



ИЗВЕСТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ ТАВРИДЫ

**TRANSACTIONS OF TAURIDA
AGRICULTURAL SCIENCE**

№ 43 (206) 2025

№ 43 (206), 2025

№ 43 (206), 2025

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

Коба В.П., д-р биол. наук, профессор

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

CHIEF EDITOR

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Содержание

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Сотник А.И., Танкевич В.В., Чакалов Т.С. Подвои черешни в Крыму	6
Макуха О. В., Коковихин С. В. Влияние элементов посевного модуля на рост и развитие растений, семенную продуктивность <i>Coriandrum sativum</i> L. в условиях Херсонской области	16
Макаренко А. А., Василько В. П., Гладков В. Н., Баландин В. С. Влияние гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций на формирование сырой массы и сухого вещества и фотосинтетическую продуктивность гибридов кукурузы в условиях Краснодарского края.....	31
Бердникова Е. Г., Бардак Н. И., Терехова С. С., Великанова Л. О., Коваль А. В. Влияние систем основной обработки почвы на эффективность использования влаги сельскохозяйственными культурами орошаемого севооборота в условиях Северного Причерноморья	54
Кравченко Р. В., Горбунов И. В., Горбунов И. И. Продукционные показатели персика в условиях Черноморской зоны плодородства	79
Караев А. И., Толстолик Л.Н. Биологические и цифровые детерминанты качества продукции питомников в условиях цифровой трансформации	92
Толстолик Л.Н. Состав и значение для селекционных программ коллекции генресурсов черешни, созданной Мелитопольскими учеными.....	110
Дударев Д.П., Изотов А.М., Тарасенко Б.А., Rogozenko A.B. Качество зерна твердой озимой пшеницы при применении некорневой азотной подкормки и сеникации в условиях Крыма	124
Ильин А.В., Скляр С.И. Захарчук П.С. Влияния почвопокровных культур в технологии No-till на агрохимические показатели почвы в условиях Предгорно-степной зоны Крыма	130
Караев А.И., Одинцова В.А., Радев С.Ю. Моделирующий алгоритм расчета выхода из покоя и начала цветения деревьев черешни	138
Горбунова Е.В., Шатова М.В., Горбунов В.Р. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в КФХ «Коростинский» Херсонской области	151
Кибальник О.П., Старчак В.И. Поиск доноров хозяйственно-ценных признаков чины посевной на основе кластерного анализа для создания сортов с высоким качеством продукции	160

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Красовский В.В., Трофимов И.М., Завалий А.А. Теоретический анализ режущего инструмента ротационно-ножевого типа для обрезки многолетних растений	172
Завалий А.А., Воложанинов С.С., Шиян О.В., Волобуев Д.Д. Расчётное исследование нагрева семян в теле шишки инфракрасным излучением	182
Бабицкий Л.Ф., Кратюк Д.В. Мищук С.А. Обоснование параметров верхнерыхлительных наральников на упругих граблях рабочих органов культиваторов	197

ВЕТЕРИНАРИЯ

Артамин А.П., Лемещенко В.В. Динамика эхоморфологических параметров печени и их взаимосвязи у половозрелых собак	205
Лукьянов Р.Ю., Лукьянова Г.А., Лукьянов М.Р. Коррекция посттравматической иммуносупрессии при терапии ассоциативной бронхопневмонии у ягнят	219
Лизогуб М.Л., Куевда Н.Н. Результаты клинико-биохимических исследований гастроэнтерита у собак	226
Рефераты.....	233

Contents

AGRONOMY AND FORESTRY

Sotnik A. I., Tankevich V. V., Chakalov T. S. Sweet cherry rootstocks in the Crime	6
Makukha O.V., Kokovikhin S.V. The impact of the seed module elements on the plant growth and development, seed productivity of <i>Coriandrum sativum</i> L. under the conditions of the Kherson region	16
Makarenko A. A., Vasilko V. P., Gladkov V. N., Balandin V. S. Influence of herbicides, sowing time and number of interrow cultivations on the formation of raw mass and dry matter and photosynthetic productivity of corn hybrids in the conditions of Krasnodar region	31
Berdnikova E. G., Bardak N. I., Terekhova S. S., Velikanova L. O., Koval A. V. Influence of primary soil cultivation systems on the efficiency of moisture use by agricultural crops of irrigated crop rotation in the conditions of the Northern Black sea region	54
Kravchenko R. V., Gorbunov I. V., Gorbunov I. I. Production indicators of peach in the conditions of the Black sea fruit growing zone	79
Karajev A.I., Tolstolik L.N. Biological and digital determinants of nursery product quality in the conditions of digital transformation	92
Tolstolik L.N. Composition and significance for breeding programs of the sweet cherry genetic resources collection established by Melitopol scientists	110
Dudarev D.P., Izotov A.M., Tarasenko B.A., Rogozenko A.V. Quality of durum winter wheat grain with the application of non-root nitrogen application and senicating in Crimean conditions	124
Ilyin A.V., Sklyar S.I., Zakharchuk P.S. The effectiveness of the influence of groundcover crops in No-till technology on the yield of winter wheat in the Foothill-steppe zone of Crimea	130
Karajev A.I., Odintsova V.A., Radev S. Iu. A modeling algorithm for calculating the dates of dormancy break and the onset of flowering in sweet cherry trees	138
Gorbunova E.V., Shatova M.V., Gorbunov V.R. The effect of nitrogen fertilizers on the yield and grain quality of winter wheat varieties in the farm "Korostinsky" of the Kherson region	151
Kibalnik O.P., Starchak V.I. Search for donors of economically valuable traits of china seed on the basis of cluster analysis for creating varieties with high quality of products	160

AGRO-INDUSTRIAL ENGINEERING

Krasovsky V.V., Trofimov I.M., Zavaliy A.A. Theoretical analysis of a rotary knife type cutting tool for pruning perennial plants	172
Zavaly A.A., Volozhaninov S.S., Shiyan O.V., Volobuev D.D Computational study of the heating of seeds in the body of a cone by infrared radiation	182
Babitsky L.F., Kratyuk D.V., Mishchuk S.A. Justification of the parameters of upper-mounted rockers with elastic tine rake bars on cultivator working units	197

VETERINARY

Artamin A.P., Lemeshchenko V.V. Dynamics of liver echomorphological parameters and their interrelations in adult dogs	205
Lukianov R.Y., Lukianova G.A., Lukianov M.R. Correction of posttraumatic immunosuppression in the treatment of associative bronchopneumonia in lambs	219
Lizogub M.L., Kuevda N.N. Results of clinical and biochemical studies of gastroenteritis in dogs	226

Abstracts	233
------------------------	-----

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.1/7.047:634.23

ПОДВОИ ЧЕРЕШНИ В КРЫМУ

Сотник А.И., доктор сельскохозяйственных наук, ст. н. с., руководитель;
Танкевич В.В., кандидат сельскохозяйственных наук, ст. н. с., зав. лаб. питомниководства;
Чакалов Т.С., мл. н. с., лаб. питомниководства.
Институт садоводства Крыма ФГБУН «НБС-ННЦ РАН»

SWEET CHERRY ROOTSTOCKS IN THE CRIMEA

Sotnik A.I., D. Sc. (Agriculture), senior researcher;
Tankevich V. V., Cand. Sc. (Agriculture), senior researcher; leading researcher;
Chakalov T. S., junior researcher in the Nursery Management Sector, Institute of Horticulture of the Crimea, FSFIS "The Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS",

Черешня культура, пользующаяся спросом у населения и гостей Крыма. Выращивают ее, в большинстве стран мира, на клоновых подвоях. В условиях юга России, основными подвоями являются сеянцы анטיפки и дикой черешни. Деревья на них сильнорослые, в плодоношение вступают на 5-7 год. На подвое ВСЛ 2 плодоношение наступает на 3-4 год. Высота растений на 1,3 м меньше, чем на анטיפке, что позволяет применять уплотненные схемы посадки. Урожайность высокая.

Ключевые слова: черешня, сорт, подвой, сила роста, урожайность.

Sweet cherry is a crop in a great demand among population and guests of the Crimea. In most countries of the world, it is grown on clonal rootstocks. Under the conditions of southern Russia, main rootstocks are seedlings of mahaleb cherry and wild cherry. Trees on them are vigorous and start to bear fruits on 5–7th year. On the VSL 2 rootstock, fruiting occurs in the 3rd-4th year. The height of plants is 1.3 m less than on mahaleb cherry, which enables using compact planting schemes. Productivity is high.

Keywords: sweet cherry, variety, rootstock, growth power, yield.

Введение. Санаторно-курортная специфика экономической деятельности Крыма обуславливает необходимость развития садоводства, как поставщика плодов и ягод. Сохранению и развитию этого направления способствует благоприятное сочетание почвенно-климатических условий региона. В конце двадцатого и начале двадцать первого столетия отрасль пришла в упадок. В старых плодоносящих садах редко проводили омолаживающие мероприятия, новые насаждения не закладывались. В 2015 году сотрудниками «НБС-ННЦ» была разработана Программа развития садоводства в РК до 2025 года. Предлагается

довести общую площадь под плодовыми насаждениями до 43 тыс. га. Занятость семечковыми культурами должна составить не менее 65%, косточковыми 35%, на первом месте среди которых отмечен персик, на втором – черешня [5; 7].

Черешня, или Вишня птичья (*Prunus avium* L.) относится к роду Слива, семейства Розовые. Упоминается она в трудах Аристотеля «Теория растений» и Гая Плиния Старшего «Фруктовые деревья в конце XV столетия. По происхождению эта порода относится к теплолюбивым и является южным видом, обладающим высоким биологическим потенциалом продуктивности. Широко востребованы плоды черешни, которые ценятся за свои вкусовые качества и уникальный химический состав. В числе компонентов отмечают простые сахара (фруктоза и глюкоза), количество которых не менее 15%. Содержание аскорбиновой кислоты до 10 мг/100г, органических кислот 0,3–1.1 %. Плоды черешни обладают также антиоксидантными свойствами. Отмечается содержание многих других нужных для человека веществ [10].

Данная культура обычно выращивается в привитом виде. Успешность и неудачи, возникающие при ее эксплуатации, зависят не только от выбора сорта, но и подвоя. Успешно подобранные сорто-подвойные комбинации обуславливают вступление дерева в плодоношение на 4-5 год, высокую продуктивность на протяжении 15-17 лет и хорошего качества плодов [3]. Основными подвоями, на которых в условиях Крыма в настоящее время выращивают черешню, являются сеянцы антипки (вишни магалебской) и дикой черешни (вишни птичьей). Деревья на этих подвоях сильнорослые, вступают в период плодоношения в возрасте 5-7 лет. **Антипка** (*Prunus mahaleb*) – сильнорослый подвой для черешни, с глубокой корневой системой. Хорошо удается только на легких, хорошо воздухопроницаемых почвах. Не переносит плотных, тяжелых и сильно увлажненных почв. Проявляет избирательную совместимость с сортами черешни. **Дикая черешня** – хорошо растет на легких и тяжелосуглинистых влажных, но не переувлажненных почвах. Для нее не пригодны участки с близким залеганием грунтовых вод, слабо проницаемые для воздуха, уплотненные, легко заболачиваемые и засоленные почвы. Хорошо совместима со всеми сортами черешни, но плодоносить начинает на 5-7 год.

Черешня — сильнорослая плодовая культура, особенно если выращивается она на семенных подвоях. Следовательно, одной из главных проблем является снижение высоты дерева. Наиболее возможное решение данного вопроса – применение клоновых подвоев. Данная задача успешно решается при использовании ряда слаборослых подвойных форм российской селекции (Крымская опытно-селекционная станция – филиал ФГБНУ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»), таких как ЛЦ-52, ВЦ 13, ВСЛ-2 и ВП 1. Высота взрослых деревьев на них не превышает 3 м, объем кроны уменьшается на 40–45%. На таких компактных деревьях удобно проводить агротехнические мероприятия и собирать урожай [1; 9; 4]. Однако, подвой ЛЦ 52 и ВЦ 13 размножаются в основном черенками, что осложняет и удорожает этот процесс и сдерживает их распространение. Деревья, привитые на ВП 1, отличает слабая корневая система. Преимущество

по хозяйственно-ценным признакам присуще клоновому подвою **ВСЛ 2**, который характеризуется сдержанной силой роста, продуктивен и размножается горизонтальными отводками. Деревья, выращиваемые на нем на 20-30% менее рослые чем на семенных, скороплодные, урожайные, отличаются слабым порослеобразованием [3]. В Крыму изучением, распространенных на полуострове, семенных подвойных форм и, в сравнении с ними, клоновых начали заниматься с начала XXI столетия.

Целью исследований является хозяйственно-биологическая оценка подвоев черешни и выявление форм, адаптированных к условиям региона. Особенно актуален вопрос подбора перспективных подвоев российской селекции в связи с импортозамещением. Наибольший интерес представляют клоновые подвои, имеющие повышенную зимо- и засухоустойчивость, совместимость с большинством районированных сортов, такие как ВСЛ 2. Универсальных подвоев, подходящих к любым условиям, нет. Каждый подвой можно рекомендовать только для районов, наиболее благоприятных для его произрастания.

Материал и методы исследований. Изучение влияния подвоев на рост, развитие и продуктивность деревьев черешни проводили в течение 2009-2023 гг. на базе Института садоводства Крыма ФГБУН «НБС-ННЦ».

Объектами исследований являются клоновые подвои черешни – антипка (к), ВСЛ 2, Колт. Сорта – Аннушка, Крупноплодная, Любава. Схема посадки – 4,5 × 2,5 м, форма кроны – свободнорастущая. Почвы опытного участка тяжелосуглинистые, аллювиальные, лугово-черноземные, с мощным гумусовым горизонтом. Климат полузасушливый, теплый. Среднегодовая температура воздуха составляет +10°C, наиболее холодного месяца января – минус 1,4°C, наиболее теплого месяца июля – +20°C

Учеты и наблюдения проводили по стандартным методикам сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [6], изучения подвоев – по методике Сотника А.И. [8]. Статистическая обработка данных выполнена по Доспехову Б.А. [2].

Результаты и обсуждение. Основным способом размножения черешни являются окулировка и прививка на подвои. Подвои получают либо из семян, путем выращивания саженцев, либо вегетативно, в основном, способом зеленого черенкования.

В качестве семенных подвоев для черешни в Крыму, в основном, используют семенные подвои антипки и дикой черешни. Причем предпочтение отдается антипке, так как обусловлено это хорошей всхожестью семян (92%) и высоким процентом выхода стандартных сеянцев – 67%. Всхожесть семян черешни, в среднем за 3 года изучения, не превышает 57%. Объясняется это прежде всего более длительным сроком стратификации (120-150 дней). Антипка проходит этот этап за 70 дней.

В опытном саду изучали влияние 3 подвоев на рост, физиологическое развитие и продуктивность 3 сортов черешни. Определены показатели развития деревьев в зависимости от силы роста сорто-подвойных сочетаний. В резуль-

тате анализа полученных данных установлено, что ВСЛ 2 (клоновый подвой российской селекции) менее рослый, чем Колт (клоновый подвой) и антипка (семенной подвой). Высота взрослых деревьев сорта Любава в данном варианте ((3,5 м) на 0,4 м меньше, чем в контроле и на 0,2 м – чем на подвое Колт. Существенная разница по этому показателю отмечена по сорту Аннушка на ВСЛ 2 (3,5 м) и антипке (4,7 м). На общие параметры растений влияет сила роста подвоя и сорта. В наших исследованиях сорт Любава можно отнести к группе сортов умеренной силы роста; сорт Крупноплодная к среднерослым; сорт Аннушка к сильнорослым. Высота деревьев этих сортов варьирует в пределах 3,5 м (ВСЛ 2), 4,3-4,7 (антипка), 4,1- 4,4 (Колт).

Окружность штамба является интегральным показателем силы роста деревьев. Зависит эта величина как от подвоя, так и от сорта. Более энергичный радиальный рост деревьев в наших наблюдениях отмечен в комбинации сорта Аннушка с подвоем антипка. Площадь сечения штамба пятнадцатилетних деревьев по этому сорту в контроле составила 488,9 см², на других подвоях 445,0-464,3 см². У среднерослого сорта этот показатель варьирует в пределах 338,5-361,2 см²; слаборослого сорта Любава – 411,4-459,2 см², таблица 1.

Таблица 1. Объем, площади проекции кроны и сечения штамбов черешни на клоновых подвоях, 2023 г. Год посадки – 2009, схема – 4,5×2,5 м

Подвой	Аннушка			Крупноплодная			Любава		
	площадь сечения штамба, см ²	площадь проекции кроны, м ²	объем кроны, м ³	площадь сечения штамба, см ²	площадь проекции кроны, м ²	объем кроны, м ³	площадь сечения штамба, см ²	площадь проекции кроны, м ²	объем кроны, м ³
Антипка (к)	488,9	22,7	51,0	359,3	15,9	38,7	447,2	15,2	34,4
ВСЛ 2	445,0	12,2	24,4	338,5	13,5	28,7	411,4	11,3	22,4
Колт	464,3	13,5	33,9	361,2	13,8	32,4	459,2	13,2	27,8
НСР ₀₅	3,0	1,2	2,1	2,9	2,1	2,4	6,5	1,3	8,3

Площади проекции и объема кроны подтверждают предварительные выводы о том, что деревья на ВСЛ 2 на 15,0-46,0 и 26,0-52,0% менее рослые, чем на Антипке. По силе роста этот подвой можно отнести к среднерослой группе, Колт и Антипку к сильнорослым.

Черешня является культурой требовательной к теплу, но достаточно засухоустойчивой. Отмечается высокая засухоустойчивость сортов и подвоев. Содержание воды в листьях изучаемых сортов черешни на подвое ВСЛ 2 в среднем варьировало в пределах 56,0-62,5%, водный дефицит составил 12,4-14,3%. Меньшая потеря влаги через 6 часов (10,4%) присуща комбинации Крупноплодная/ВСЛ 2. В контроле эти показатели несколько выше. Водный дефицит на антипке равен 13,2-14,9%; потеря влаги 12,1-12,8%. (по засухоустойчивости

необходимо сравнение с контролем – антипкой по этим показателям)

Максимальную устойчивость к морозам деревья проявляют в период глубокого покоя (до минус 28 °С). Ближе к весне зимостойкость снижается. В наших исследованиях особенно уязвим сорт черешни Аннушка. более устойчив сорт – Крупноплодная. Критическими температурами во время цветения считается (1,1-2,2 °С); образования завязи (0,6-2,2 °С). Корневая система подвоя ВСЛ 2 выдерживает температуру до минус 14 °С, антипки – минус 16 °С.

Наблюдения за черешневым садом, привитым на клоновые подвои и на антипку, показали, что деревья на подвоях Колт и антипка вступили в плодоношение на 4-й год после посадки, и первый урожай составил 2–3 кг с дерева. В комбинациях сортов с ВСЛ 2 на 3 год отмечен урожай 0,7-1,5 кг/дер. К восьмому году он достигал 18–22 кг/дер. В других вариантах 14-17 кг/дер. Продуктивность является основным критерием оценки хозяйственной ценности сорто-подвойной комбинации.

За весь период исследований, за 11 лет плодоношения, опытные сорто-подвойные комбинации черешни были с урожаем. Однако, в отдельные годы отмечено снижение урожая в следствие повреждения плодовых почек весенними возвратными заморозками, что обусловлено климатическими изменениями, происходящими в последние десятилетия на планете. Степень подмерзания в разные годы была неодинаковой и зависела от величины отрицательных температур и длительности их воздействия на органы растений. Этот метеорологический фактор влияния на рост и продуктивность растений не позволяет изучаемым объектам полностью раскрыть свой потенциал.

Весенние заморозки в 2016 году до – 10 °С в марте и минус 3 °С в апреле привели к 80% потери урожая. Подмерзание корневой системы не отмечено. После зимних морозов (30.01.2017 г., -16,5 °С) степень поражения генеративных почек черешни была незначительной (1,0-2,5%). Прошедший в мае град сильно повредил плоды черешни, что сказалось на товарности и осыпании урожая. Тем не менее, в 2017 году, как и в предыдущие годы, по продуктивности выделялся сорт Крупноплодная на ВСЛ-2. Урожай у отмеченной комбинации в этом году составил 31,7 кг/дер. или 28,1 т/га, что на 25,7 кг/дер. и на 22,8 т/га больше чем в контроле (антипка). Средний вес плода 11,7 г, на антипке и Колте – 9,2 г.

Самым урожайным был 2018 год. Высокий урожай в отчетном году был достигнут у сорта- Крупноплодная на ВСЛ-2 – 44,7 т/га. На других подвоях этот сорт также был более урожайным, чем Аннушка и Любава. Средние многолетние данные по урожайности показывают, что наиболее продуктивными являются насаждения сорта Крупноплодная (34,4 т/га) на ВСЛ-2. У деревьев сортов Аннушка и Любава средняя урожайность на этом подвое была на уровне 22,8 - 28,3 т/га, таблица 2.

Таблица 2. Урожайность десятилетних деревьев черешни разных сорто-подвойных комбинаций в 2018г.

