЛОШАДЕЙ

Целью данной работы было выявление преобладающей патологии и оценка состояния обмена веществ у лошадей в условиях Республики Крым. Объектом исследования выступали 9 лошадей ЛПХ «Григоренко». Зоотехнический анализ рационов осеннего и весеннего периодов производили, используя табличные данные питательности кормов. Рацион состоял из сена разнотравного и зерна ячменя. Помимо этого, у животных была возможность выпаса в левадах и на территории возле конюшни. Работа выполнялась по общепринятой методике диспансеризации в два этапа: первый этап был проведен в октябре 2024 г, второй – в апреле 2025 г. Отбор крови производился из яремной вены. В цельной крови определяли количество эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, гематокритную величину, концентрацию гемоглобина, при помощи анализатора MicroCC-20 Plus. В сыворотке крови оценивали уровень общего белка, общего билирубина, мочевины, креатинина, общего кальция, неорганического фосфора при помощи анализатора BioChem Analette. Для общего анализа мочи отбор субстрата производили в одноразовые пластиковые стерильные стаканчики при акте естественного мочеиспускания. Исследование мочи проводили непосредственно в хозяйстве с использованием индикаторных тест полосок для качественного и полуколичественного определения Уриполиан-10В (глюкоза, белок, эритроциты/гемоглобин, лейкоциты, нитриты, кетоновые тела, pH, билирубин, уробилиноген, относительная плотность). В ходе исследования оценивали также органолептические показатели (цвет, запах, прозрачность, консистенцию). Установлено, что общее клиническое состояние лошадей хозяйства можно признать удовлетворительным. Однако у 11,1% животных были установлены заболевания опорно-двигательной системы. У лошадей выявлено понижение количества эритроцитов, уменьшение гематокритной величины на фоне снижения концентрации гемоглобина, что указывает на развитие анемии. Ее причиной является дефицит в рационах микроэлементов (меди и цинка). В сыворотке крови лошадей установлено понижение концентрации общего кальция и неорганического фосфора, являющейся характерными признаками остеодистрофии. Она обусловлена дефицитом в рационах фосфора на фоне недостатка витамина Д. Для устранения нехватки фосфора, микроэлементов и витамина Д предлагаем ввести в рацион витаминно-минеральную добавку для лошадей. Для проведения исследования мочи лошадей по методике диспансеризации предлагаем использовать индикаторные тест-полоски Уриполиан-10В.

Senchuk I.V., Ivashchenko Y.A., Globinets A.I.

RESULTS OF DISPANSERIZATION OF HORSES

The purpose of this work was to identify the prevailing pathology and assess the state of metabolism in horses in the Republic of Crimea. The study involved 9 horses from the personal subsidiary farm Grigorenko. The zootechnical analysis of the autumn and spring diets was conducted using table data on the nutritional value of feed. The diet consisted of mixed grass hay and barley grain. In addition, the animals had access to pasture in the paddocks and near the stable. The work was carried out according to the generally accepted method of dispensary examination in two stages: the first stage was carried out in October 2024, the second – in April 2025. Blood sampling was performed from the jugular vein. In whole blood, the number of red blood cells, white blood cells, platelets, hematocrit value, hemoglobin concentration were determined using the MicroCC-20 Plus analyzer. The serum levels of total protein, total bilirubin, urea, creatinine, total calcium, and inorganic phosphorus were measured using the BioChem Analette analyzer. For a general urine analysis, the substrate was collected in disposable plastic sterile cups during the act of natural urination. The urine was examined directly on the farm using indicator test

strips for the qualitative and semi-quantitative determination of Uripolian-10B (glucose, protein, red blood cells/hemoglobin, leukocytes, nitrites, ketone bodies, pH, bilirubin, urobilinogen, and relative density). During the study, the organoleptic properties (color, odor, turbidity, and consistency) were also evaluated. It has been established that the overall clinical condition of the farm's horses is satisfactory. However, 11.1% of the animals were diagnosed with musculoskeletal disorders. The horses exhibited a decrease in the number of red blood cells, a reduction in hematocrit, and a decrease in hemoglobin concentration, indicating the development of anemia. This condition is caused by a deficiency of micronutrients (copper and zinc) in their diets. In the serum of horses, a decrease in the concentration of total calcium and inorganic phosphorus has been established, which is a characteristic feature of ostiodystrophy. This is caused by a deficiency of phosphorus in the diet, which is accompanied by a lack of vitamin D. To address the shortage of micronutrients and vitamin D, we recommend adding a vitamin and mineral supplement for horses to their diet. To conduct a urine test on horses using the clinical examination method, we recommend using the Uripolian-10B indicator test strips.

Ответственный секретарь — Е.В. Горбунова
Техническое редактирование и верстка — О.Е. Дубровина
Перевод — О.А. Клиценко

Подписано в печать 27.05.2026. Формат 70х100/16. Заказ №
Усл. печ. л. 23.97. 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: tauridas@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**