Подвой	Аннушка			Крупноплодная			Любава		
	Урожайность								
	кг/ дер.	т/га	средняя за 2009 - 2018 гг	кг/ дер.	т/га	средняя за 2009- 2018 гг	кг/ дер.	т/га	средняя за 2009- 2018 гг
Антипка (к)	22,2	19,8	19,0	42,9	38,1	27,8	25,3	22,5	19,8
ВСЛ-2	24,5	21,8	28,3	50,3	44,7	34,4	27,4	24,8	22,8
Колт	23,5	20,9	18,5	35,4	39,8	24,9	24,3	21,6	18,4
НСР ₀₅	F ₀₅ F ₀₅	0,9	F ₀₅ F ₀₅	4,2	3,0	3,4	F ₀₅ F ₀₅	F ₀₅ F ₀₅	1,3

Товарное качество и вкус плодов черешни во всех вариантах высокое. Биохимический анализ плодов показывает количество сахаров (12,4-15,1 %), сухих растворимых (14,3 – 16,9 %) и абсолютно сухих веществ (16,2 – 18,6 %).

Критическими оказались отрицательные температуры в 2019 году (– 4,0; – 3,9; – 3,0; – 4,5; – 2,0 °С), зафиксированные в течении пяти дней. Подмерзание плодовых почек сорта Аннушка составляло 39%, Любава – 36%, Крупноплодная – 29%. Подмерзание корневой системы не выявлено. Отмеченные выше факторы снизили завязываемость до 11% и увеличили осыпаемость плодов, что привело к снижению ожидаемого урожая. Тем не менее в варианте сорт Крупноплодная с подвоем ВСЛ 2 урожай составил 6,4 кг/дер. (5,7 т/га), что в 1,5 раза выше, чем в контроле (3,7 т/га). По Колту этот показатель равен 0,5 т/га. Самый низкий урожай на всех подвоях сорта Любава (0,2-1,4 т/га). Урожай сорта Аннушка составил 0,9-3,6 т/га.

В 2020 году, в период раскрытия бутонов (02.04), произошло понижение температуры воздуха до минус 5,1°С. Во время массового цветения деревьев черешни – были отмечены колебания среднесуточных температур воздуха, неустойчивое тепло сменилось понижением температуры от минус 2 °С в воздухе до минус 5 °С на почве (16 по 20 апреля), что привело к подмерзанию плодовых почек на 23-75 %. Зафиксировано также повреждение подпочковой ткани.

Отмеченные выше факторы снизили завязываемость плодов от 14 до 8%, что привело к снижению ожидаемого урожая. Разница в показателях повреждения генеративных почек в зависимости от подвоя незначительна

В 2021 году цветение по всем вариантам было на 4,5-5,0 баллов. Завязываемость плодов по сортам Любава и Крупноплодная на подвое ВСЛ 2 составила 59,6-62,7 %; по сорту Аннушка – 40,7 %. В контроле эти показатели по всем сортам были на 5-7% ниже. На подвое Колт – 42,4-46,1%.

Заморозки (31.04.) до – 4 °С, продержавшиеся не менее 4 часов, вызвали повреждение плодовых почек сорта Крупноплодная на всех подвоях в среднем на 27,6%; сорта Любава на 39,4%; сорта Аннушка на 41,6%. Отмечено также повреждение подпочковой ткани, что привело к сильному осыпанию завязи (до 50%). Разница по подмерзанию генеративных образований деревьев черешни

в зависимости от подвоя небольшая. На подвое ВСЛ 2 гибель цветков сорта Крупноплодна на 3,5% меньше чем на антипке. Урожай составил 0,5-6,2 т/га.

Заморозки в 2023 году 31 марта до минус 3°C спровоцировали повреждение плодовых почек, которое было в пределах 27,6-41,4%. Выявлено также частичное повреждение подпочковой ткани (11-17%). Завязываемость плодов была ниже, чем в предыдущие годы (5,7 – 19,6%). Осыпаемость завязей – 37-42 %. Отрицательные факторы, указанные выше сказались на фактическом урожае. Большой урожай получен по сорту Крупноплодная на подвое ВСЛ 2 (5,4 т/га). В контроле (на Антипке) этот показатель равен 5,2 т/га; на подвое Колт – 1,5 т/га. По сорту Аннушка урожай составил 1,8-3,3 т/га; по сорту Любава – 0,4-2,0 т/га, таблица 3.

Таблица 3. Урожайность сорто-подвойных комбинаций черешни в саду в 2023 г.

Подвой	Аннушка			Крупноплодная			Любава		
	Урожайность								
	кг/ дер.	т/га	средняя за 2009 - 2018 гг	кг/ дер.	т/га	средняя за 2009- 2018 гг	кг/ дер.	т/га	средняя за 2009- 2018 гг
Антипка (к)	4,0	3,6	4,2	6,0	5,3	11,8	1,9	1,7	3,9
ВСЛ-2	4,7	4,2	4,5	7,0	6,2	13,1	2,3	2,0	5,3
Колт	1,8	1,6	1,5	1,7	1,5	6,6	0,5	0,4	3,0
НСР ₀₅	0,6	0,6	2,3	0,9	1,3	3,2	1,2	F ₄ <F ₀₅	1,8

Наиболее продуктивен сорт Крупноплодная на всех подвоях. Средний урожай, которого за годы исследований, выше других сортов и равен 6,6-13,1 т/га. Среди подвоев по урожайности выделился подвой ВСЛ 2. Влияние на показатели урожая оказывают форс-мажорные обстоятельства вегетационного периода (повышенная влажность, дожди, туманы, росы). Отдельно следует отметить, что обильные осадки, вызывают растрескивание плодов, провоцируя их загнивание, что снижает фактический товарный урожай на 30%. Наиболее уязвимы к поражению гнилью плоды черешни сорта Крупноплодная (11%). Меньше склонны к растрескиванию и загниванию плоды сорта Любава (4%).

Экономическая эффективность выращивания черешни на клоновых подвоях в значительной мере зависит от биологических особенностей подвоев и сортов, а также их взаимовлияния. Это подтверждается экономическими данными уровня рентабельности, если рассчитывать его с учетом неурожайных лет, т.е. когда повреждение плодовых почек морозами составило 75-100%. В наших исследованиях это 2016, 2020 годы. Существенные повреждения генеративных почек (39,0-41,6%) отмечены также в 2019, 2021, 2023 гг.

Самый высокий уровень рентабельности (96%) по сорту Крупноплодная на подвое ВСЛ 2. В контроле (на антипке) эта цифра равна 56%. Низкие пока-

затели экономической эффективности на Колте по сорту Любава (40%). Выращивание черешни данной комбинации нерентабельно.

Выводы. Результаты изучения различных сорто-подвойных комбинаций черешни позволили сделать вывод, что лучшим вариантом для этой культуры, в условиях Крыма, является сочетание сорта Крупноплодная с подвоем российской селекции ВСЛ 2. Они обеспечивают лучший рост и развитие деревьев, устойчивость к коккомикозу, засухоустойчивость и более высокую урожайность.

Список использованной литературы

1. Астахов А.А., Мисникова Н.В. Рост и продуктивность черешни на вегетативно-размножаемых подвоях // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2018. – №5(1). – С. 7-9.

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2014. – 252 с.

3. Weil D. Клоновые подвои для косточковых культур селекции Крымской ОСС в США // Хранение и использование генетических ресурсов садовых и овощных культур : сб. тез. докл. и сообщ. междунар. науч.-практ. конф. (19-21 авг. 2015 г. Крымская ОСС ВИР). Крымск, 2015. С. 17-18.

4. Ноздрачева Р.Г., Непушкина Е.Р. Сорта-подвойные комбинации черешни для промышленного садоводства ЦЧР//Селекция и сорторазведение садовых культур. 2018; 5(1): 86-89.

5. Плугатарь Ю.В., Смыков А.В. Перспективы развития садоводства в Крыму / Сб. научных трудов ГНБС. Ялта. 2015; 140: 5-18.

6. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.Г. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК. 1999:1-606.

7. Сотник А. И., Бабина Р. Д., Танкевич В. В. Актуальные аспекты разви-

References

1. Astakhov A.A., Misnikova N.V. Sweet Cherry Growth and Productivity on Vegetative-reproduced Rootstocks // Breeding and Variety Cultivation of Fruit and Berry Crops. – 2018. – №5 (1). – P. 7-9.

2. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance, 2014. – 352 p (in Russian).

3. Weil D. Klonovye podvoi dlya kostochkovykh kul'tur selekcii Krymskoj OSS v SShA // Hranenie i ispol'zovanie geneticheskikh resursov sadovykh i ovoshchnykh kul'tur : sb. tez. dokl. i soobshch. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (19-21 avg. 2015 goda. Krymskaya OSS VIR.). Krymsk, 2015. S. 17-18.

4. Nozdracheva R.G., Nepushkina E.V. Cherry variety-rootstock combinations for industrial gardening of the central chernozem region. Selection and Variety Cultivation of Horticultural Crops. 2018; 5(1):86-89 (in Russian).

5. Plugatar Yu.V., Smykov A.V. Prospects for the development of horticulture in Crimea. Collection of Scientific Works of SNBG. 2017; 144: 49-54 (in Russian).

6. Program and methodology of sorting fruit, berry and nut crops. Under the general editorship of E.N. Sedov, T.G. Ogoltsova. Orel: VNIISPK. 1999:1-606

тия садоводства в республике Крыма // Плодоводство и ягодоводство России. Москва, 2017. Т. XLIX. С.312-315.

8. Сотник А.И., Танкевич В.В., Чакалов Т.С. Методические рекомендации по проведению исследований в питомниководстве и прогнозированию силы роста подвоев. Симферополь. Полипринт; 2019: 1-47.

9. Упадышева Г. Ю. Особенности возделывания традиционно южных косточковых культур в средней полосе России // VI Всероссийский съезд садоводов: Сб. материалов «Косточковые культуры в садоводстве и декоративном озеленении». — Челябинск, 2012. — С.92-93.

10. Усейнов Д.Р., Чакалов Т.С. Влияние клоновых подвоев на урожайность и качество плодов черешни сорта Крупноплодная // Современное садоводство. — 2022. — № 2. — С.42-49.

(in Russian).

7. Sotnik A.I., Babina R.D., Tankevich V.V. Actual aspects of the development of gardening in the Republic of Crimea // Fruit growing and berry growing in Russia, 2017. Т. XLIX. P.312-315.

8. Sotnik A.I., Tankevich V.V., Chakalov T.S. Methodological recommendations for conducting research in nursery breeding and forecasting the strength of rootstock growth. Simferopol. Polyprint; 2019: 1-47 (In Russ.).

9. Upadisheva G. Yu. Features of Traditional Southern Stone Fruit Crops Cultivation in the Central Russia // VI All-Russian Congress of Gardeners: Digest “Stone Crops in Horticulture and Ornamental Landscaping”. — Chelyabinsk, 2012. — P. 92–93.

10. Useynov D.R., Chakalov T.S. The influence of clonal rootstocks on the yield and quality of sweet cherry fruits of the Krupnoplodnaya cultivar// Horticulture Crops. — 2022. — № 2. — P. 42-49. DOI: 10.52415/23126701_2022_0205

Сведения об авторах:

Сотник Александр Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; руководитель Института садоводства Крыма, главный научный сотрудник ФГБУН «Никитский ботанический сад– Национальный научный центр РАН»; e-мейл: sadovodstvo.krum@mail.ru, тел. +7 9787325372 Республика Крым, Ялта.

Танкевич Валентина Викторовна, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник; ведущий научный сотруд-

Information about the author:

Sotnik Alexander Ivanovich, D. Sc. (Agriculture), senior researcher; Head of the Institute of Horticulture of the Crimea, chief researcher in the FSFIS “The Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS”, email adovodstvo.krum@mail.ru: tel. +7 978732 53 72 Republic of Crimea, Yalta.

Tankevich Valentina Victorovna, Cand. Sc. (Agriculture), senior researcher; leading researcher in the Nursery Management Sector, Institute of

ник лаборатории питомниководства Института садоводства Крыма ФГБУН «Никитский ботанический сад–Национальный научный центр РАН» е-мейл: vvtankevich@yandex.ru тел. + 7 978 86 99 865; Республика Крым, Ялта.

Чакалов Тимур Серверович, мл. науч. сотр. лаборатории питомниководства Института садоводства Крыма ФГБУН Никитский ботанический сад–Национальный научный центр РАН; Республика Крым, Ялта.

Horticulture of the Crimea, FSFIS “The Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS”, email: vvtankevich@yandex.ru tel. + 7 978 86 99 865; Republic of Crimea, Yalta.

Chakalov Timur Serverovich, junior researcher in the Nursery Management Sector, Institute of Horticulture of the Crimea, FSFIS “The Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS”, Republic of Crimea, Yalta.

УДК 635.751:631.526.32:631.53.043

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ
ПОСЕВНОГО МОДУЛЯ НА РОСТ
И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ,
СЕМЕННУЮ
ПРОДУКТИВНОСТЬ
CORIANDRUM SATIVUM L.
В УСЛОВИЯХ ХЕРСОНСКОЙ
ОБЛАСТИ**

**THE IMPACT OF THE SEED
MODULE ELEMENTS ON
THE PLANT GROWTH
AND DEVELOPMENT,
SEED PRODUCTIVITY OF
CORIANDRUM SATIVUM L.
UNDER THE CONDITIONS OF
THE KHERSON REGION**

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

Коковихин С.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «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, FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin».

*В статье представлено влияние ширины междурядий на фенологические и биометрические показатели растений, урожайность и качественные характеристики семян сортов *Coriandrum sativum* L. в засушливых условиях Херсонской области. Рассчитаны среднесуточные приросты высоты растений, площади листьев и сухой надземной массы, проанализирован уровень засоренности посевов. Доказано, что *Coriandrum sativum* L. является ценной культурой, благодаря многофункциональному применению в медицине, кулинарии, фармацевтической, пищевой, парфюмерной и косметической отраслях промышленности. Научное исследование было посвящено определению влияния ширины междурядий 15, 30, 45 см на рост, развитие, семенную продуктивность и качественные показатели сортов кориандра Оксанит, Карибе в условиях недо-*

*The article presents the effect of row spacing on the phenological and biometric indicators of plants, yield and quality characteristics of seeds of *Coriandrum sativum* L. varieties in the arid conditions of the Kherson region. The average daily growth of plants height, leaf area, and dry overground mass were calculated, and the level of crop weediness was analyzed. It is proven that *Coriandrum sativum* L. is a valuable crop due to its multifunctional use in medicine, culinary, pharmaceutical, food, perfume, and cosmetics industries. The investigation was devoted to determining the impact of row spacing of 15, 30, 45 cm on the growth, development, seed productivity and quality indicators of coriander varieties Oksanit, Karibe in conditions of insufficient moisture of the Kherson region. The field studies were carried out in 2019-2021 on the dark chestnut soils of the zone. The optimal*

статочного увлажнения Херсонской области. Полевые опыты проводились в 2019-2021 годах на темно-каштановых почвах этой зоны. Оптимальные условия онтогенеза растений кориандра, формирования семян и образования эфирного масла были отмечены в варианте сорта Оксанит с шириной междурядий 15 см. В этом варианте вегетационный период кориандра был самым коротким в опыте, его продолжительность составила 102 дня. Биометрические показатели растений достигли максимальных значений: высота растений составила 63,10 см, площадь листовой поверхности культуры – 27,43 тыс. м²/га, сухая надземная масса – 5,36 т/га. Количественные и качественные показатели продуктивности культуры также были наивысшими в опыте. Урожайность семян достигла 1,27 т/га, масса 1000 семян составила 6,58 г. В семенах содержалось 2,19% эфирного масла, а его условный выход был равен 24,48 кг/га. Минимальный уровень засоренности наблюдался на участках с шириной междурядий 15 см. Оптимизация способа сева растений с учетом требований сорта, почвенных условий и климатических факторов зоны является эффективной экологически безопасной стратегией повышения урожайности кориандра.

Ключевые слова: вегетационный период, биометрические показатели растений, уровень засоренности, урожайность семян, масса 1000 семян, содержание эфирного масла в семенах, условный выход эфирного масла.

environmental for the ontogenesis of coriander plants, formation of seeds and essential oil were marked in the variant of Oksanit variety and row spacing of 15 cm. In this version, the vegetation period of coriander was the shortest in the experiment, and its duration made up 102 days. The biometric characteristics of plants reached the maximum values: the plants height was 63.10 cm, the leaf surface area of the crop amounted to 27.43 thousand m²/ha, the dry overground mass being 5.36 t/ha. The quantitative and qualitative characteristics of the crop productivity were also the highest. The seed yield reached 1.27 t/ha, 1000 seeds had a weight of 6.58 g. The seeds contained 2.19% of essential oil, and its relative yield amounted to 24.48 kg/ha. The minimum level of weediness was observed on the plots with the row width of 15 cm. The improvement of plant spacing, based on the requirements of variety, the soil background and climatic factors of the zone, is effective environmentally friendly strategy to increasing the coriander productivity.

Keywords: vegetation period, biometric characteristics of plants, level of weediness, seed yield, weight of 1000 seeds, essential oil content in seeds, relative yield of essential oil.

Введение. Кориандр (*Coriandrum sativum* L.) – ароматическое травянистое однолетнее растение, относящееся к семейству *Apiaceae*. Из кориандра получают два вида растительного сырья: семена и листья. Полиморфный вид *Coriandrum sativum* L. характеризуется сложным биохимическим составом. Основными биологически активными компонентами являются эфирное масло и жирные кислоты. Эфирное масло кориандра принадлежит к числу наиболее часто используемых эфирных масел в мире, его основной компонент – линалоол (60-80%) [8, 11, 28].

Лекарственная ценность кориандра признана с древних времен. В настоящее время культура известна во всем мире, благодаря использованию в медицине и производстве фармацевтических препаратов. Различные части растения обладают множеством полезных свойств и широким спектром биологической активности. Традиционно кориандр использовался для лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта и дыхательных путей, инфекций мочевыводящих путей, артрита, ревматизма и других. Он обеспечивает защитное и профилактическое действие в лечении различных хронических заболеваний [23, 28].

Кориандр – одна из самых популярных специй в мире, неотъемлемый компонент порошка карри. Кориандр находит применение в производстве пищевых продуктов как ароматизатор и консервант, в парфюмерии и косметике в качестве ароматического ингредиента. Семена кориандра посевного, эфирное масло и его биологически активные фитокомпоненты могут быть использованы для замены синтетических соединений в производстве пестицидов, в пищевой и фармацевтической промышленности [11, 23]. Высокая экономическая ценность культуры связана с возможностью ее многофункционального многоцелевого использования, особенно в качестве ароматизатора в пищевых продуктах и косметических средствах [2, 28].

Урожайность лекарственных и пряных растений может значительно колебаться в сравнение с основными сельскохозяйственными культурами [24]. Получение стабильных урожаев семян кориандра с высоким содержанием эфирного масла связано с научным совершенствованием технологии его выращивания с учетом сортовых требований и особенностей экологических факторов региона произрастания. Важную роль в повышении урожайности кориандра играют основные технологические приемы, такие как сроки сева, ширина междурядий, нормы высева, удобрения, борьба с сорняками [5, 9, 20].

Эффективное выращивание кориандра в Херсонской области невозможно без сравнительного анализа способности его сортов реализовывать потенциал урожайности в засушливых условиях зоны. Одной из первоочередных задач при разработке сортовых агротехнических приемов выращивания кориандра является научное изучение ширины междурядий. Форма площади питания растений особенно важна, когда культура выращивается на почвах с низким естественным содержанием азота в условиях дефицита влаги. Исследуемые факторы, сорт и ширина междурядий, относятся к экологически чистым эле-

ментам технологии выращивания, что особенно актуально при выращивании кориандра в связи с его использованием в медицине, кулинарии, фармацевтической, пищевой, парфюмерной и косметической промышленности.

Материал и методы исследований. Целью исследовательской работы было определить влияние элементов посевного модуля на рост и развитие растений, семенную продуктивность *Coriandrum sativum* L. в условиях Херсонской области

Полевые исследования проводились в 2019-2021 годах в фермерском хозяйстве «Надежда» Херсонской области. Климат зоны умеренно континентальный, жаркий и засушливый, характеризуется обилием тепла и света, небольшим количеством и неравномерным распределением осадков, частыми засухами. Сумма активных температур выше 10°C составляет 3200-3400°C, среднегодовое количество осадков – 340-400 мм, гидротермический коэффициент находится в пределах от 0,5 до 0,7. Погодные условия в годы исследований несколько отличались по температурному режиму, количеству и распределению атмосферных осадков, но в целом были типичными для зоны. Почва опытных участков – темно-каштановая, слабосолонцеватая, среднесуглинистая, типичная для зоны. Почва содержит в пахотном слое гумуса – 2,28%, нитратов – 26, подвижного фосфора – 34 и обменного калия – 250 мг/кг почвы.

Научное исследование было посвящено определению влияния ширины междурядий на рост и развитие, урожайность и качество семян сортов кориандра (*Coriandrum sativum* L.) в засушливых условиях Херсонской области. Задачи исследований включали определение продолжительности межфазных и вегетационного периодов, биометрических показателей растений кориандра и их среднесуточных приростов, изучение уровня засоренности культуры, анализ урожайности и качественных характеристик семян кориандра в зависимости от влияния агротехнических приемов.

Схема опыта включала такие факторы и их варианты: Фактор А – сорт: Оксанит; Карибе; Фактор В – ширина междурядий, см: 15; 30; 45. Для размещения вариантов на опытном участке выбран метод расщепленных делянок, повторность опыта на территории была четырехкратной. Посевная площадь опытного участка второго порядка составила 70, учетная площадь участка – 55 м². Фенологические наблюдения, биометрические измерения, контроль засоренности, уборка и учет урожая, определение массы 1000 семян проводились в соответствии с общепринятыми методиками [1]. Массовую долю эфирного масла в семенах кориандра определяли по методу Гинзберга [4].

Экспериментальные данные представлены в виде среднего значения \pm стандартное отклонение (SD) для двенадцати повторений $n=12$ (четырекратная повторность в полевых условиях, три года исследований). Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием метода ANOVA, HSD теста Тьюки ($P<0,05$) [14].

Агротехнические приемы возделывания кориандра были общепринятыми,

за исключением изучаемых факторов и их вариантов. Предшественником в эксперименте была пшеница озимая. Доза минеральных удобрений составила $N_{60}P_{10}$. Срок сева – третья декада марта, когда почва переходила в состояние физической спелости, норма высева – 2 млн. шт./га, глубина заделки семян – 3-4 см. Уборку урожая семян кориандра проводили, когда 60-70% плодов приобретали коричневую окраску.

Результаты и обсуждения. Кориандр – однолетнее растение, которое формирует семена за один вегетационный период. Всходы кориандра наблюдались через 24 дня после сева. Продолжительность основных межфазных и вегетационного периодов изменялась в зависимости от вариантов взаимодействия изучаемых агротехнических приемов. Межфазный период всходы-стеблевание длился 34-37 дней, стеблевание-цветение – 19-20 дней, цветение-спелость – 49-50 дней, вегетационный период – 102-107 дней (рисунок 1).

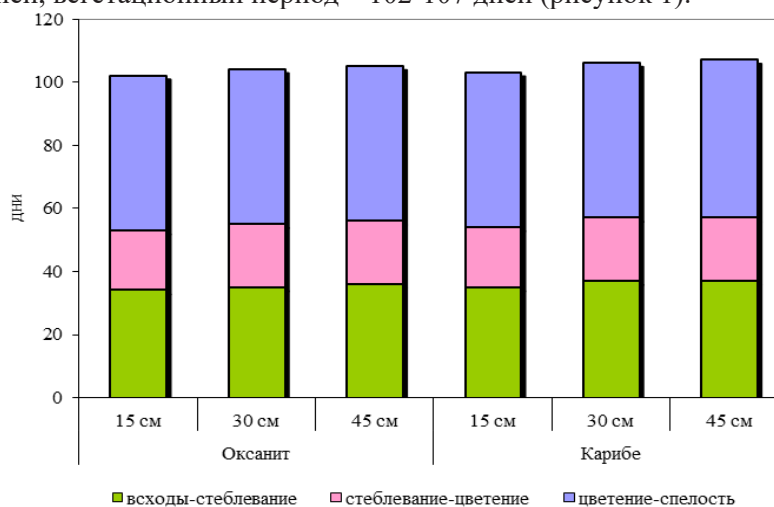


Рисунок 1. Влияние ширины междурядий на продолжительность межфазных и вегетационного периодов сортов кориандра (в среднем за 2019-2021 гг.)

Продолжительность вегетационного периода сорта кориандра Оксанит была короче в сравнение с сортом Карибе на 1-2 дня. Увеличение ширины междурядий с 15 до 30 и 45 см продлило вегетационный период культуры на 2-3 и 3-4 дня, соответственно. Следовательно, наиболее короткий вегетационный период кориандра (102 дня) наблюдался в варианте сева сорта Оксанит с шириной междурядий 15 см. Продолжительность этого периода была максимальной в эксперименте (107 дней) на делянках сорта Карибе с расстоянием между рядами 45 см.

Основные биометрические показатели растений кориандра изменялись в зависимости от взаимодействия исследуемых факторов. Диапазон варьирования высоты растений составил 53,70-63,10 см. Площадь листовой поверхности культуры находилась в пределах 23,82-27,43 тыс. м²/га, сухая надземная масса – 4,42-5,36 т/га (таблица 1). Наименьшие значения вышеперечисленных пара-

метров были отмечены на опытных участках сорта Карибе с шириной междурядий 45 см. Изучаемые биометрические показатели достигли максимальных значений при севе сорта Оксанит с междурядьями 15 см. В этом варианте различия биометрических характеристик растений были статистически значимыми в сравнение с другими вариантами взаимодействия технологических приемов.

Таблица 1. Влияние ширины междурядий на биометрические показатели сортов кориандра (в среднем за 2019-2021 гг.)

Сорт, фактор А	Ширина междурядий, см, фактор В	Высота растений, см	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	Сухая надземная масса, т/га
Оксанит	15	63,10 ^a ± 3,70	27,43 ^a ± 1,42	5,36 ^a ± 0,36
	30	58,30 ^b ± 3,20	25,69 ^b ± 1,27	4,91 ^b ± 0,32
	45	55,40 ^c ± 2,90	24,65 ^c ± 1,21	4,64 ^c ± 0,29
Карибе	15	59,20 ^d ± 3,50	25,91 ^d ± 1,39	4,98 ^d ± 0,34
	30	56,10 ^e ± 3,00	24,57 ^e ± 1,14	4,67 ^e ± 0,28
	45	53,70 ^f ± 2,80	23,82 ^f ± 1,03	4,42 ^f ± 0,26

Примечание: статистически значимые различия (HSD тест Тьюки, P<0,05) между вариантами отмечены следующими буквами: a-b, a-c, a-d, a-e, a-f, b-f и d-f.

В среднем по фактору А, высота растений кориандра сорта Оксанит превышала показатель сорта Карибе на 2,60 см (4,6%). Площадь ассимиляционной поверхности сорта Карибе уменьшилась, в среднем, на 1,15 тыс. м²/га (4,4%) в сравнение с сортом Оксанит. Анализ среднефакториальных значений сухой надземной массы кориандра выявил преимущество сорта Оксанит в сравнение с сортом Карибе. Разница этого показателя между двумя исследуемыми сортами составила 0,28 т/га (6,0%).

Расширение междурядий с 15 до 30 и 45 см привело к снижению среднефакториального значения высоты растений на 4,00 см (6,5%) и 6,60 см (10,8%), соответственно. Площадь листьев уменьшилась при севе кориандра с междурядьями 30 и особенно 45 см в сравнение с шириной междурядий 15 см. В среднем по фактору В, снижение этого показателя составило 1,54 тыс. м²/га (5,8%) и 2,43 тыс. м²/га (9,1%), соответственно. Увеличение междурядий с 15 до 30 и 45 см негативно сказалось на показателе сухой надземной массы культуры. Потери сухого вещества под влиянием ширины междурядий 30 и 45 см в сравнение с вариантом 15 см составили 0,38 т/га (7,4%) и 0,64 т/га (12,4%), соответственно.

Изменения среднесуточных приростов биометрических показателей сортов кориандра Оксанит и Карибе в зависимости от ширины междурядий характеризовали влияние исследуемых факторов на процессы роста и развития растений. В опыте среднесуточный прирост высоты растений варьировал в пределах 0,94-1,19 см в сутки, среднесуточный прирост площади листовой поверхности составил 644-807 см²/м² в сутки, среднесуточный прирост сухой надземной массы находился в диапазоне 4,13-5,25 г/м² в сутки (таблица 2).

Наиболее интенсивный линейный рост, формирование листовой поверхности и накопление сухого вещества были обеспечены при севе сорта Оксанит с шириной междурядий 15 см.

Лекарственные и пряные растения все чаще выращивают с использованием технологий органического земледелия. Результаты исследований доказывают высокую чувствительность растений семейства *Ariaceae* (кориандра посевного, фенхеля обыкновенного) к присутствию в посевах сорных растений, что может привести к снижению, как урожайности, так и качества семян [3, 10]. Слабая способность кориандра конкурировать с сорными растениями наблюдалась в фазы всходов и одной-двух пар настоящих листьев. Продолжительность гербокритического периода культуры составила 40–45 дней после сева.

Таблица 2. Влияние ширины междурядий на среднесуточные приросты биометрических показателей сортов кориандра (в среднем за 2019–2021 гг.)

Сорт, фактор А	Ширина междурядий, см, фактор В	Среднесуточный прирост		
		высоты растений, см в сутки	площади листовой поверхности, $\text{см}^2/\text{м}^2$ в сутки	сухой надземной массы, $\text{г}/\text{м}^2$ в сутки
Оксанит	15	1,19	807	5,25
	30	1,06	734	4,72
	45	0,99	685	4,42
Карибе	15	1,10	740	4,83
	30	0,98	664	4,41
	45	0,94	644	4,13

В фазу всходов кориандра на 1 м^2 насчитывалось 9,3 сорных растений. Уровень засоренности на протяжении вегетационного периода культуры зависел от влияния исследуемых способов сева. Минимальное значение показателя (19,6 растений на 1 м^2) наблюдалось в варианте с шириной междурядий 15 см. На опытных участках с междурядьями 30 и 45 см наблюдалось увеличение уровня засоренности до 24,1 и 30,3 растений на 1 м^2 , соответственно. Перед уборкой семян кориандра показатель густоты сорняков снизился до 15,9 растений на 1 м^2 на участках с шириной междурядий 15 см. При севе кориандра с шириной междурядий 30 см изучаемый показатель составил 19,2 растений на 1 м^2 . Уровень засоренности достиг максимального значения (24,7 растений на 1 м^2) в варианте с междурядьями 45 см.

Влияние ширины междурядий на засоренность посевов связано с разным размещением растений кориандра на площади поля. Уровень засоренности был минимальным при ширине междурядий 15 см. В этом варианте способность культуры конкурировать с сорными растениями может считаться самой высокой в опыте. Это позволяет расширить возможности использования механизмов саморегуляции биоценоза для контроля сорного компонента в технологии возделывания кориандра.

Результаты исследований выявили закономерности и степень влияния изучаемых элементов технологии возделывания на количественные и качественные характеристики урожая семян кориандра. Урожайность семян сортов кориандра Оксанит и Карибе изменялась в зависимости от вариантов ширины междурядий в диапазоне от 1,01 до 1,27 т/га. Семенная продуктивность была минимальной в опыте на делянках сорта Карибе, сева с шириной междурядий 45 см (таблица 3). Благоприятные условия для продукционных процессов растений кориандра и формирования семян наблюдались в варианте взаимодействия изучаемых агротехнических приемов, таких как сорт Оксанит и ширина междурядий 15 см. Урожайность семян кориандра в этом варианте достигала наивысшего значения, ее прирост по результатам статистического анализа был значимым в сравнение с другими исследуемыми вариантами.

Таблица 3. Влияние ширины междурядий на урожайность и качественные показатели семян сортов кориандра (в среднем за 2019-2021 гг.)

Сорт, фактор А	Ширина междурядий, см, фактор В	Урожайность семян, т/га	Масса 1000 семян, г	Содержание эфирного масла в семенах, % от сухого вещества	Условный выход эфирного масла, кг/га
Оксанит	15	$1,27^a \pm 0,10$	$6,58^a \pm 0,39$	$2,19^a \pm 0,05$	$24,48^a \pm 2,40$
	30	$1,15^b \pm 0,09$	$6,05^b \pm 0,36$	$2,13^b \pm 0,04$	$21,56^b \pm 2,02$
	45	$1,08^c \pm 0,09$	$5,74^c \pm 0,34$	$2,10^c \pm 0,03$	$19,96^c \pm 1,87$
Карибе	15	$1,14^d \pm 0,10$	$6,13^d \pm 0,38$	$2,14^d \pm 0,05$	$21,47^d \pm 2,30$
	30	$1,06^e \pm 0,08$	$5,76^e \pm 0,35$	$2,11^e \pm 0,03$	$19,68^e \pm 1,73$
	45	$1,01^f \pm 0,07$	$5,52^f \pm 0,31$	$2,08^f \pm 0,03$	$18,49^f \pm 1,49$

Примечание: статистически значимые различия (HSD тест Тьюки, $P < 0,05$) между вариантами отмечены следующими буквами: a-b, a-c, a-d, a-e, a-f, b-f и d-f.

Сортовая разница урожайности кориандра составила, в среднем по фактору, 0,10 т/га, или 9,3%. Среди изучаемых сортов кориандра отмечено преимущество сорта Оксанит. Уменьшение ширины междурядий с 45 до 30 см обеспечило прирост урожайности на уровне 0,06 т/га, или 5,7%. При дальнейшем сужении междурядий до 15 см наблюдалось увеличение этого показателя в сравнение с вариантом 45 см на 0,16 т/га, или 15,2%.

Масса 1000 семян кориандра под влиянием исследуемых технологических приемов варьировала от 5,52 г (на участках сева сорта Карибе с шириной междурядий 45 см) до 6,58 г (в варианте взаимодействия сорта Оксанит, ширины междурядий 15 см). Различия между максимальным значением этого показателя и значениями, полученными в других вариантах полевого опыта, были статистически достоверными. Степень влияния сортового состава на массу 1000 семян составила, в среднем, 5,5%, ширины междурядий – 13,0%.

Содержание эфирного масла в семенах кориандра находилось в пределах

2,08-2,19% от сухого вещества. Условный выход эфирного масла составил 18,49-24,48 кг/га. Минимальный уровень массовой доли эфирного масла в семенах, его наименьший условный выход с 1 га посевной площади выявлены на опытных участках сорта Карибе при севе с шириной междурядий 45 см.

У сорта Оксанит под влиянием ширины междурядий 15 см отмечено статистически значимое улучшение качественных показателей урожая в сравнение с другими вариантами.

Условный выход эфирного масла, как интегральный показатель, отражал основные закономерности влияния исследуемых факторов на урожайность семян и содержание в них эфирного масла. Данный показатель позволяет оценить эффективность вариантов взаимодействия изучаемых технологических параметров в контексте перспектив использования семян культуры в качестве сырья для производства эфирного масла [21].

При яровом сроке сева сортов кориандра в степной зоне Крыма установлены сильные статистически значимые коэффициенты корреляции между урожайностью и сбором эфирного масла и его массовой долей из сырой растительной массы [6].

Условный выход эфирного масла сорта Оксанит был выше, чем у сорта Карибе, в среднем, на 2,12 кг/га, или на 10,7%. Изменение ширины междурядий с 15 до 30 и 45 см привело к снижению этого показателя на 2,36 кг/га (10,3%) и 3,75 кг/га (16,3%), соответственно.

Продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от физиологических особенностей растений и влияния факторов окружающей среды в полевых условиях. Генетические, онтогенетические, климатические факторы, а также технология выращивания влияют на урожайность кориандра, структуру урожая, содержание и химический состав эфирного масла [7, 17, 27]. Показатели роста и развития, семенной продуктивности и качества урожая культуры варьируют в определенных пределах в зависимости от генотипа сортов кориандра, региона выращивания, элементов посевного модуля [11, 17, 28].

Создание благоприятных условий, обеспечивающих реализацию потенциала продуктивности кориандра, связано с подбором сортов с учетом влияния почвенных факторов и климатических особенностей зоны, а также совершенствованием элементов технологии выращивания культуры. Изменение ширины междурядий сопровождается изменением шага сева и формы площади питания растений. Для эффективного использования таких факторов, как вода, элементы минерального питания, свет и CO₂, требуется оптимальное размещение растений на единице площади. Максимальное использование этих факторов достигается, если популяция растений оказывает на них максимальное давление. Ширина междурядий влияет на формирование микроклимата в посевах кориандра, поглощение воды и питательных веществ растениями и, как следствие, на рост и урожайность культуры [26, 27].

Результаты полевых исследований, проведенных на солонцовых почвах

равнин Северной Индии, выявили значительное влияние сортов кориандра и расстояния между растениями на урожайность семян. Максимальный в опыте уровень урожайности кориандра (0,70 т/га) наблюдался при севе сорта UP 47 с шириной междурядий 45 см. Исследователи пришли к выводу, что вышеупомянутый вариант взаимодействия технологических приемов может быть полезен для повышения урожайности семян кориандра на деградированных землях [18]. В Бангладеш самая высокая урожайность семян (2,16 т/га) отмечена при возделывании сорта *Faridpur local* с междурядьями 30 см, шагом сева 10 см [16].

Научные исследования и сравнительный анализ сортов *Coriandrum sativum* L. были проведены в разных странах мира, таких как Турция, Индия, Бразилия и других [13; 22]. У сортов кориандра, выращиваемых в разных зонах, наблюдались изменения урожайности семян и содержания эфирного масла [15, 17, 23]. В Турции результаты исследований выявили статистически значимые различия между двумя сортами, *Arslan* и *Gurbuz*, по количеству зонтиков и массе семян с одного растения, массе 1000 семян. Высота растений кориандра и семенная продуктивность увеличивались с повышением доз азотных удобрений [13]. Во взаимодействии с сортовым составом также были исследованы сроки сева и регуляторы роста растений [19].

Внесение 90-120 кг/га действующего вещества азотных удобрений, сев с шириной междурядий 30 см значительно улучшили рост растений, урожайность и качественные показатели кориандра [26]. Максимальная высота растений кориандра была обеспечена при дозе азотных удобрений 90 кг/га и ширине междурядий 50 см. Наивысшая урожайность семян – 1,67 т/га наблюдалась в варианте взаимодействия N_{90} и ширины междурядий 30 см, при шаге сева 10 см [12]. Результаты другого опыта также подтвердили преимущество схемы сева 30x10 см в контексте ее влияния на урожайность семян кориандра. Продуктивность культуры на уровне 2,07 т/га была обеспечена за счет взаимодействия схемы сева 30x10 см и дозы удобрений $N_{35}P_{35}K_{35}$ [20].

Норма высева и ширина междурядий существенно влияли на количественные и качественные показатели урожайности кориандра. Вариант сева нормой 20 кг/га с шириной междурядий 15 см был признан наиболее эффективным из-за наибольшей урожайности семян, выхода эфирного масла и содержания в нем линалоола [25]. В Румынии максимальное значение урожайности было обеспечено на делянках с шириной междурядий 25 см и шагом сева 20 см [27].

Анализ данных многочисленных исследований показал, что сортовой состав и ширина междурядий оказывают значительное влияние на рост растений и семенную продуктивность *Coriandrum sativum* L. Закономерности и степень этого влияния изменялись в зависимости от различных условий научных исследований, таких как диапазон и параметры вышеупомянутых факторов, взаимодействие с другими изучаемыми факторами, районированные сорта и принятые агротехнические приемы, почвенно-климатические особенности регионов.

Варьирование результатов исследований, проведенных в мире, под-

тверждает актуальность научных изысканий влияния ширины междурядий на рост и развитие растений, семенную продуктивность сортов кориандра с учетом агроклиматических условий Херсонской области.

Выводы. Усовершенствование ширины междурядий в технологии выращивания кориандра является эффективным агротехническим средством улучшения роста и развития растений, важным фактором управления продуктивностью сортов кориандра. Анализ биометрических показателей растений, урожайности и содержания эфирного масла в семенах выявил преимущество сорта Оксанит в засушливых условиях Херсонской области. Показатели ростовых и продукционных процессов культуры достигли наивысших значений на участках с шириной междурядий 15 см, что свидетельствует о создании благоприятных условий онтогенеза растений кориандра. Изменение ширины междурядий с 15 до 30 и особенно 45 см отрицательно сказалось на этих показателях. Кроме того, уровень засоренности в опыте был минимальным на делянках с шириной междурядий 15 см.

Улучшение способа сева с учетом требований сорта, влияния зональных почвенно-климатических условий и принятых технологических особенностей выращивания культуры является экологически чистой стратегией повышения урожайности кориандра.

Список использованных источников:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Збраилова Л.П., Картамышева Е.В., Лучкина Т.Н., Бушнев А.С. Оценка и отбор исходного материала кориандра для создания новых сортов зоны недостаточного увлажнения Ростовской области // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 5. – С. 55-61.
3. Макуха О.В. Рост и развитие растений фенхеля обыкновенного // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. – 2018. – № 5 (29). – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35032603_27345712.pdf.
4. ОФС.1.5.3.0010. Определение содержания эфирного масла в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительно-

References:

1. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p. (In Russ.).
2. Zbrailova L.P., Kartamysheva E.V., Luchkina T.N., Bushnev A.S. Estimation and selection of coriander initial material to develop new varieties for the insufficient humidity areas in the Rostov region // Grain Economy of Russia. – 2019. – 5. – P. 55-61 (In Russ.).
3. Makukha O.V. Growth and development of common fennel plants // Aeconomy: economy and agriculture. – 2018. – 5 (29). – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35032603_27345712.pdf (In Russ.).
4. OFS.1.5.3.0010. Determination of essential oil content in medicinal plant

го происхождения // Государственная фармакопея Российской Федерации XV издания. – Приказ Минздрава России от 20.07.2023 № 377.

5. Прахова Т.Я. Оценка продуктивности и адаптивности сортов кориандра в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – № 24 (2). – С. 214-222.

6. Скиба А.В., Кривда С.И., Кравченко Г.Д. Результаты сравнительного изучения разных сортов кориандра посевного (*Coriandrum sativum* L.) в предгорной зоне Республики Крым // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 21 (184). – С. 33-46.

7. Степанова Н.Ю. Агробиологическая оценка сортов кориандра в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (65). – С. 20-27.

8. Хмелинская Т.В., Смоленская А.Е., Соловьева А.Е. Комплексная биохимическая характеристика кориандра (*Coriandrum sativum* L.) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – № 182 (1). – С. 80-90.

9. Шаова Ж.А., Косарев В.Н., Галичева М.С. Особенности роста, развития и формирования урожайности сортов кориандра // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2025. – Том 27. № 2. – С. 139-149.

10. Carrubba A., Militello M. Nonchemical weeding of medicinal and aromatic plants // Agronomy for Sustainable Development. – 2013. – 33 (3). – P. 551-561.

11. Chahal K.K., Singh R., Kumar A., Bhardwaj U. Chemical composition

raw materials and medicines of plant origin // The State Pharmacopoeia of the Russian Federation XV edition. – Order of the Ministry of Health of Russia dated 20.07.2023 No. 377 (In Russ.).

5. Prakhova T.Ya. Evaluation of productivity and adaptability of coriander varieties under forest-steppe conditions of the middle Volga region // Agricultural Science Euro-North-East. – 2023. – 24 (2). – P. 214-222 (In Russ.).

6. Skiba A.V., Krivda S.I., Kravchenko G.D. The results of a comparative study of different varieties of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in the foothill zone of the Republic of Crimea // News of Agricultural Science of Tavrida. – 2020. – 21 (184). – P. 33-46 (In Russ.).

7. Stepanova N.Yu. Agrobiological assessment of coriander varieties in the Leningrad region // News of the St. Petersburg State Agrarian University. – 2021. – 4 (65). – P. 20-27 (In Russ.).

8. Khmelinskaya T.V., Smolenskaya A.E., Solovyeva A.E. Complex biochemical characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. – 2021. – 182 (1). – P. 80-90 (In Russ.).

9. Shaova Zh.A., Kosarev V.N., Galicheva M.S. Features of growth, development and yield formation of coriander varieties // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2025. – Vol. 27. No 2. – P. 139-149 (In Russ.).

10. Carrubba A., Militello M. Nonchemical weeding of medicinal and aromatic plants // Agronomy for Sustainable Development. – 2013. – 33 (3). – P. 551-561.

11. Chahal K.K., Singh R., Kumar A.,

and biological activity of *Coriandrum sativum* L.: A review // *Indian Journal of Natural Products and Resources*. – 2017. – 8 (3). – P. 193-203.

12. Diwan G., Bisen B. P., Maida P. Effect of nitrogen doses and row spacing on growth and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) // *International Journal of Chemical Studies*. – 2018. – 6 (4). – P. 2768-2772.

13. Erdogdu Y., Esendal E. The effects of nitrogen doses on the seed yield and some agronomic characteristics of coriander cultivars // *Journal of Tekirdag Agriculture Faculty*. – 2018. – 15 (1). – P. 95-101.

14. Glantz S.A. *Primer of biostatistics*. – 7th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2011. – 352 p.

15. Izgi M.N., Telci I., Elmastas M. Variation in essential oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties cultivated in two different ecologies // *Journal of Essential Oil Research*. – 2017. – 29 (6). – P. 494-498.

16. Kaium A., Islam M., Sultana S., Hossain E. Yield and yield contributes of coriander (*Coriandrum sativum* L.) as influenced by spacing and variety // *International Journal of Scientific and Research Publications*. – 2015. – 5 (3). – P. 1-5.

17. Katar D., Kara N., Katar N. Yields and quality performances of coriander (*Coriandrum sativum* L.) genotypes under different ecological conditions // *Turkish Journal of Field Crops*. – 2016. – 21 (1). – P. 79-87.

18. Katiyar R.S., Nainwal R.C., Singh D., Chaturvedi V. Effect of spacing and varieties on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) on reclaimed

Bhardwaj U. Chemical composition and biological activity of *Coriandrum sativum* L.: A review // *Indian Journal of Natural Products and Resources*. – 2017. – 8 (3). – P. 193-203.

12. Diwan G., Bisen B. P., Maida P. Effect of nitrogen doses and row spacing on growth and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) // *International Journal of Chemical Studies*. – 2018. – 6 (4). – P. 2768-2772.

13. Erdogdu Y., Esendal E. The effects of nitrogen doses on the seed yield and some agronomic characteristics of coriander cultivars // *Journal of Tekirdag Agriculture Faculty*. – 2018. – 15 (1). – P. 95-101.

14. Glantz S.A. *Primer of biostatistics*. – 7th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2011. – 352 p.

15. Izgi M.N., Telci I., Elmastas M. Variation in essential oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties cultivated in two different ecologies // *Journal of Essential Oil Research*. – 2017. – 29 (6). – P. 494-498.

16. Kaium A., Islam M., Sultana S., Hossain E. Yield and yield contributes of coriander (*Coriandrum sativum* L.) as influenced by spacing and variety // *International Journal of Scientific and Research Publications*. – 2015. – 5 (3). – P. 1-5.

17. Katar D., Kara N., Katar N. Yields and quality performances of coriander (*Coriandrum sativum* L.) genotypes under different ecological conditions // *Turkish Journal of Field Crops*. – 2016. – 21 (1). – P. 79-87.

18. Katiyar R.S., Nainwal R.C., Singh D., Chaturvedi V. Effect of spacing and varieties on growth and yield of coriander

sodic waste soil // Progressive Research. – 2014. – 9 (Special). – P. 811-814.

19. Kuri B.R., Jat N.L., Shivran A.C., Jat S.L. Yield, economics, nutrient uptake and quality of coriander (*Coriandrum sativum*) under different sowing time, varieties and plant growth regulators // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2017. – 87 (3). – P. 407-413.

20. Kurubetta K.D., Mesta R.K., Allolli T.B., Tatagar M.H. Effect of spacing and fertilizer dose on seed yield and economics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) // Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences. – 2018. – 7 (4). – P. 11-13.

21. Makukha O. The impact of biopreparations and sowing dates on the productivity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) // Journal of Ecological Engineering. – 2020. – 21 (4). – P. 237-244.

22. Malhotra S.K., Kakani R.K., Sharma Y.K. Comparative superiority of coriander variety NRCSS ACr-1 for yield and stem gall disease tolerance // Indian Journal of Horticulture. – 2016. – 73 (3). – P. 453-455.

23. Mandal S., Mandal M. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: Chemistry and biological activity // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. – 2015. – 5 (6). – P. 421-428.

24. Marold R. Experiences and challenges of organic cultivation of medicinal and spice plants // Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen. – 2011. – 16 (3). – P. 138-140.

25. Ozel A., Demirel U., Erden K., Kosar I. Changes in yield, yield components and linalool composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) under different seed amount and row spacing

(*Coriandrum sativum* L.) on reclaimed sodic waste soil // Progressive Research. – 2014. – 9 (Special). – P. 811-814.

19. Kuri B.R., Jat N.L., Shivran A.C., Jat S.L. Yield, economics, nutrient uptake and quality of coriander (*Coriandrum sativum*) under different sowing time, varieties and plant growth regulators // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2017. – 87 (3). – P. 407-413.

20. Kurubetta K.D., Mesta R.K., Allolli T.B., Tatagar M.H. Effect of spacing and fertilizer dose on seed yield and economics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) // Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences. – 2018. – 7 (4). – P. 11-13.

21. Makukha O. The impact of biopreparations and sowing dates on the productivity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) // Journal of Ecological Engineering. – 2020. – 21 (4). – P. 237-244.

22. Malhotra S.K., Kakani R.K., Sharma Y.K. Comparative superiority of coriander variety NRCSS ACr-1 for yield and stem gall disease tolerance // Indian Journal of Horticulture. – 2016. – 73 (3). – P. 453-455.

23. Mandal S., Mandal M. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: Chemistry and biological activity // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. – 2015. – 5 (6). – P. 421-428.

24. Marold R. Experiences and challenges of organic cultivation of medicinal and spice plants // Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen. – 2011. – 16 (3). – P. 138-140.

25. Ozel A., Demirel U., Erden K., Kosar I. Changes in yield, yield components and linalool composition of

- // Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. – 2016. – 7 (2). – P. 1060-1067.
26. Sharma A., Naruka I.S., Shaktawat R.P.S. Effect of row spacing and nitrogen on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) // Journal of Krishi Vigyan. – 2016. – 5 (1). – P. 49-53.
27. Trifan A., Aprotosoie A.C., Spac A., Hancianu M. Contributions to the chemical study of the essential oil isolated from coriander fruits (Sandra cultivar) // Revista medico-chirurgicala a Societatii de Medici si Naturalisti din Iasi. – 2011. – 115 (4). – P. 1271-1277 (in Romanian).
28. Wei J.N., Liu Z.H., Zhao Y.P., Zhao L.L. Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. // Food Chemistry. – 2019. – 286. – P. 260-267.
- coriander (*Coriandrum sativum* L.) under different seed amount and row spacing // Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. – 2016. – 7 (2). – P. 1060-1067.
26. Sharma A., Naruka I.S., Shaktawat R.P.S. Effect of row spacing and nitrogen on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) // Journal of Krishi Vigyan. – 2016. – 5 (1). – P. 49-53.
27. Trifan A., Aprotosoie A.C., Spac A., Hancianu M. Contributions to the chemical study of the essential oil isolated from coriander fruits (Sandra cultivar) // Revista medico-chirurgicala a Societatii de Medici si Naturalisti din Iasi. – 2011. – 115 (4). – P. 1271-1277 (in Romanian).
28. Wei J.N., Liu Z.H., Zhao Y.P., Zhao L.L. Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. // Food Chemistry. – 2019. – 286. – P. 260-267.

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 633.15:572.22:633.15

**ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ,
СРОКОВ СЕВА И КОЛИЧЕСТВА
МЕЖДУРЯДНЫХ
КУЛЬТИВАЦИЙ НА
ФОРМИРОВАНИЕ СЫРОЙ
МАССЫ И СУХОГО ВЕЩЕСТВА
И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ
ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ
КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Макаренко А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

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

Гладков В. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

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

**INFLUENCE OF HERBICIDES,
SOWING TIME AND NUMBER OF
INTERROW CULTIVATIONS ON
THE FORMATION
OF RAW MASS AND DRY
MATTER AND
PHOTOSYNTHETIC
PRODUCTIVITY OF CORN
HYBRIDS IN THE CONDITIONS
OF KRASNODAR REGION**

Makarenko A. A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

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

Gladkov V. N., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

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

В статье представлены результаты полевых исследований, направленных на изучение влияния гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций на формирование сырой массы, сухого вещества и фотосинтетическую продуктивность гибридов кукурузы. Доказано, что наибольшая листовая формируют гибриды Ладожский 291 и ДКС 4590 – 35,5 тыс. м²/га, а у гибрида Феномен она снизилась до 32,8 тыс. м²/га, или на 7,0-9,5%. Наибольшая площадь (38,0 тыс. м²/га) была достигнута при раннем сроке сева, а при среднем и позднем зафик-

The article presents the results of field studies aimed at studying the effect of herbicides, sowing time and the amount of inter-row cultivation on the formation of raw mass, dry matter and photosynthetic productivity of corn hybrids. It has been proven that the largest leaf area is formed by the hybrids Ladozhskiy 291 and DKC 4590 - 35.5 thousand m²/ha, and in the hybrid Phenomenon it decreased to 32.8 thousand m²/ha, or by 7.0-9.5%. The largest area (38.0 thousand m²/ha) was achieved with early sowing, and with medium and late sowing, a decrease in the studied indicator by 8.3-

сировано снижение исследуемого показателя на 8,3-22,9%. Применение междурядных культиваций увеличило листовую площадь на 2,4 и 5,0%. Максимальный выход сырой биомассы на уровне 404 ц/га получен при выращивании гибрида DKC 4590 с внесением гербицида Титус Плюс, ранним севом и двукратной культивацией. Минимальный (273 ц/га) – у гибрида Феномен с гербицидом Люмакс, поздним севом и без культиваций, что на 1,5 раза ниже максимума. Междурядные культивации также оказали позитивное влияние на этот показатель. Наибольший выход сухого вещества кукурузы с единицы посевной площади, на уровне 122 ц/га, был получен при выращивании гибрида DKC 4590. Гибрид Ладозжский 291 показал лишь незначительное снижение данного показателя на 1,7% (менее 2,3 ц/га) по сравнению с гибридом DKC 4590. Гербицидная обработка практически не влияла на формирование сухого вещества. Ранний посев увеличил его до 129 ц/га, а на других сроках он снизился на 8,4 и 20,6%. Применение междурядных культиваций по сравнению с контролем увеличило его на 1,7-3,4%. Чистая продуктивность фотосинтеза кукурузы существенно зависела от срока сева и количества междурядных культиваций, тогда как применение различных гербицидов не оказало влияния и на всех вариантах было равно, в среднем, 5,7 г/м². Сроки сева существенно влияли на чистую продуктивность фотосинтеза, причем ранний срок обеспечил формирование наибольшего показателя – 6,3 г/м². Проведение междурядных куль-

22.9% was recorded. The use of inter-row cultivation increased the leaf area by 2.4 and 5.0%. The maximum yield of raw biomass at the level of 404 c/ha was obtained when growing the DKC 4590 hybrid with the application of the Titus Plus herbicide, early sowing and double cultivation. The minimum (273 c/ha) was obtained for the Phenomen hybrid with the Lumax herbicide, late sowing and without cultivation, which is 1.5 times lower than the maximum. Inter-row cultivation also had a positive effect on this indicator. The highest dry matter yield of corn per unit of sown area, at the level of 122 c/ha, was obtained when growing the DKC 4590 hybrid. The Ladozhsky 291 hybrid showed only a slight decrease in this indicator by 1.7% (less than 2.3 c/ha) compared to the DKC 4590 hybrid. Herbicide treatment had virtually no effect on the formation of dry matter. Early sowing increased it to 129 c/ha, and at other dates it decreased by 8.4 and 20.6%. The use of inter-row cultivation increased it by 1.7-3.4% compared to the control. The net productivity of photosynthesis of corn significantly depended on the sowing date and the number of inter-row cultivations, while the use of various herbicides did not have an effect and in all variants, it was broken, on average, 5.7 g/m². Sowing dates significantly affected the net productivity of photosynthesis, and the early date ensured the formation of the highest indicator - 6.3 g/m². Inter-row cultivation reduced the studied indicator. The maximum photosynthetic potential (3.2 million m²-days/ha) was obtained when using the early sowing date of the DKC 4590 hybrid with one

тиваций снизило исследуемый показатель. Максимальный фотосинтетический потенциал (3,2 млн м²-дней/га) получен при применении раннего срока сева гибрида ДКС 4590 с одной культивацией на фоне внесения гербицида Титус Плюс. Ранний срок сева обеспечил возрастание его до 3,0 млн м²-дней/га. Количество культиваций слабо влияло, приводя к небольшому росту исследуемого показателя от 2,6 до 2,7-2,8 млн м²-дней/га.

Ключевые слова: кукуруза, площадь листовой поверхности, сырая масса, сухое вещество, чистая продуктивность фотосинтеза, фотосинтетический потенциал посевов.

cultivation against the background of the application of the Titus Plus herbicide. Early sowing ensured its increase to 3.0 million m²-days/ha. The number of cultivations had little effect, leading to a slight increase in the studied indicator from 2.6 to 2.7-2.8 million m²-days/ha.

Key words: corn, leaf area, fresh mass, dry matter, net photosynthetic productivity, photosynthetic potential of crops.

Введение. Выращивание кукурузы, являющейся одной из важнейших сельскохозяйственных культур современного земледелия, представляет собой сложный процесс, требующий применения индивидуальных адаптивных технологий и использования высокопродуктивных, устойчивых к стрессам гибридов. Инновационные и адаптивные технологии выращивания кукурузы и многих других полевых культур требуют разработки и усовершенствования сортовых технологий для гибрида и сорта, которые позволяют реализовать им генетический потенциал [1-5].

Фотосинтетическая деятельность растений является важнейшим показателем продукционного процесса, который позволяет установить эффективность применения разных элементов технологии возделывания с.-х. культур и их влияние уровни продуктивности. Исследования фотосинтеза, особенно у таких высокопродуктивных культур, как кукуруза, подсолнечник, зерновые колосовые культуры, критически важны для оптимизации агроприемов, нормирования ресурсов, разработки и внедрения ресурсо- и водосберегающих элементов технологий. Фотосинтез является важнейшим биологическим процессом является первичным источником энергии и органического углерода для всей пищевой цепи и основой формирования биомассы урожая [6-9]. Кукуруза является одной из наиболее продуктивных сельскохозяйственных культур в мире, её высокая урожайность во многом обусловлена биологическими особенностями и повышенной способностью поглощать из атмосферы углекислый газ. Однако, она требовательна к плодородию почвы, наличию в ней необходимых элементов питания. Для формирования высоких, качественных, экономически и экологически обоснованных урожаев необходима оптимизация водного, воздушного и пищевого режимов, изменение которых можно регулировать с по-

мощью агроприемов [10-12].

Глобальное изменение климата ведет к ощутимым трансформациям погодных условий: росту температур, увеличению частоты и интенсивности атмосферных осадков, а также обострению экстремальных погодных явлений. Эти тенденции напрямую влияют на определение наиболее благоприятных сроков для посева кукурузы, поскольку затрагивают такие параметры, как температура почвы и воздуха, ее влажность, угроза вредителей и болезней, а также риск повреждения растений заморозками. Исследования [13-16] показывают, что повышенные температуры почвы и воздуха способны ускорить рост и развитие кукурузы. Однако, если температура становится слишком высокой, это вызывает у растений температурный стресс, который замедляет и ли прекращает физиологические процессы и ведет к снижению урожайности и качества растениеводческой продукции. Следует отметить, что не только дефицит влаги, но и её чрезмерное количество может негативно повлиять на продуктивность растений. Так, увеличение количества атмосферных осадков может привести к избыточному накоплению влаги в верхних слоях почвы, особенно в пониженных участках рельефа, что негативно сказывается на прорастании семян и появлении всходов. Переувлажнение в сочетании с низкими температурами также способствует развитию ряда опасных грибных заболеваний, таких как корневая гниль. Заморозки несут прямую угрозу всходам и молодым растениям кукурузы, как и других теплолюбивых культур, повреждая или полностью уничтожая их [17, 18]. С другой стороны, чрезмерное затягивание сроков посева при уже высоких температурах окружающей среды чревато пересыханием посевного слоя почвы, что может привести к изреженным всходам или их полному отсутствию.

Следует отметить, что изменение климата существенно влияет на выбор оптимальных сроков посева кукурузы. Исследования [19, 20] демонстрируют, что корректировка этих сроков с учетом ожидаемых погодных условий позволяет фермерам максимизировать урожайность и минимизировать связанные с климатическими изменениями риски. Для принятия обоснованных решений и обеспечения устойчивого производства кукурузы ключевое значение имеет постоянный мониторинг температуры почвы и уровня осадков. Кроме того, защита кукурузы от сорняков в Краснодарском крае имеет весомое научное и экономическое обоснование. Применение интегрированного подхода, сочетающего агротехнические и химические методы, эффективно способствует повышению урожайности, сокращению потерь и улучшению общего состояния сельскохозяйственных угодий.

Сорные растения как в историческом аспекте, так и в настоящее время являются сорняки, которые не только конкурируют с кукурузой и другими культурами за жизненно важные ресурсы (воду, питательные вещества, свет и др.), снижая урожайность и экономическую эффективность, но и выделяют вредные для культурных растений вещества, способствуют увеличению численности и

вредоносности вредителей и болезней, затрудняют проведение агротехнических работ [21, 22, 23]. Потери урожая кукурузы от сорняков могут достигать 30-50%, поэтому их уничтожение критически важно для повышения урожайности и снижения затрат [24]. Химические методы борьбы с сорняками имеют свои преимущества и недостатки, требующие дальнейших исследований. Наиболее эффективным подходом признан интегрированный метод, сочетающий агротехнические и химические меры в рамках севооборота для оптимизации ресурсов и предотвращения резистентности сорняков к гербицидам [25-27].

Междурядная обработка почвы является важным элементом в выращивании кукурузы и других пропашных культур. Этот агроприем направлен на уничтожение сорняков, конкурирующих с культурой за ресурсы (питательные вещества, воду, свет), улучшение структуры почвы, разрушения почвенной корки и улучшения аэрации корней, а также создание мульчирующего слоя, который помогает сохранять влагу и оптимизирует водный, воздушный и питательный режим в верхнем слое почвы. Количество и глубина необходимых механических обработок варьируется в зависимости от многих условий – фазы роста и развития растений, влажность и тип почвы, погодные условия (осадки, температура), густота стояния растений, степень засорённости сорняками. Например, более влажные или тяжелые почвы могут требовать большего количества междурядных культиваций. Кроме того, междурядные обработки почвы существенно влияют на эффективность применения гербицидов. В фазу всходов кукурузы культивации обычно не проводятся из-за уязвимости растений и опасности их физического повреждения. Позднее, по мере роста и укрепления корневой системы с фазы 1-2 листьев, возможно проведение одной, двух или трех междурядных обработок почвы, до того момента, как растения станут слишком высокими и при выполнении культивации возникнет опасность их травмирования. Учитывая значительное влияние местных условий, для определения оптимального количества культиваций необходимо проводить полевые исследования, учитывающие потребности растений, специфику полей и севооборотов каждого хозяйства, обосновывать количество культиваций междурядий с экономической, энергетической и экологической точек зрения [28-31].

Материал и методы исследований. Целью исследований было изучить влияние гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций на формирование сырой массы, сухого вещества и фотосинтетическую продуктивность гибридов кукурузы их при выращивании в условиях Краснодарского края.

Полевой четырёхфакторный опыт закладывали и проводили на опытном поле учебно-опытного хозяйства «Кубань» ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ в период 2017-2019 гг.

Схема опыта включала такие факторы и их варианты:

1. Гибрид кукурузы (фактор А):

1.1. Ладожский 291.

1.2. ДКС 4590.

1.3. Феномен.

2. Гербицид (фактор В):

2.1. Люмакс, 4,0 л/га (внесение раннепослевсходовое, фаза 1-3 листьев у культуры).

2.2. Элюмис, 2,0 л/га (внесение фаза 4-5 листьев у культуры).

2.3. Титус Плюс, 0,38 л/га + Тренд 90 (внесение фаза 4-5 листьев у культуры).

3. Сроки сева (фактор С):

3.1. Ранний (при первой возможности проведения предпосевной культивации).

3.2. Средний (при t почвы на глубине посева 10°C , не менее, чем через 14 дней после раннего).

3.3. Поздний (не ранее чем через 14 дней после среднего).

4. Междурядная культивации в период вегетации (фактор D):

4.1. Без культивации.

4.2. Одна культивация плоскорезными рабочими органами на 3-5 см (фаза 4-5 листьев).

4.3. Две культивации плоскорезными рабочими органами на 3-5 см (4-5 листьев, 6-7 листьев).

Закладка полевых опытов, определение показателей площади листьев кукурузы, урожайности зеленой массы, сбора сухого вещества, чистой продуктивности фотосинтеза, фотосинтетического потенциала посевов, а также математическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась с использованием рекомендации по методике опытного дела в земледелии [32].

Результаты и их обсуждение. Исследуемые показатели формирования сырой массы, сухого вещества, а также фотосинтетической деятельности посевов кукурузы в разной степени изменялись под действием изучаемых факторов – гибридного состава, гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций.

По площади листовой поверхности установлено, что максимальное её значение на уровне 41,1 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ зафиксировано при сочетании таких агроприемов: гибрид ДКС 4590, применение гербицида Титус Плюс для борьбы с сорняками, ранний срок посева и две междурядные культивации. Напротив, наименьший показатель (26,6 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), который был в 1,6 раза ниже, получен на варианте с гибридом Феномен, внесением гербицида Люмакс, проведением сева в поздний срок и без проведения культивации междурядий.

Гибриды кукурузы Ладожский 291 и ДКС 4590 имели сопоставимые значения площади ассимиляционной поверхности, составлявшие в среднем 35,1 и 35,9 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, соответственно. Разница в 2,3% между ними не была статистически значимой, поскольку находилась ниже НСР_{05} (0,9 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$).

Выбор гербицида не оказал существенного влияния на площадь листовой поверхности, которая колебалась в диапазоне 34,4-34,9 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$. Отличия между вариантами применения гербицидов были незначительными (меньше НСР_{05}). Хотя гербицид Титус Плюс показал незначительное численное преи-

мущество (0,9-1,45%) по сравнению с Люмаксом и Элюмисом, это не привело к статистически значимому увеличению показателя.

Таблица 1. Площадь листовой поверхности гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций, тыс. м²/га, 2017-2019 гг.

Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам		
			без куль- тивации	одна культива- ция	две культива- ции	С	В	А
Ладожский 291	Люмакс	Ранний	36,1	37,3	40,3	38,0	34,4	35,1
		Средний	34,2	35,8	37,1	35,1		
		Поздний	27,2	32,1	33,4	30,9		
	Элюмис	Ранний	36,9	39,0	41,0		34,6	
		Средний	33,3	34,8	36,2			
		Поздний	29,8	31,1	31,1			
	Титус Плюс	Ранний	37,2	38,8	40,0		34,9	
		Средний	34,5	35,4	37,9			
		Поздний	31,8	32,9	33,8			
ДКС 4590	Люмакс	Ранний	39,5	40,3	38,9		35,9	
		Средний	37,3	35,7	35,4			
		Поздний	34,1	31,1	31,6			
	Элюмис	Ранний	38,8	40,4	38,2			
		Средний	36,9	39,7	34,8			
		Поздний	31,0	34,7	32,2			
	Титус Плюс	Ранний	38,1	38,8	41,1			
		Средний	34,2	34,4	36,8			
		Поздний	30,7	29,4	34,3			
Феномен	Люмакс	Ранний	35,4	34,6	35,1		32,8	
		Средний	32,4	33,4	34,3			
		Поздний	26,6	28,5	30,4			
	Элюмис	Ранний	36,5	34,7	36,5			
		Средний	33,3	32,5	33,6			
		Поздний	28,2	28,3	31,2			
	Титус Плюс	Ранний	36,7	37,9	38,0			
		Средний	32,4	33,9	34,8			
		Поздний	28,8	28,9	30,2			
Среднее по фактору D			33,8	34,6	35,5			
НСР ₀₅ по факторам ABCD – 0,90 тыс. м ² /га								

Срок сева оказался наиболее влиятельным фактором. Ранний посев обеспечил максимальную площадь ассимиляционной поверхности – 38,0 тыс. м²/га. Перенос срока сева на средний период привел к существенному снижению показателя на 8,3% (до 35,1 тыс. м²/га). Наиболее значительное падение (на

22,9%, или 7,1 тыс. м²/га) было отмечено при позднем севе. При этом второй срок сева превзошел третий на 13,6%.

Количество междурядных культиваций существенно повлияло на изучаемый показатель. Все наблюдаемые различия в площади листовой поверхности (от 0,9 до 1,7 тыс. м²/га) были признаны статистически значимыми (равны или превышают НСР₀₅). Наивысшее значение исследуемого показателя (35,5 тыс. м²/га) получено при двух культивациях, тогда как наименьшее (33,8 тыс. м²/га) – при полном отсутствии междурядных обработок.

В полевых опытах установлено, что накопление сырой биомассы кукурузы колебалось в широком диапазоне, что указывает на высокую чувствительность исследуемой культуры к определенным агротехническим факторам (таблица 2). Наибольшее влияние на эти изменения оказывали сроки проведения сева и гибридный состав. Защита растений от сорняков и изменение количества междурядных культиваций обуславливали гораздо менее значительные различия в показателях сырой надземной массы.

Максимальный выход сырой надземной массы на уровне 404 ц/га зафиксирован при выращивании гибрида кукурузы ДКС 4590 с применением гербицида Титус Плюс, проведении сева в ранний срок и двукратной культивации междурядий. На варианте с гибридом Феномен, который выращивали на делянках с внесением гербицида Люмакс, севе в поздний срок и без междурядных культиваций он снизился до минимального значения – 273 ц/га, или в 1,5 раза.

Наибольшее значение сырой биомассы в среднем по первому исследуемому фактору (А), на уровне 349 ц/га, сформировалось на варианте с гибридом ДКС 4590. Незначительное снижение на 5,0 ц/га (1,5%) зафиксировано у гибрида Ладожский 291 при НСР₀₅ равное 7,5 ц/га. Минимальная сырая биомасса была у гибрида Феномен – 324 ц/га, что ниже других изучаемых гибридов на 6,1 и 7,7%.

Применение гербицидов несущественно изменило величину сырой биомассы кукурузы. Так, на варианте с обработкой Титус Плюс данный показатель увеличился, в среднем по фактору В, до 341 ц/га, а на вариантах с внесением гербицидов Люмакс и Элюмис он снизился до 337 и 339 ц/га, или на 1,2 и 0,5%. Такое снижение на 2,0 и 4,0 ц/га, соответственно, было ниже наименьшей существенной разницы – 7,5 ц/га.

Изменение сроков сева в значительной мере изменило выход сырой надземной массы с единицы посевной площади кукурузы. При раннем сроке, в среднем по третьему исследуемому фактору (С), этот показатель был максимальным и был равен 369 ц/га. При среднем сроке сева наблюдалось снижение урожайности зеленой массы до 339 ц/га (на 7,9%), а минимальным он был при позднем сроке сева – 306 ц/га, что было ниже на 63 ц/га (на 20,6%) по сравнению с первым сроком и на 36 ц/га (на 11,8%) по сравнению со вторым сроком сева.

Таблица 2. Сырая масса изучаемых гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций в фазу молочно-восковой спелости зерна, ц/га, 2017-2019 гг.

Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам		
			без культи- вации	одна культива- ция	две культива- ции	С	В	А
Ладожский 291	Люмакс	Ранний	343	367	398	369	337	344
		Средний	326	353	367	342		
		Поздний	287	318	331	306		
	Элюмис	Ранний	350	382	404	339	344	
		Средний	318	343	358			
		Поздний	284	307	309			
	Титус Плюс	Ранний	353	380	396		341	
		Средний	339	348	375			
		Поздний	303	325	335			
ДКС 4590	Люмакс	Ранний	373	394	384	349	349	
		Средний	354	351	351			
		Поздний	324	307	314			
	Элюмис	Ранний	367	395	377			
		Средний	350	389	345			
		Поздний	296	341	320			
	Титус Плюс	Ранний	361	380	404			
		Средний	325	339	364			
		Поздний	293	291	339			
Феномен	Люмакс	Ранний	336	341	347	324	324	
		Средний	309	329	342			
		Поздний	273	288	304			
	Элюмис	Ранний	346	342	361			
		Средний	317	321	333			
		Поздний	285	297	316			
	Титус Плюс	Ранний	348	372	375			
		Средний	315	334	345			
		Поздний	281	292	301			
Среднее по фактору D			324	342	352			
НСР ₀₅ по факторам ABCD – 7,5 ц/га								

Применение культиваций имело позитивное влияние на формирование сырой надземной массы исследуемых гибридов кукурузы. На варианте без применения культиваций этот показатель был наименьшим, в среднем по фактору D, 324 ц/га. При проведении одной междурядной обработке посевов выход сырой надземной биомассы увеличился до 342 ц/га, или на 5,5%. Максимальная его величина (352 ц/га), зафиксирована при двух междурядных культивациях,

что существенно превышало контрольный вариант (без культиваций) на 8,6%, а вариант с одной культивацией – на 2,9%.

Исследование показателей сбора сухой массы кукурузы выявило значительные различия в зависимости от гибрида, сроков посева и междурядных культиваций, тогда как применение гербицидов оказало незначительное влияние (таблица 3).

Таблица 3. Сбор сухого вещества гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций в фазу молочно-восковой спелости зерна, тыс. м³/га, 2017-2019 гг.

Модель по восковой спелости зерна, ГИС: М 7/а, 2017-2019 гг.									
Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам			
			без культи- вации	одна культива- ция	две культива- ции	С	В	А	
Ладожский 291	Люмакс	Ранний	123	127	137	129	118	120	
		Средний	116	122	126	119			
		Поздний	102	110	114	107			
	Элюмис	Ранний	125	133	139		118		
		Средний	113	119	123				
		Поздний	102	106	106				
	Титус Плюс	Ранний	126	132	136		119		
		Средний	117	121	129				
		Поздний	108	113	116				
ДКС 4590	Люмакс	Ранний	134	137	132			122	
		Средний	126	122	121				
		Поздний	116	106	108				
	Элюмис	Ранний	131	137	130				
		Средний	125	135	119				
		Поздний	106	118	110				
	Титус Плюс	Ранний	129	132	139				
		Средний	116	117	125				
		Поздний	105	101	117				
Феномен	Люмакс	Ранний	120	118	120			113	
		Средний	110	114	118				
		Поздний	97	100	105				
	Элюмис	Ранний	124	118	124				
		Средний	113	111	115				
		Поздний	102	103	109				
	Титус Плюс	Ранний	124	129	129				
		Средний	113	116	119				
		Поздний	100	101	104				
Среднее по фактору D			116	118	121				
НСР ₀₅ по факторам ABCD – 2,3 ц/га									

Среди исследуемых гибридов наибольшую урожайность сухой массы показал ДКС 4590, достигнув 122 ц/га. Гибрид Ладожский 291 уступил ему лишь незначительно, сформировав на 1,7% меньше (разница составила менее НСР₀₅ – 2,3 ц/га). Наименьший сбор сухого вещества наблюдался у гибрида Феномен, который дал всего 116 ц/га. Это было существенно ниже, чем у Ладожского 291 (на 6,2%) и ДКС 4590 (на 8,0%).

Влияние гербицидов на урожайность сухой массы оказалось минимальным. В среднем, на вариантах с Люмакс и Элюмис показатель составлял 118 ц/га. При использовании гербицида Титус Плюс урожайность несущественно увеличилась до 119 ц/га (на 0,9%).

Наибольшее влияние на формирование сухой массы оказали сроки посева. Ранний посев обеспечил самую высокую урожайность – 129 ц/га. Перенесение посева на средний срок привело к заметному снижению показателя до 119 ц/га (на 8,4%). Поздний посев еще сильнее сократил сбор сухой массы – до 107 ц/га, что на 20,6% меньше, чем при раннем посеве, и на 11,2% меньше, чем при среднем.

Междурядные культивации также способствовали некоторому увеличению сбора сухой массы. Если на контрольном варианте (без культиваций) сбор сухого вещества составлял 116 ц/га, то проведение культиваций повысило этот показатель до 121 ц/га, или на 4,3%. Применение двух культиваций междурядий обеспечили существенную прибавку в 3 ц/га, или на 2,5% по сравнению с контролем (без механической обработки междурядий).

Чистая продуктивность фотосинтеза проявила другие тенденции по количеству междурядных обработок посевов кукурузы (фактор D) и отсудив влияния разных гербицидов (фактор B). Минимальным данный показатель (4,7 г/м²) зафиксирован на варианте с гибридом Феномен, который выращивали с применением гербицида Люмакс для уничтожения сорняков, сев проводили в поздний срок и осуществили одну междурядную культивацию (таблица 4). Максимальным исследуемый показатель на уровне 6,9 г/м² сформировался на гибриде ДКС 4590 при защите от сорняков с применением гербицида Люмакс, севе в ранний срок и без проведения междурядных культиваций.

Сроки сева существенно влияли на чистую продуктивность фотосинтеза растений кукурузы. Так, при первом раннем сроке сева она достигла наивысшего уровня, в среднем по фактору C, 6,3 г/м². Проведение посевных работ в средний срок снизило исследуемый показатель до 5,8, или на 8,6%. При позднем сроке сева чистая продуктивность фотосинтеза снизилась до наименьшего значения – 5,2 г/м². Что было ниже раннего срока на 21,2%, а среднего – на 11,5%.

По вариантам внесения гербицидов проявилось отсутствие их на влияния на величину чистой продуктивности фотосинтеза, которая составила, в среднем по всем вариантам 5,7 г/м².

Применение междурядных культиваций вызвало снижение чистой продуктивности фотосинтеза посевов кукурузы, что было обусловлено продолжительностью междурядных периодов культуры и разной интенсивностью продукцион-

ного процесса. Так, данный показатель был наибольшим, на уровне 6,0 г/м² на контрольном варианте (без культивации междурядий). При проведении одной междурядной обработки он снизился до 5,7 г/м² (на 5,3%), а минимального уровня достиг при проведении двух культиваций – 4,8 г/м², что было на 25% меньше по сравнению с первым контрольным вариантом.

Таблица 4. Чистая продуктивность фотосинтеза гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций в межфазный период «всходы – молочно-восковая спелость зерна», г/м², 2017-2019 гг.

Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам		
			без культи- вации	одна культива- ция	две культива- ции	С	В	А
Ладожский 291	Люмакс	Ранний	6,3	6,4	6,6	6,3	5,7	5,9
		Средний	6,0	6,2	5,7	5,8		
		Поздний	5,3	5,6	5,2	5,2		
	Элюмис	Ранний	6,4	6,3	6,7	5,7	5,7	
		Средний	5,9	5,6	5,6			
		Поздний	5,3	5,1	4,8			
	Титус Плюс	Ранний	6,5	6,2	6,5		5,7	
		Средний	6,0	5,7	5,9			
		Поздний	5,6	5,3	5,2			
ДКС 4590	Люмакс	Ранний	6,9	6,5	6,0	5,9		
		Средний	6,5	5,8	5,5			
		Поздний	5,9	5,1	4,9			
	Элюмис	Ранний	6,7	6,5	5,9		5,4	
		Средний	6,4	6,4	5,4			
		Поздний	5,5	5,6	5,0			
	Титус Плюс	Ранний	6,7	6,2	6,3		5,4	
		Средний	6,0	5,6	5,7			
		Поздний	5,4	4,8	5,3			
Феномен	Люмакс	Ранний	6,2	5,6	5,4	5,4		
		Средний	5,7	5,4	5,3			
		Поздний	5,0	4,7	4,8			
	Элюмис	Ранний	6,4	5,6	5,7		5,4	
		Средний	5,8	5,3	5,2			
		Поздний	5,3	4,9	5,0			
	Титус Плюс	Ранний	6,4	6,1	5,9		5,4	
		Средний	5,8	5,5	5,4			
		Поздний	5,2	4,8	4,8			
Среднее по фактору D			6,0	5,7	4,8			
НСР ₀₅ по факторам ABCD – 0,28 г/м ²								

Фотосинтетический потенциал посевов кукурузы, который характеризует фотосинтетическую деятельность листьев исследуемой культуры позволил выявить максимальное влияние сроков посева и гибридного состава, слабое действие изменения количества культивации междурядий и отсутствие влияния гербицидов (таблица 5).

Таблица 5. Фотосинтетический потенциал посевов кукурузы в зависимости от гибридного состава, гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций, млн м²-дней/га, 2017-2019 гг.

Междурядная культивация минеральными удобрениями в 2017-2019 гг.								
Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам		
			без культи- вации	одна культива- ция	две культива- ции	С	В	А
Ладожский 291	Люмакс	Ранний	2,8	3,1	3,0	3,0	2,7	2,8
		Средний	2,7	2,9	2,9	2,7		
		Поздний	2,4	2,6	2,5	2,4		
	Элюмис	Ранний	2,9	3,1	3,1		2,7	
		Средний	2,6	2,8	2,8			
		Поздний	2,4	2,4	2,5			
	Титус Плюс	Ранний	2,9	3,1	3,1		2,7	
		Средний	2,7	2,9	2,9			
		Поздний	2,5	2,6	2,6			
ДКС 4590	Люмакс	Ранний	3,1	3,0	3,1		2,8	
		Средний	2,7	2,7	2,9			
		Поздний	2,5	2,5	2,5			
	Элюмис	Ранний	3,0	3,0	3,1			
		Средний	3,0	2,8	2,9			
		Поздний	2,6	2,6	2,6			
	Титус Плюс	Ранний	2,9	3,2	3,1			
		Средний	2,6	2,8	2,8			
		Поздний	2,3	2,6	2,6			
Феномен	Люмакс	Ранний	2,6	2,7	2,8		2,6	
		Средний	2,5	2,6	2,7			
		Поздний	2,2	2,4	2,3			
	Элюмис	Ранний	2,6	2,8	2,9			
		Средний	2,5	2,6	2,7			
		Поздний	2,2	2,4	2,4			
	Титус Плюс	Ранний	2,9	2,9	3,0			
		Средний	2,6	2,7	2,7			
		Поздний	2,2	2,3	2,4			
Среднее по фактору D			2,6	2,7	2,8			
НСР ₀₅ по факторам ABCD – 0,08 млн м ² -дней/га								

Увеличение до максимального значения данного показателя – 3,2 млн м²-дней/га было при выращивании гибрида кукурузы ДКС 4590 с применением гербицида Титус Плюс, севом в ранний срок и проведением одной междурядной культивации. Минимальный уровень фотосинтетического потенциала посевов (2,2 млн м²-дней/га) сформировался на всех трех вариантах защиты растений от сорняков с внесением гербицидов Люмакс, Элюмис и Титус Плюс при позднем сроке сева и без применения междурядных культиваций.

Выращивание гибридов Ладожский 291 и ДКС 4590 способствовали интенсификации продукционного процесса и формированию наибольшего фотосинтетического потенциала посевов, в среднем по фактору А, на уровне 2,8 млн м²-дней/га. На варианте с гибридом Феномен данный показатель существенно снизился на 7,7%, или на 0,2 млн м²-дней/га.

По изучаемым гербицидам (фактор В) разница между изучаемыми вариантами отсутствовала, так как на всех вариантах фотосинтетический потенциал был равен 2,7 млн м²-дней/га.

Срок сева в значительной степени влиял на величину фотосинтетического потенциала посевов кукурузы. Наибольшее его значение 3,0 млн м²-дней/га получено при раннем сроке, на среднем – зафиксировано его уменьшение до 2,7 млн м²-дней/га (на 11,1%), а при позднем – получили минимальный уровень – 2,4 млн м²-дней/га, меньше других сроков на 12,8-24,7%.

По количеству междурядных культиваций отмечена слабая тенденция возрастания исследуемого показателя при их проведении от 2,6 млн м²-дней/га до 2,7-2,8 млн м²-дней/га, что было близко к показателю наименьшей существенной разницы и превышало контрольный вариант на 3,8-7,7%.

Выводы. Доказано, что площадь ассимиляционной поверхности кукурузы гибриды Ладожский 291 и ДКС 4590 имела практически одинаковые результаты, в среднем 35,1-35,9 тыс. м²/га, с незначительной разницей в 2,3% (ниже НСР₀₅ – 0,9 тыс. м²/га). Следует отметить, что у гибрида Феномен этот показатель был существенно ниже и составил 32,8 тыс. м²/га, от есть снизился на 7,0-9,5%. Отмечено умеренное положительное влияние применения гербицида Титус Плюс для уничтожения сорных растений, которое увеличило площадь листьев на 0,9-1,45% по сравнению с вариантами применения препаратов Люмакс и Элюмис. Наибольшая площадь (38,0 тыс. м²/га) была достигнута при раннем посеве, тогда как перенесения сева на средний и поздний сроки привело к снижению на исследуемого показателя на 8,3-22,9% (до 30,9-35,1 тыс. м²/га). Также доказано, что применение междурядных культиваций увеличивает площадь листьев от 33,8 тыс. м²/га (на контрольном варианте) до 34,6-35,5 тыс. м²/га, или на 2,4 и 5,0%.

Полевые опыты показали значительную степень варьирования величины накопления сырой биомассы кукурузы при дифференциации агротехнических факторов, особенно изменяя сроков сева и гибридного состава. Максимальный выход биомассы (404 ц/га) достигался при выращивании гибрида ДКС 4590

с гербицидом Титус Плюс, ранним севом и двукратной культивацией. Минимальный (273 ц/га) – у гибрида Феномен с гербицидом Люмакс, поздним севом и без культиваций, что на 1,5 раза ниже максимума. В среднем по изучаемых факторам сроки сева в наибольшей мере влияли на исследуемый показатель – ранний срок обеспечил формирования наибольшего выхода сырой биомассы, в среднем по фактору, 369 ц/га. Междурядные культивации также оказали позитивное влияние на этот показатель, без культиваций получено 324 ц/га, одна культивация увеличивала его до 342 ц/га, а две культивации – до 352 ц/га.

Наибольший выход сухого вещества кукурузы с единицы посевной площади, на уровне 122 ц/га, был получен при выращивании гибрида ДКС 4590. Гибрид Ладожский 291 показал лишь незначительное снижение данного показателя на 1,7% (менее 2,3 ц/га) по сравнению с гибридом ДКС 4590. Минимальный показатель сбора сухого вещества (116 ц/га) зафиксирован у гибрида Феномен, что на 6,2% и 8,0% меньше, чем у других изучаемых гибридов. Гербицидная обработка практически не влияла на формирование сухого вещества. Напротив, сроки посева значительно влияли на этот показатель продукционного процесса. Так, ранний посев увеличил его до 129 ц/га, тогда как при среднем и позднем севе сбор сухого вещества снизился на 8,4 и 20,6%. Применение междурядных культиваций по сравнению с контролем увеличило его на 1,7-3,4%.

Чистая продуктивность фотосинтеза кукурузы существенно зависела от срока сева и количества междурядных культиваций, тогда как применение различных гербицидов не оказало влияния и на всех вариантах было рвано, в среднем, 5,7 г/м². Минимальная показатель (4,7 г/м²) отмечена на варианте с гибридом Феномен при позднем севе и проведении одной междурядной культивации, а максимального значения, на уровне 6,9 г/м², достиг при выращивании гибрида ДКС 4590, посеянном в ранний срок и без междурядных обработок. Сроки сева существенно влияли на чистую продуктивность фотосинтеза, причем ранний срок обеспечил формирование наибольшего показателя 6,3 г/м². Проведение междурядных культиваций снизило исследуемый показатель – без механической обработки междурядий она была максимальной (6,0 г/м²), при одной культивации снизилась до 5,7 г/м², а при двух – до 4,8 г/м², или на 5,3 и 25,0%.

Максимальный фотосинтетический потенциал на уровне 3,2 млн м²-дней/га получен при применении раннего срока сева гибрида ДКС 4590 с одной культивацией на фоне защиты от сорняков с помощью гербицида Титус Плюс. Минимальный показатель – 2,2 млн м²-дней/га зафиксирован при позднем севе и без применения междурядных культиваций. Гибриды Ладожский 291 и ДКС 4590 показали более высокий фотосинтетический потенциал (в среднем, 2,8 млн м²-дней/га). Ранний срок сева обеспечил возрастание его до 3,0 млн м²-дней/га. Количество культиваций слабо влияло, приводя к небольшому росту исследуемого показателя от 2,6 до 2,7-2,8 млн м²-дней/га.

Список использованных источников:

1. Эффективность применения гербицидов в посевах кукурузы на зерно в зависимости от срока посева на черноземе выщелоченном центральной зоны Краснодарского края / Т. В. Логойда, А. А. Макаренко, А. А. Магомедтагиров [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 82. – С. 90-96.

2. Найденов, А. С. Влияние систем основной обработки почвы, минеральных удобрений и гербицидов на агрофизические показатели выщелоченного чернозема и урожайность озимой пшеницы / А. С. Найденов, А. А. Макаренко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2008. – № 14. – С. 97-101.

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

5. Бойко, Е. С. Цифровизация и инновации в земледелии / Е. С. Бойко, А. А. Магомедтагиров // Цифровые технологии в аграрном образовании : Сборник статей по материалам учебно-методической конференции, Краснодар, 01 марта – 30 2022 года / Отв. за выпуск Д.С. Лилякова. – Краснодар: Кубанский

References:

1. Efficiency of herbicide application in grain corn crops depending on the sowing time on leached chernozem of the central zone of Krasnodar Krai / T. V. Logoida, A. A. Makarenko, A. A. Magomedtagirov [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2020. – No. 82. – P. 90-96.

2. Naidenov, A. S. Influence of primary tillage systems, mineral fertilizers and herbicides on the agrophysical indicators of leached chernozem and the yield of winter wheat / A. S. Naidenov, A. A. Makarenko // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2008. – No. 14. – P. 97-101.

3. 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.

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

5. Boyko, E. S. Digitalization and innovations in agriculture / E. S. Boyko, A. A. Magomedtagirov // Digital technologies in agricultural education: Collection of articles based on the materials of the educational and methodological conference, Krasnodar, March 01 - 30, 2022 / Responsible for the release D.S. Lilyakova. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University

государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 4-5.

6. 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.

7. Макаренко, А. А. Влияние системы основной обработки почвы на плотность сложения чернозема выщелоченного Центральной зоны Краснодарского края / А. А. Макаренко, Н. И. Бардак, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 88. – С. 89-96.

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

9. Тучапский, Ю. А. Влага, как фактор формирования урожая зерна озимого ячменя в Краснодарском крае / Ю. А. Тучапский, А. С. Найденов, А. А. Макаренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кошчаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 908-909.

named after I. T. Trubilin, 2022. - P. 4-5. 6. Kokovikhin, S. V. Optimization of farming systems in the territory of the Northern Black Sea region in the context of changing climate and ecological and meliorative state of soils / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 36 (199). - P. 71-89. 7. Makarenko, A. A. Influence of the primary tillage system on the bulk density of leached chernozem in the Central zone of Krasnodar Krai / A. A. Makarenko, N. I. Bardak, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2021. - No. 88. - P. 89-96.

8. Makarenko, A. A. Productivity of winter wheat depending on the primary tillage system, the use of mineral fertilizers and herbicides on leached chernozem in the Western Ciscaucasia: specialty 06.01.01 "General agriculture, crop production": dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Makarenko Alexander Alekseevich. - Krasnodar, 2008. - 179 p.

9. Tuchapsky, Yu. A. Moisture as a factor in the formation of the winter barley grain yield in the Krasnodar Territory / Yu. A. Tuchapsky, A. S. Naidenov, A. A. Makarenko // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26-30, 2016 / Responsible for the issue. A. G. Koshchaev. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. - P. 908-909.

10. Zagorulko, A. V. Formation of grain

10. Загорулько, А. В. Формирование продуктивности кукурузы на зерно под влиянием подкормок азотными удобрениями и микроэлементами / А. В. Загорулько, А. А. Макаренко // Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий : Сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 05–09 июня 2023 года / Отв. за выпуск А.Г. Максименко. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 134-136.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Коковихин, С. В. Кластерный анализ качественных показателей поливной воды рек Ингулец и Днепр, используемых для орошения в условиях Северного Причерноморья / С. В. Коковихин, А. В. Загорулько, А. А. Макаренко // Ecology and nature management: sustainable development of rural areas: Collection of articles based on the materials of the III All-Russian scientific and practical conference, Krasnodar, June 5-9, 2023 / Responsible for the issue A. G. Maksimenko. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2023. – P. 134-136.
11. 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 agricultural science of Tavrida. – 2022. – No. 32(195). – P. 18-29.
12. 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.
13. Makarenko, A. A. Modeling of irrigated crop rotations using ecological-ameliorative and economic-economic parameters of agricultural enterprises / A. A. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // News of the agricultural science of Tavrida. – 2023. – No. 36(199). – P. 6-20.
14. 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,

вихин, Ф. Ф. Адамень, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 35(198). – С. 69-81.

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

16. 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.

17. Логойда, Т. В. Влияние основных агротехнических приемов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья : специальность 06.01.09 "Овощеводство" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Логойда Тимофей Владимирович. – Краснодар, 2000. – 163 с.

18. 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.

19. Влияние системы основной обработки почвы на структуру чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / Т. В. Логойда, А. А. Макаренко, В. С. Балан-

A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 35 (198). - P. 69-81.

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

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

17. Logoyda, T. V. Influence of the main agrotechnical techniques on the yield and quality of winter wheat grain on leached chernozem of the Western Ciscaucasia: specialty 06.01.09 "Vegetable growing": dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Logoyda Timofey Vladimirovich. - Krasnodar, 2000. - 163 p.

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

19. The influence of the primary tillage system on the structure of leached chernozem in the Western Ciscaucasia / T. V. Logoyda, A. A. Makarenko, V. S. Balandin, A. A. Magomedtagirov //

дин, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 155-166.

20. 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.

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

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

23. Влияние факторов агротехники на физиолого-биохимические параметры растений озимой пшеницы, возделываемой по различным предшественникам / Ю. П. Федулов, Ю. В. Подушин, А. В. Загорулько [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 158-168.

24. Баландин, В. С. Влияние системы удобрения на урожайность и качество зерна кукурузы в условиях низинно-западного агроландшафта / В. С. Баландин, В. П. Василько // Со-

Transactions of the Kuban State Agrarian University. - 2024. - No. 112. - P. 155-166.

20. 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 conditions / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 38 (201). - P. 180-198.

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

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

23. The influence of agricultural factors on the physiological and biochemical parameters of winter wheat plants cultivated after different predecessors / Yu. P. Fedolov, Yu. V. Podushin, A. V. Zagorulko [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2018. - No. 74. - P. 158-168.

24. Balandin, V. S. The influence of the fertilization system on the yield and quality of corn grain in the conditions of a lowland-western agricultural landscape / V. S. Balandin, V. P. Vasilko // Modern

временные векторы развития науки : Сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2023 год, Краснодар, 06 февраля 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2024. – С. 3-4.

25. 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.

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

27. Эффективность применения интенсивной и биологизированной технологии выращивания гибридов кукурузы при капельном орошении / О. В. Макуха, А. А. Макаренко, В. Н. Гладков [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 38(201). – С. 101-116.

28. Патент № 2682056 С1 Российская Федерация, МПК A01G 22/20, A01B 79/02. Способ возделывания гибридов кукурузы на зерно в условиях выщелоченного чернозема Западного Предкавказья : № 2018109858 : заявл. 20.03.2018 : опубл. 14.03.2019 / Г. Ф. Петрик, А. Г. Прудников, Т. В. Логойда, Я. Б. Петрик ; заявитель Федеральное госу-

vectors of science development: Collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of research for 2023, Krasnodar, February 06, 2024. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2024. - P. 3-4. 25. Kokovikhin, S. V. Productivity of the maternal form of a simple hybrid of corn Borysfen 433 MB depending on irrigation regimes, doses of nitrogen fertilizer and plant density in the conditions of the southern zone of the Steppe of Ukraine: specialty 06.01.09 "Vegetable growing": abstract of a dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Kokovikhin Sergey Vasilievich. - Dnepropetrovsk, 2000. - 18 p. 26. Programming the yield of corn 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 Horticulture. – 2011. – No. 75-1. – P. 91-101.

27. Efficiency of application of intensive and biologized technology of growing corn hybrids under drip irrigation / O. V. Makukha, A. A. Makarenko, V. N. Gladkov [et al.] // News of agricultural science of Tavrida. – 2024. – No. 38 (201). – P. 101-116.

28. Patent No. 2682056 C1 Russian Federation, IPC A01G 22/20, A01B 79/02. Method of cultivation of corn hybrids for grain in conditions of leached chernozem of the Western Ciscaucasia: No. 2018109858: declared. 20.03.2018: publ. 14.03.2019 / G. F. Petrik, A. G. Prudnikov, T. V. Logoida,

дарственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина".

29. Баландин, В. С. Динамика плотности почвы под кукурузой в зависимости от системы основной обработки почвы / В. С. Баландин, В. П. Василько // *Виртуозы науки : Сборник тезисов Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных за 2023 г.* Краснодар, 06–15 ноября 2023 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2024. – С. 28-29.

30. Влияние основной обработки почвы на засоренность посевов озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края / Ш. Ю. Чимидов, Е. Н. Ничипуренко, В. П. Василько [и др.] // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 76-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2020 год. В 3-х частях, Краснодар, 10–30 марта 2021 года / Отв. за выпуск А.Г. Кошчаев. Том Часть 1.* – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 61-64.

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

32. 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.

Ya. B. Petrik; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin".

29. Balandin, V. S. Dynamics of soil density under corn depending on the primary tillage system / V. S. Balandin, V. P. Vasilko // *Virtuosos of Science: Collection of abstracts of the International scientific and practical conference of students and young scientists for 2023, Krasnodar, November 06-15, 2023.* - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2024. - P. 28-29.

30. The effect of primary tillage on weed infestation of winter wheat crops in the central zone of Krasnodar Krai / Sh. Yu. Chimidov, E. N. Nichipurenko, V. P. Vasilko [et al.] // *Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 76th scientific and practical conference of students on the results of R&D for 2020. In 3 parts, Krasnodar, March 10–30, 2021 / Responsible for the release A. G. Koshchaev. Volume Part 1.* - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trublina, 2021. – pp. 61-64.

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

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

Сведения об авторах:

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

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

Валерий Николаевич Гладков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общего и орошаемого земледелия ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Виталий Сергеевич Баландин – ассистент кафедры общего и орошаемого земледелия ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Authors information:

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

Valentina Pavlovna Vasilko – Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of General and Irrigated Agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

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

Vitaly Sergeevich Balandin – assistant of the department of general and irrigated agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, Kalinina St., 13.

УДК 631.51:631.67:631.581:631.432

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ
ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ
ПОЧВЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ
КУЛЬТУРАМИ ОРОШАЕМОГО
СЕВООБОРОТА В УСЛОВИЯХ
СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ**

**INFLUENCE OF PRIMARY SOIL
CULTIVATION
SYSTEMS ON THE EFFICIENCY
OF MOISTURE USE BY
AGRICULTURAL CROPS OF
IRRIGATED CROP ROTATION
IN THE CONDITIONS OF THE
NORTHERN BLACK SEA REGION**

Бердникова Е. Г., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Херсонский государственный педагогический университет»;

Бардак Н. И., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор;

Терехова С. С., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор;

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

Коваль А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Berdnikova E. G., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, FSBEI HE "Kherson State Pedagogical University";

Bardak N. I., Candidate of Agricultural Sciences, Professor;

Terekhova S. S., Candidate of Agricultural Sciences, Professor;

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

Koval A. V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin"

В статье отображены результаты исследований по определению эффективности использования почвенной влаги культурами короткоротационного орошаемого севооборота. Установлено, что на период сева как озимых осенью, так и яровых культур весной больше накопления влаги в почве наблюдалось при нулевой обработке 1288-1976 м³/га, в зависимости от культуры, что в среднем по севообороту на 8,8% больше по сравнению с контролем. Безотвальная разнотрубная обработка также демонстрировала высокие показате-

The article presents the results of studies on determining the efficiency of soil moisture use by crops of short-rotation irrigated crop rotation. It was found that during the sowing period of both winter crops in autumn and spring crops in spring, more moisture was accumulated in the soil with no-tillage of 1288-1976 m³/ha, depending on the crop, which is on average 8.8% more for the crop rotation compared to the control. No-till cultivation at different depths also demonstrated high indicators, especially for spring crops (soybeans: 1583-1976 m³/ha). In contrast, with differentiated cultivation at different

ли, особенно для яровых культур (соя: 1583-1976 м³/га). В отличие от этого, при дифференцированной разнотрубинной обработке запасы влаги были ниже (1154-1315 м³/га, до 1492 м³/га для озимого ячменя), а к концу вегетации снижались до 841-1128 м³/га. Количество влаги в почве ранней весной зависит не только от осадков, но и от способности почвы впитывать и удерживать влагу (агрофизические свойства, способы обработки, глубина промерзания). В среднем по исследуемому севообороту, наименьшее суммарное водопотребление зафиксировано при безотвальной разнотрубинной обработке почвы (4200 м³/га), что на 1,4% меньше контроля, и при дифференцированной системе (4269 м³/га). Глубокая чизельная обработка оказалась наиболее эффективной для озимого ячменя (3450 м³/га) и сои (4902 м³/га), а также для кукурузы после вспашки (4946 м³/га). Мелкая безотвальная одноглубинная обработка в большинстве случаев увеличивала водопотребление (на 43–452 м³/га) по сравнению с разнотрубинной. Озимая пшеница имела наименьшее среднее суммарное водопотребление (3460 м³/га), тогда как кукуруза (4988 м³/га) и соя (4981 м³/га) характеризовались наибольшим количеством поливов. Наименьшие затраты воды на единицу урожая (в среднем, на 4,7-5,5% ниже контроля) обеспечивала безотвальная разнотрубинная обработка почвы, с показателями 422-1098 м³/т в зависимости от культуры. При этом глубокое чизельное рыхление создавало наилучшие условия для формирования урожая, демонстрируя самый низкий

depths, moisture reserves were lower (1154-1315 m³/ha, up to 1492 m³/ha for winter barley), and by the end of the growing season they decreased to 841-1128 m³/ha. The amount of moisture in the soil in early spring depends not only on precipitation, but also on the soil's ability to absorb and retain moisture (agrophysical properties, cultivation methods, freezing depth). On average, for the studied crop rotation, the lowest total water consumption was recorded with moldboard-free, variable-depth soil cultivation (4,200 m³/ha), which is 1.4% less than the control, and with the differentiated system (4,269 m³/ha). Deep chisel cultivation turned out to be the most effective for winter barley (3,450 m³/ha) and soybeans (4,902 m³/ha), as well as for corn after plowing (4,946 m³/ha). Shallow moldboard-free, single-depth cultivation in most cases increased water consumption (by 43–452 m³/ha) compared to variable-depth cultivation. Winter wheat had the lowest average total water consumption (3460 m³/ha), while corn (4988 m³/ha) and soybeans (4981 m³/ha) were characterized by the greatest number of irrigations. The lowest water costs per unit of yield (on average, 4.7-5.5% lower than the control) were provided by moldboard-free variable-depth soil cultivation, with indicators of 422-1098 m³/t depending on the crop. At the same time, deep chisel loosening created the best conditions for crop formation, demonstrating the lowest water consumption coefficient for winter wheat (507 m³/t), corn (440 m³/t), winter barley (576 m³/t) and soybeans (1208 m³/t). In general, for crop rotation, differentiated cultivation had a water

коэффициент водопотребления для озимой пшеницы ($507 \text{ м}^3/\text{т}$), кукурузы ($440 \text{ м}^3/\text{т}$), озимого ячменя ($576 \text{ м}^3/\text{т}$) и сои ($1208 \text{ м}^3/\text{т}$). В целом по севообороту, дифференцированная обработка имела коэффициент водопотребления $657\text{--}711 \text{ м}^3/\text{т}$, тогда как безотвальная разнотрубинная обработка позволила достичь оптимальных условий и снизить этот показатель до $623\text{--}683 \text{ м}^3/\text{т}$. Кроме того, применение сидератов показало существенное снижение коэффициента водопотребления на всех вариантах почвенной обработки: по дифференцированной в среднем на 8,2%; мелкой безотвальной – 8,8; разнотрубинной безотвальной – 9,6; нулевой – 8,9%.

Ключевые слова: севооборот, орошение, сидерат, удобрения, кукуруза, соя, озимая пшеница, озимый ячмень, продуктивная влага, водопотребление.

consumption coefficient of $657\text{--}711 \text{ m}^3/\text{t}$, while moldboard-free, variable-depth cultivation allowed achieving optimal conditions and reducing this figure to $623\text{--}683 \text{ m}^3/\text{t}$. In addition, the use of green manure showed a significant decrease in the water consumption coefficient in all variants of primary soil cultivation - on average by 8.2% for differentiated, 8.8% for shallow, single-depth, 9.6% for moldboard-free, variable-depth, and 8.9% for zero cultivation compared to the control.

Keywords: crop rotation, irrigation, green manure, fertilizers, corn, soybeans, winter wheat, winter barley, productive moisture, water consumption.

Введение. Климатические изменения представляют собой одну из важнейших глобальных проблем для всего сельского хозяйства, и, в частности, для растениеводства, имея значительные экологические, экономические и социальные последствия [1, 2, 3, 4, 5]. Потепление климата может привести к снижению эффективности ведения сельского хозяйства и требует применения комплексного научного подхода к формированию инновационных агротехнологий и климатически ориентированных агропромышленных систем. Новые адаптивные технологии должны включать севообороты с длинной ротацией и большим количеством культур с разными биологическими особенностями. Также нужно создавать и использовать на производстве сорта и гибриды, приспособленные к местным условиям и особенностям технологий (для поливных земель, для районов с дефицитом осадков и без орошения и др.), для которых необходимо разрабатывать сортовые технологии, направленные на максимальную реализацию генетического потенциала растений на орошаемых и неполивных землях [6, 7, 8]. Многолетние исследования [9, 10, 11] подтверждают, что в аридных регионах решающим фактором формирования высоких, стабильных и экономически выгодных урожаев является применение искусственного увлажнения и водосберегающих технологий, позволяющих создать и поддерживать запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы.

Одним из наиболее существенных факторов, влияющих на накопление продуктивной влаги и создание оптимальных агрофизических параметров для этого, является основная обработка почвы. Применение соответствующей системы основной обработки почвы на уровне севооборотов и отдельных полей позволяет оптимизировать режимы орошения и систему удобрения, существенно увеличить окупаемость поливной воды им действующего вещества минеральных удобрений. Водный режим почв Северного Причерноморья характеризуется значительным дефицитом атмосферных осадков, высокими летними температурами и низкой влажностью воздуха. Годовое количество осадков в этих условиях, как правило, недостаточно для полноценного удовлетворения потребностей сельскохозяйственных культур и получения высоких урожаев зерна. Основное накопление влаги происходит в осенне-зимний период, что приводит к максимальным запасам в почве ранней весной [12, 13, 14, 15]. В свете этих особенностей, определение оптимальных сроков полива является исключительно важным вопросом в практике орошения сельскохозяйственных культур.

Для обеспечения растений необходимым количеством воды требуется разработка совершенной методики, способной с высокой точностью определять момент снижения почвенной влаги до нижней границы оптимального уровня, который специфичен для каждой культуры, исходя из ее биологических особенностей [16, 17, 18]. В условиях сельскохозяйственного производства для установления сроков и норм вегетационных поливов применяются различные методы. Важно отметить, что в определенные периоды своего развития, известные как критические фазы онтогенеза, растения проявляют повышенную потребность в доступной влаге. Дефицит почвенной влаги в моменты максимального роста, формирования листьев, роста репродуктивных или иных органов, формирующих урожай, приводит к резкому снижению урожайности. В эти решающие периоды должен быть обеспечен непрерывный и полноценный приток влаги к растениям в полном соответствии с их потребностями [19, 20, 21, 22]. Современные экономические, социальные и природно-хозяйственные реалии в сфере орошаемого земледелия диктуют повышенные требования к рациональному и бережливому использованию часто ограниченных водных ресурсов, а также к минимизации любого негативного воздействия на агроферу [23, 24, 25].

Традиционный подход к планированию поливов, основанный исключительно на поддержании оптимального уровня влажности в расчетном слое почвы (верхний предел увлажнения), позволял обеспечивать необходимый объем водопотребления культур и получать высокие урожаи при условии соблюдения прочих агротехнических норм [26, 27, 28]. Однако в современных условиях, характеризующихся удорожанием и дефицитом агроресурсов, а также ростом негативного воздействия интенсивного земледелия на окружающую среду, такой однофакторный метод планирования режимов орошения становится нецелесообразным. Он ведет к нерациональному использованию ресурсов и способствует развитию деградационных процессов в почвах [26, 27, 28]. В связи с этим

в последние десятилетия получили развитие новые подходы к установлению оптимальных параметров орошения, в том числе и с использованием цифровых сервисов. Они базируются на комплексном учете множества критериев, более детально учитывая производственные условия и экологические требования. Для достижения максимального эффекта от орошения принципиально важно проводить поливы в строго определенные сроки, соответствующие биологическим особенностям культуры и внешним условиям ее роста и развития. При каждом поливе также необходимо корректно определять поливную норму и выбирать наиболее эффективный способ подачи воды. Совокупность всех этих плановых поливов, выполняемых с целью получения высокого урожая конкретной культуры, формирует ее поливной режим, или режим орошения, который выражается в виде детализированной схемы поливов с указанием времени проведения, поливных норм, способов полива и общей оросительной нормы [29, 30].

Материал и методы исследований. Целью исследований было изучить влияние систем основной обработки почвы на эффективность использования влаги сельскохозяйственными культурами орошаемого севооборота в условиях Северного Причерноморья.

Исследования были проведены на протяжении 2009-2019 гг. в стационарном полевом опыте с использованием специальных методик и требований опытного дела [31]. Эксперименты закладывали методом рендомизированных расщепленных делянок в зоне действия Каховской ирригационной системы. Проводили исследования по влиянию почвенной обработки на параметры водного режима почвы – динамику продуктивной влаги в почве, суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления. Контролем была общепризнанная для орошаемых земель Северного Причерноморья система дифференцированной почвенной обработки. Во втором варианте применялась мелководная одноглубинная безотвальная обработка почвы. В третьем варианте применяли чизельную обработку с разной глубиной рыхления. В четвертом варианте исследовали нулевую технологию (No-till).

При выращивании сельскохозяйственных культур в короткоротационных севооборотах применяли биологически оптимальные режимы орошения, основанные на методологических подходах оптимального обеспечения потребностей растений во влаге на протяжении всего вегетационного периода на уровне 70% НВ в слое почвы 0-50 см. Вегетационные поливы проводили дождевальными машинами Zimmatik по методу контроля влажности почвы (термостатно-весовой).

Необходимо отметить, что основные элементы режимов орошения – количество поливов и оросительные нормы, существенно зависевшие от биологических особенностей культур севооборотов, значительно изменялись в отдельные годы исследований в зависимости от погодных условий вегетационного периода, в частности, дефицита естественного влагообеспечения.

Обобщение основных показателей биологически оптимальных режимов

орошения за две ротации севооборота (2009-2016 гг.) позволило выявить значительные колебания в количестве поливов и оросительных норм отдельных культур, что связано как с различиями типов развития (озимые и яровые), так и биологическими параметрами – продолжительность вегетации, глубина проникновения корневой системы. Наименьшим количеством поливов и оросительными нормами отличались пшеница и озимый ячмень.

Результаты и их обсуждение. Согласно наблюдениям за погодными условиями в годы проведения исследований установлено, что для развития посевов сои и кукурузы средневлажным оказался 2015 г. (таблицы 1). Кроме того, доказано, что при проведении исследований средними были 2012 и 2013 гг. Среднесухим был 2019 г., а сухими оказались большинство лет – 2012, 2013 и 2018 гг. исследований. Для озимых пшеницы и ячменя 2015 г. был влажным, средневлажными оказались 2010, 2011 и 2016 гг., средними – 2009, 2014 и 2017 гг. Среднесухим был 2019 г., сухими – 2012, 2013 гг.

Таблица 1. Распределение лет исследований по дефициту влагообеспеченности

Культура	Влажные 5%	Средне- влажные 25%	Средние 50%	Средне- сухие 75%	Сухие 95%
Соя	–	2015	2012 2013	2019	2012 2013 2018
Озимая пшеница	2015	2010 2011 2016	2009 2014 2017	2019	2012 2013 2018
Кукуруза	–	2015	2012 2013	2019	2012 2013 2018
Озимый ячмень	2015	2010 2011 2016	2009 2014 2017	2019	2012 2013 2018

В засушливых условиях Северного Причерноморья недостаточное природное обеспечение растений водой является основным фактором, ограничивающим их урожайность. В целях обеспечения стабильного запаса продуктивной влаги для растений в течение их вегетации, нужно корректно распределить недостаток воды, необходимой растениям, то есть рассчитать режим орошения каждой изучаемой культуры короткоротационного севооборота. Он должен соответствовать потребности растения в воде на разных этапах онтогенеза. Наряду с этим, режим орошения должен способствовать улучшению питательного и теплового режимов почвы, сохранению его плодородия, предотвращению ирригационной эрозии, заболачиванию и засолению почвы, наиболее эффективному использованию земельных и водных ресурсов. Основным требованием к режиму орошения продолжительности и норм полива сельскохозяйственных

культур растений необходимо дифференцировать таким образом, чтобы в почве было благоприятное взаимодействие факторов, достаточного содержания воды и элементов питания растений в почве и нормальные условия аэрации. Благоприятное соотношение воды и воздуха в почве составляет примерно 80 и 20%, соответственно [32, 33, 34].

Полевые исследования, проводившиеся на протяжении 2009-2019 гг., позволили установить, что запасы продуктивной влаги (в слое почвы 0-100 см) существенно зависят от влияния системы обработки почвы, а также биологических параметров изучаемых культур севооборота. При применении дифференцированной почвенной обработки такие влагозапасы были ниже и находились в диапазоне 1154-1315 м³/га с возрастанием на посевах озимого ячменя до 1492 м³/га. В то же время, следует подчеркнуть, что на посевах яровых культур, особенно сои, отмечено формирование более высоких показателей с их увеличением до 1583-1976 м³/га. Близкие показатели водопотребления зафиксированы на варианте с применением безотвальной разноглубинной почвенной обработки (таблица 2).

Таблица 2. Запасы продуктивной влаги темно-каштановой почвы, в орошаемом севообороте в зависимости от различных систем обработки почвы, м³/га (2009-2016 гг.)

Система обработки почвы (фактор А)	Культура				Среднее по севообороту
	пшеница	кукуруза	ячмень	соя	
Начало вегетации					
Дифференцированная	1201	1788	1410	1601	1500
Безотвальная мелкая	1315	1885	1482	1606	1572
Разноглубинная безотвальная	1154	1851	1258	1583	1462
Нулевая	1288	1976	1492	1770	1631
НСР ₀₅ , м³/га	12,8	14,3	14,5	20,9	—
Конец вегетации					
Дифференцированная	841	1112	768	1128	962
Безотвальная мелкая	754	1242	783	1255	1008
Разноглубинная безотвальная	692	1124	736	1209	940
Нулевая	974	1194	966	1204	1085
НСР ₀₅ , м³/га	7,2	10,9	11,8	12,6	—

Доказано, что количество влаги в почве ранней весной во многом зависит не только от количества осадков в течение осенне-зимнего периода, но и от способности почвы впитывать влагу и удерживать ее, что в свою очередь обуславливается агрофизическими свойствами, способами обработки, глубиной промерзания и другими факторами.

Исследования показали, что на критически важных этапах сева – как для озимых культур осенью, так и для яровых весной – нулевая обработка почвы де-

монстрирует значительное преимущество в накоплении влаги. Объемы продуктивной влаги в слое 0-100 см при этой системе колебались от 1288 до 1976 м³/га, что варьировалось в зависимости от специфических потребностей каждой культуры. В среднем по севообороту, что на 8,8% превышало показатели контрольного варианта. Такое повышенное содержание влаги на начальных этапах развития растений имеет решающее значение для успешного прорастания семян, формирования мощной корневой системы и обеспечения энергичного старта вегетации, что напрямую влияет на потенциальный урожай. Нулевая обработка способствует лучшему сохранению почвенной структуры, снижает испарение с поверхности и улучшает инфильтрацию атмосферных осадков, создавая благоприятные условия для накопления и удержания влаги.

Лучше всего влага использовалась на вариантах с применением глубокого рыхления, где на период уборки урожая запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см оставались наименьшими на уровне 692-1209 м³/га. За счет большей плотности сложения грунта и меньшей его водопроницаемости при нулевой обработке и системе мелкой одноглубинной безотвальной обработки не вся продуктивная влага могла быть использована культурами в период их роста и развития. При завершении вегетационного периода отмечено увеличение исследуемого показателя на 12,7 и 4,8% по сравнению с контрольным вариантом.

Анализ наблюдений за запасами продуктивной влаги в зависимости от основной обработки почвы и сидерации, в среднем за 2016-2019 гг., свидетельствует, что в начале вегетации при дифференцированной системе обработки почвы в зависимости от использования сидерации запасы влаги, в среднем, составляли 1369-1395 м³/га. Близкие показатели были получены при системе разноглубинной безотвальной обработки почвы в севообороте – 1334-1380 м³/га.

Применение системы мелкой безотвальной разноглубинной обработки привело к увеличению показателей запасов продуктивной влаги до 1435-1504 м³/га, в зависимости от сидерации или на 7,0% по сравнению с контролем. В то же время при нулевой обработке почвы в начале вегетации культур севооборота наблюдались наибольшие показатели запасов продуктивной влаги на уровне 1473-1489 м³/га, в зависимости от использования сидерата выше дифференцированной обработки, в среднем на 7,9%.

В то же время, следует отметить влияние использования сидерации на показатели накопления влаги в почве. Исследования показали, что применение зеленого удобрения в посевах улучшает показатели водопроницаемости и создает оптимальные условия для накопления влажной почвой и ее продуктивным использованием. На вариантах с сидерацией показатели запасов продуктивной влаги колебались в пределах 1377-1504 против 1334-1489 м³/га, где ее не использовали, что выше в среднем на 1,9% выше контроля.

В то же время, были получены одинаковые данные запасов влаги, а дифференцированной обработки 1377 и 1369 м³/га и нулевой обработки почвы в севообороте. На вариантах с применением безотвальной одноглубинной мелкой и безотвальной

разноглубинной систем обработки почвы в севообороте разница была наибольшая, то есть при использовании сидерации показатели увеличились, в среднем, на 4,8 и 3,5%, соответственно, по сравнению с вариантами без сидерации.

При завершении вегетации культур исследуемого севооборота показатели запасов влаги уменьшились на 51%. При дифференцированной обработке они составляли в среднем 883-955 м³/га в зависимости от использования сидерата.

При системе разноглубинной безотвальной обработки эти показатели, в среднем, снизились до 863-892 м³/га (в зависимости от сидерации), что было на 4,7% меньше по сравнению с контрольным вариантом (предполагается, что контролем является дифференцированная обработка). Такое снижение может быть связано с особенностями водопотребления растений или более глубоким использованием влаги в этой системе. В то же время, мелкая безотвальная одноглубинная обработка способствовала увеличению запасов влаги, поддерживая их в пределах 892-925 м³/га (также с учетом сидерации). Наибольшее накопление продуктивной влаги в конце вегетации было зафиксировано при нулевой обработке почвы в севообороте, где запасы достигали 995-1012 м³/га. Это значительно превышало показатели контрольного варианта и других систем: в среднем, запасы влаги при мелкой безотвальной одноглубинной обработке были на 9,2% больше, а при нулевой обработке – на 4,5% больше (по сравнению с контролем).

Более осязаемое влияние применения сидеральных культур на влагозапасы в почве проявилось при завершении вегетации изучаемых в опытах культур. Так, использование сидератов увеличило показатели запасов влаги по системам дифференцированной обработки почвы на 8,1%; при мелком одноглубинной – на 7,6%; при безотвальной разноглубинной – на 3,4%, а при нулевой – на 1,7% по сравнению с контролем.

Для установления исследуемых факторов на эффективность использования запасов продуктивной влаги всеми культурами короткоротационного севооборота определяли суммарное водопотребления и расхода воды на формирование урожая (коэффициент водопотребления). Установлено, что суммарное водопотребление культур севооборота существенно зависело от условий влагообеспеченности и влияния агротехнических мероприятий, которые ставились на изучение.

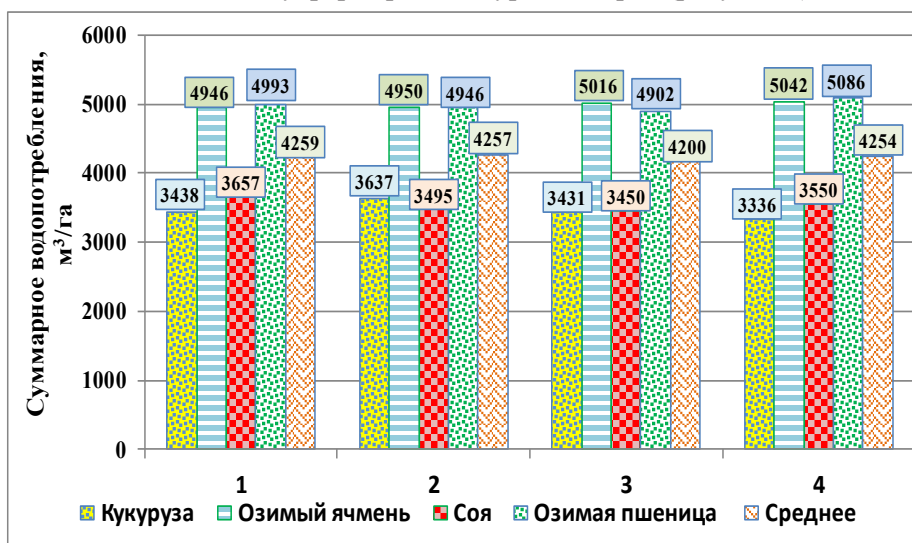
Определено, что применение системы безотвальной разноглубинной обработки почвы в среднем по севообороту потратило 4295 м³/га влаги, такие же показатели водопотребления наблюдались и при дифференцированной системе 4269 м³/га.

Экспериментальные исследования, в среднем за 2009-2016 гг., показали, что суммарное водопотребление ячменя озимого и сои было наименьшим при глубокой чизельной обработке 3450 и 4902 м³/га, а кукурузы – после вспашки – 4946 м³/га.

Применение системы мелкой безотвальной одноглубинной обработки почвы сформировало большее водопотребление по сравнению с системой без-

отвальной разноглубинной обработки на посевах озимой пшеницы, озимого ячменя и сои, которое повысило его на 103–301 м³/га, 208–452 и 43 м³/га. Наибольшим водопотреблением озимой пшеницы было при мелкой безотвальной обработке почвы при длительном его применении в севообороте – 3636 м³/га, ячменя озимого – на варианте с дискованием в системе дифференцированной почвенной обработки зафиксировано увеличение до 3657 м³/га.

Наименьшее суммарное водопотребление на уровне 3460 м³/га отмечено на вариантах с выращиванием озимой пшеницы. Яровые культуры, в соответствии с их биологическими особенностями и необходимости значительного повышения влагообеспеченности – кукуруза (4988 м³/га) и соя (4981 м³/га), характеризовались максимальным потреблением влаги, что потребовало увеличения количества вегетационных поливов, а также обусловило возрастание расхода воды на единицу формирования урожая зерна (рисунок 1).



Примечания: системы основной почвенной обработки: 1 – дифференцированная; 2 – мелкая одноглубинная; 3 – безотвальная на разную глубину; 4 – нулевая (No-till)

Рисунок 1. Показатели суммарного водопотребления исследуемых культур короткоротационного орошаемого севооборота на вариантах с разными системами почвенной обработки, м³/га (2009–2016 гг.)

Анализ экспериментальных данных показал, что наиболее эффективным с точки зрения экономии водных ресурсов оказался вариант с использованием безотвальной разноглубинной почвенной обработки. Для него было зафиксировано минимальное суммарное водопотребление на уровне 4200 м³/га за весь период севооборота. Примечательно, что этот показатель оказался на 1,4% ниже, чем у контрольного варианта (традиционная отвальная почвенная обработка на разную глубину), что свидетельствует о существенной экономии воды и более оптимальном водном режиме почвы при таком подходе. В то же

время, другие безотвальные методы обработки почвы – безотвальная мелкая и нулевая обработка – продемонстрировали практически идентичные значения суммарного водопотребления. Они составили 4257 м³/га и 4254 м³/га соответственно. Эти результаты оказались очень близкими к показателям контрольного варианта, подразумевая, что данные технологии не обеспечивают столь существенной экономии влаги по сравнению с традиционной безотвальной разноглубинной почвенной обработкой.

Проведенный анализ показателей водопотребления сельскохозяйственными культурами севооборота за многолетний период выявил существенные закономерности, обусловленные как воздействием системы основной обработки почвы, так и использованием сидеральных культур. Следует отметить, что озимые культуры требовали значительно меньше воды – их суммарное водопотребление было примерно на 42,4% ниже, чем у яровых культур. Например, для озимой пшеницы средний показатель водопотребления составил 3357 м³/га. В то же время, яровые культуры, такие как соя и кукуруза, продемонстрировали существенно более высокие потребности в воде, а их суммарное водопотребление достигло 4818 м³/га – для сои и 4816 м³/га – для кукурузы. Это означает, что водопотребление этих яровых культур было в среднем на 43,5% выше по сравнению с озимой пшеницей (таблица 3).

Исследование также углубилось в влияние различных систем основной обработки почвы. Было установлено, что при использовании дифференцированной системы основной обработки почвы – подхода, который адаптирует глубину и интенсивность вспашки к конкретным условиям поля и каждой культуре севооборота – показатели суммарного водопотребления, в сочетании с применением сидератов, колебались в диапазоне от 4047 до 4172 м³/га. Близкие значения водопотребления (от 4045 до 4229 м³/га) наблюдались и при длительном применении системы мелкой одноглубинной обработки почвы в севообороте. Это указывает на то, что эти две системы обработки почвы демонстрируют сравнимые уровни расхода воды.

Вместе с тем, внедрение системы безотвальной разноглубинной обработки почвы, которая предполагает отсутствие переворачивания пласта и варьирование глубины обработки, привело к умеренному, но статистически значимому снижению общего водопотребления в среднем на 1,2%. Практически такие же показатели были зафиксированы и при нулевой обработке почвы (no-till), при которой почва остается максимально нетронутой. В этом случае водопотребление варьировалось от 4042 до 4120 м³/га, при этом точное значение зависело от применяемой системы удобрений.

Важным показателем, характеризующим эффективность использования воды растениями для формирования единицы урожая, является коэффициент водопотребления. Он зависит от многих факторов, таких как группа спелости, агротехнические мероприятия по выращиванию и метеорологические условия, влияние погодных условий, воздействие вредных организмов и т.д. Этот

показатель находится в обратной зависимости до уровня урожайности культуры, то есть чем она выше, тем меньше воды тратится на каждую единицу продукции [32].

Таблица 3. Суммарное водопотребление культур севооборота при использовании разных систем обработки почвы и сидерации, м³/га (2016-2019 гг.)

Система обработки почвы (фактор А)	Удобрения (фактор В)*	Культура				Среднее по севообороту
		озимая пшеница	кукуруза	озимый ячмень	соя	
I	сидерат	3521	4789	3429	4950	4172
	без сидерата	3267	4700	3475	4745	4047
II	сидерат	3649	4901	3561	4804	4229
	без сидерата	3456	4703	3321	4699	4045
III	сидерат	3346	5029	3414	4819	4152
	без сидерата	3260	4766	3278	4658	3990
IV	сидерат	3186	4851	3406	5039	4120
	без сидерата	3170	4790	3373	4833	4042
НСР ₀₅ , м ³ /га		32,8	26,0	20,7	19,2	—

Примечание. I – дифференцированная разноглубинная с применением вспашки под пропашные культуры и дискованием под озимые; II – мелкая безотвальная одноглубинная; III – безотвальная разноглубинная с глубоким рыхлением под все культуры севооборота; IV – нулевая обработка

В среднем за 2009-2016 гг. отмечена тенденция увеличения коэффициента водопотребления для всех культур севооборота, кроме пшеницы озимой, был при посеве их в предварительно необработанную почву (нулевая обработка). При таких условиях на получение единицы урожая кукурузы тратилось 555 м³, озимого ячменя – 612, сои – 1460 м³, что было, в среднем, на 19% выше по сравнению с контролем.

Доказано, что за восьмилетний период с 2009 по 2016 год, выявил существенную тенденцию увеличения коэффициента водопотребления для большинства сельскохозяйственных культур, включенных в севооборот (рисунок 2). Эта тенденция к повышению водного расхода на единицу продукции была ярко выражена при использовании системы нулевой обработки почвы (no-till), когда посев осуществляется в необработанную почву.

Исключением из этой общей закономерности стала только озимая пшеница, которая демонстрировала иные закономерности в таких условиях. При детальном рассмотрении эффективности водопотребления в условиях нулевой обработки почвы установлено, что у кукурузы этот показатель был равен, в

среднем, 555 м³/т; у озимого ячменя увеличился до 612 м³/т; у соя – коэффициент водопотребления увеличился до 1460 м³/т, или в 2,5-2,6 раза. Сопоставление этих результатов с данными, полученными на контрольных участках (где, как правило, применялись традиционные, более интенсивные методы обработки почвы, такие как вспашка), показало, что удельное водопотребление для вышеупомянутых культур (кукуруза, озимый ячмень, соя) при нулевой обработке было, в среднем, на 19% выше. Это означает, что для производства того же объема урожая при нулевой обработке требовалось почти на одну пятую больше воды, чем при стандартных агротехнических подходах.

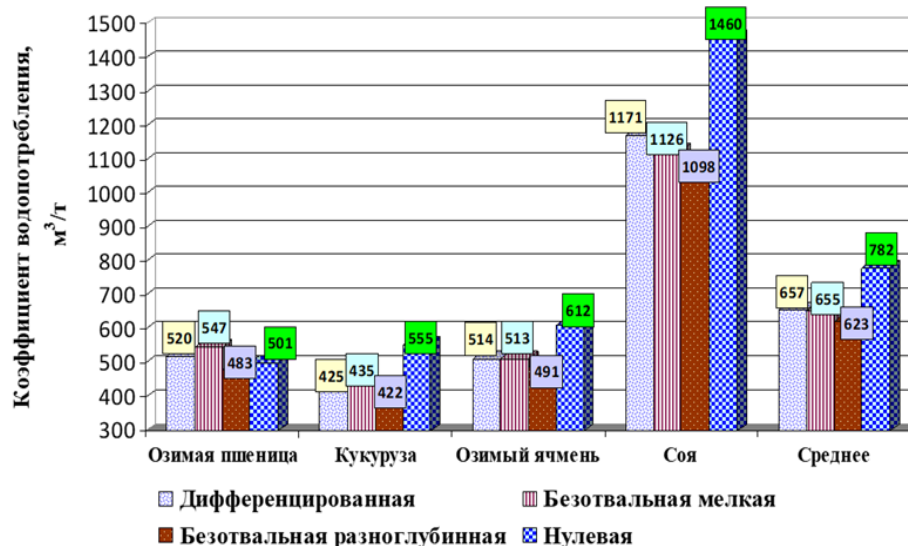


Рисунок 2. Коэффициент водопотребления исследуемых культур короткоротационного орошаемого севооборота при разных системах почвенной обработки, м³/т (2009-2016 гг.)

Хотя нулевая обработка почвы предлагает значительные преимущества в плане сохранения структуры почвы, снижения эрозии и сокращения затрат на топливо, данное исследование подчеркивает ее потенциальное влияние на увеличение водного следа сельскохозяйственного производства для многих культур. Этот фактор требует внимательного учета, особенно в регионах с дефицитом водных ресурсов, где эффективность водопотребления является ключевым аспектом устойчивого земледелия.

Исследования доказывают, что выбор системы почвенной обработки имеет важное значение для оптимизации водопотребления полевых культур и повышения общей эффективности земледелия. Так, одним из наиболее лучших результатов обеспечила система безотвальной почвенной обработки на разную глубину. Этот способ обработки почвы характеризовалась минимальными затратами водных ресурсов на формирование единицы урожая. Согласно полученным данным, коэффициент водопотребления при такой системе почвенной

обработки, в зависимости от биологических особенностей культуры орошаемого севооборота, колебался в пределах от 422 до 1098 м³/т. Это было в среднем, на 5,5% ниже по сравнению с контрольным вариантом, где применялась традиционная обработка почвы, что свидетельствует о существенном преимуществе применения безотвальной обработки для водосбережения и оптимизации водного режима почвы (таблица 4).

Таблица 4. Коэффициент водопотребления с.-х. культур короткоротационного орошаемого севооборота при разных системах обработки почвы и применения сидератов, м³/т (2016-2019 гг.)

Система обработки почвы (фактор А)	Удобрения (фактор В)*	Культура				Среднее по севообороту
		пшеница	кукуруза	ячмень	соя	
I	сидерат	520	425	514	1171	657
	без сидерата	498	462	617	1266	711
II	сидерат	547	435	513	1126	655
	без сидерата	572	456	543	1281	713
III	сидерат	483	422	491	1098	623
	без сидерата	507	440	576	1208	683
IV	сидерат	501	555	612	1460	782
	без сидерата	537	605	683	1583	852
НСР ₀₅ , м ³ /га		14,1	10,4	16,8	28,3	—

Примечание. I – дифференцированная разнотрубная с применением вспашки под пропашные культуры и дискованием под озимые; II – мелкая безотвальная одноглубинная; III – безотвальная разнотрубная с глубоким рыхлением под все культуры севооборота; IV – нулевая обработка

Глубокое чизельное рыхление создавало благоприятные условия для полноценного развития и формирования урожая культур севооборота. Применение этой технологии приводило к достижению наиболее низких значений коэффициента водопотребления для культур короткоротационного севооборота: для озимой пшеницы – 507 м³/т; для кукурузы – 440; для озимого ячменя – 576; для сои – 1208 м³/т.

Наблюдения за динамикой коэффициента водопотребления, проведенные в зависимости от способа основной почвенной обработки и влияния применения сидеральных культур (сидератов), показали интересные результаты. В среднем по севообороту, при использовании дифференцированной обработки почвы, культуры и предшественника, показатели коэффициента водопотребления изменялись в диапазоне от 657 до 711 м³/т. В целом, комплексное внедрение системы разнотрубной безотвальной обработки почвы в орошаемом севообороте продемонстрировало свою способность формировать оптималь-

ные агроэкологические условия для сельскохозяйственных культур. В рамках широкомасштабных полевых экспериментов это позволило не только получить высокий урожай, но и достичь наименьших показателей коэффициента водопотребления, которые находились в пределах от 623 до 683 м³/т. Этот результат является весьма убедительным, так как он в среднем на 4,7% ниже по сравнению с контрольным вариантом, что подтверждает устойчивую ресурсосберегающую эффективность данной системы.

Так, на вариантах с заделкой сидератов, в среднем по севообороту, при системе дифференцированной обработки почвы коэффициент водопотребления уменьшился на 8,2%, при системе мелкой одноглубинной обработки на 8,8%, при разноглубинной безотвальной – на 9,6 и при нулевой обработке – на 8,9% относительно контрольного варианта.

Выводы. В период сева как озимых осенью, так и яровых культур весной, максимальное накопление продуктивной влаги в активном слое почвы зафиксировано при нулевой почвенной обработке, где оно составило 1288-1976 м³/га, в зависимости от культуры, что в среднем по севообороту на 8,8% больше по сравнению с контролем. Безотвальная разноглубинная обработка также демонстрировала высокие показатели, особенно для яровых культур (соя: 1583-1976 м³/га). В отличие от этого, при дифференцированной разноглубинной обработке запасы влаги были ниже (1154-1315 м³/га, до 1492 м³/га для озимого ячменя), а к концу вегетации снижались до 841-1128 м³/га. Количество влаги в почве ранней весной зависит не только от осадков, но и от способности почвы впитывать и удерживать влагу (агрофизические свойства, способы обработки, глубина промерзания).

В среднем по исследуемому севообороту, наименьшее суммарное водопотребление зафиксировано при безотвальной разноглубинной обработке почвы (4200 м³/га), что на 1,4% меньше контроля, и при дифференцированной системе (4269 м³/га). Глубокая чизельная обработка оказалась наиболее эффективной для озимого ячменя – 3450 м³/га; сои – 4902; кукурузы – 4946 м³/га. Мелкая одноглубинная безотвальная почвенная обработка в большинстве случаев увеличивала водопотребление (на 43–452 м³/га) по сравнению с разноглубинной. Озимая пшеница имела наименьшее среднее суммарное водопотребление (3460 м³/га), тогда как кукуруза (4988 м³/га) и соя (4981 м³/га) характеризовались наибольшим количеством поливов.

Минимальные затраты воды на единицу урожая (в среднем, на 4,7-5,5% ниже контроля) обеспечивала безотвальная разноглубинная обработка почвы, с показателями 422-1098 м³/т в зависимости от культуры. При этом глубокое чизельное рыхление создавало наилучшие условия для формирования урожая, демонстрируя самый низкий коэффициент водопотребления для озимой пшеницы (507 м³/т), кукурузы (440 м³/т), озимого ячменя (576 м³/т) и сои (1208 м³/т). В целом по севообороту, дифференцированная обработка имела коэффициент водопотребления 657-711 м³/т, тогда как безотвальная разноглубинная обработка позволила достичь оптимальных условий и снизить этот показатель до 623-683 м³/т. Кроме

того, применение сидератов показало существенное снижение коэффициента водопотребления на всех вариантах основной почвенной обработки.

Список использованных источников:

1. 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.

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. 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.

4. 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.

5. Адамень, Ф. Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических факторов при выращивании основных сельскохозяйственных культур в условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Ада-

References:

1. 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.

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

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

4. 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.

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

6. Efficiency of using biopreparations

мень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 34-43.

6. 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.

7. Гладков, В. Н. Влияние приемов возделывания на урожайность сои и плодородие чернозема выщелоченного в низменно-западинном агроландшафте Западного Предкавказья : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Гладков Валерий Николаевич. – Краснодар, 2012. – 24 с.

8. 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.

9. 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.

10. Магомедтагиров, А. А. Влияние технологии возделывания люцерны на плодородие чернозема выщелоченного

in growing winter wheat after different predecessors / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. A. Makarenko, T. V. Logoida // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2024. - No. 112. - P. 113-124.

7. Gladkov, V.N. Influence of cultivation methods on soybean yield and fertility of leached chernozem in the lowland-sunken agrolandscape of the Western Ciscaucasia: specialty 06.01.01 "General agriculture, crop production": abstract of a dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Gladkov Valery Nikolaevich. - Krasnodar, 2012. - 24 p.

8. Kokovikhin, S. V. Optimization of irrigated crop rotations and agroecological justification of climate-oriented farming systems / S. V. Kokovikhin, A. A. Makarenko, T. V. Logoida // News of agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 39 (202). - P. 80-99. 9. 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 conditions / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 38 (201). - P. 180-198. 10. Magomedtagirov, A. A. Influence of alfalfa cultivation technology on the fertility of leached chernozem in the lowland - depression agrolandscape of the central zone of the Krasnodar Territory / A. A. Magomedtagirov // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the XII All-Russian Conference of Young Scientists, Krasnodar, February 5-8, 2019 / Responsible for the issue. A.G. Koshchaev. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2019.

в низинно - западном агроландшафте центральной зоны Краснодарского края / А. А. Магомедтагиров // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам XII Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 05–08 февраля 2019 года / Отв. за вып. А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 231-232.

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.

12. 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.

13. 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.

14. Влияние доз органоминерального удобрения на продуктивность озимой

- P. 231-232.

11. Chernyshova, E. O. Productivity of corn hybrids depending on sowing dates and plant protection systems against diseases and pests under irrigation 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. Kokovikhin, S. V. Productivity of the maternal form of a simple hybrid of corn Borysfen 433 MB depending on irrigation regimes, doses of nitrogen fertilizer and plant density in the conditions of the southern zone of the Steppe of Ukraine: specialty 06.01.09 "Vegetable growing": abstract of a dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Kokovikhin Sergey Vasilievich. - Dnepropetrovsk, 2000. - 18 p.

13. 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.

14. The influence of organomineral fertilizer doses on the productivity of winter wheat in the central zone of Krasnodar Krai / Yu. A. Zatolokina, A. A. Makarenko, T. V. Logoida, E. E. Kochetova // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the XI All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University and the 80th anniversary of the formation of the Krasnodar Territory, Krasnodar, November 29-30, 2017 / Responsible for the release

пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Ю. А. Затолокина, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда, Е. Е. Кочетова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края, Краснодар, 29–30 ноября 2017 года / Ответственный за выпуск А. Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 675-676.

15. Гладков, В. Н. Влияние приемов возделывания на урожайность сои и плодородие чернозема выщелоченного в низменно-западинном агроландшафте Западного Предкавказья : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Гладков Валерий Николаевич. – Краснодар, 2012. – 217 с.

16. Эффективность применения гербицидов в посевах кукурузы на зерно в зависимости от срока посева на черноземе выщелоченном центральной зоны Краснодарского края / Т. В. Логойда, А. А. Макаренко, А. А. Магомедтагиров [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 82. – С. 90-96.

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

18. Макаренко, А. А. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от системы основной обработки почвы,

А. Г. Кощаев. – Краснодар: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. – P. 675-676.

15. Gladkov, V. N. The influence of cultivation methods on the yield of soybeans and the fertility of leached chernozem in the lowland-sunken agrolandscape of the Western Ciscaucasia: specialty 06.01.01 "Agriculture" : dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Gladkov Valery Nikolaevich. – Krasnodar, 2012. – 217 p.

16. Efficiency of herbicide application in grain corn crops depending on the sowing time on leached chernozem of the central zone of Krasnodar Krai / TV Logoida, AA Makarenko, AA Magomedtagirov [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2020. – No. 82. – P. 90-96.

17. Tarasenko, BI Soil cultivation / BI Tarasenko, NI Bardak, AA Makarenko. – 3rd edition, revised and supplemented. – Krasnodar : Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2021. – 162 p.

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

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

применения минеральных удобрений и гербицидов на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Макаренко Александр Алексеевич. – Краснодар, 2008. – 24 с.

19. 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.

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

21. Найденов, А. С. Влияние систем основной обработки почвы, минеральных удобрений и гербицидов на агрофизические показатели выщелоченного чернозема и урожайность озимой пшеницы / А. С. Найденов, А. А. Макаренко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2008. – № 14. – С. 97-101.

22. Макаренко, А. А. Влияние системы основной обработки почвы на плотность сложения чернозема выщелоченного Центральной зоны Краснодарского края / А. А. Макаренко, Н. И.

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

21. 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.

22. Makarenko, A. A. Productivity of winter wheat depending on the system of primary tillage, application of mineral fertilizers and herbicides on leached chernozem of the Western Ciscaucasia: specialty 06.01.01 "General agriculture, plant growing": abstract of a dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Makarenko Alexander Alekseevich. of fertilizers and herbicides on leached chernozem of the Western Ciscaucasia: specialty 06.01.01 "General agriculture, plant growing": dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Makarenko Alexander Alekseevich. - Krasnodar, 2008. - 179 p.

21. Naidenov, A. S. Influence of primary tillage systems, mineral fertilizers and herbicides on the agrophysical indicators of leached chernozem and the yield of winter wheat / A. S. Naidenov, A. A. Makarenko // Transactions of the Kuban State Agrarian University. - 2008. - No. 14. - P. 97-101.

22. Makarenko, A. A. Influence of the

Бардак, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 88. – С. 89-96.

23. Тучапский, Ю. А. Влага, как фактор формирования урожая зерна озимого ячменя в Краснодарском крае / Ю. А. Тучапский, А. С. Найденов, А. А. Макаренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кошчаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 908-909.

24. Эффективность применения гербицидов в посевах кукурузы на зерно в зависимости от срока посева на черноземе выщелоченном центральной зоны Краснодарского края / Т. В. Логойда, А. А. Макаренко, А. А. Магомедтагиров [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 82. – С. 90-96.

25. Эффективность применения интенсивной и биологизированной технологии выращивания гибридов кукурузы при капельном орошении / О. В. Макуха, А. А. Макаренко, В. Н. Гладков [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2024. – № 38(201). – С. 101-116.

26. Загорулько, А. В. Формирование продуктивности кукурузы на зерно под влиянием подкормок азотными удобрениями и микроэлементами / А. В. Загорулько, А. А. Макаренко // Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий : Сборник статей по материалам III Всероссийской

primary tillage system on the bulk density of leached chernozem of the Central zone of Krasnodar Krai / A. A. Makarenko, N. I. Bardak, A. A. Magomedtagirov // Transactions of the Kuban State Agrarian University. - 2021. - No. 88. - P. 89-96.

23. Tuchapsky, Yu. A. Moisture as a factor in the formation of the winter barley grain yield in the Krasnodar Territory / Yu. A. Tuchapsky, A. S. Naidenov, A. A. Makarenko // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26-30, 2016 / Responsible for the issue. A. G. Koshchaev. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. - P. 908-909.

24. Efficiency of herbicide application in corn crops for grain depending on the sowing date on leached chernozem of the central zone of the Krasnodar Territory / TV Logoida, AA Makarenko, AA Magomedtagirov [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2020. - No. 82. - P. 90-96.

25. Efficiency of using intensive and biologized technology for growing corn hybrids with drip irrigation / OV Makukha, AA Makarenko, VN Gladkov [et al.] // News of the agricultural science of Tavrida. - 2024. - No. 38 (201). - P. 101-116.

26. Zagorulko, AV Formation of grain corn productivity under the influence of nitrogen fertilizers and microelements / AV Zagorulko, AA Makarenko // Ecology and nature management: sustainable development of rural areas: Collection of articles based on the materials of the III All-Russian scientific and practical conference,

научно-практической конференции, Краснодар, 05–09 июня 2023 года / Отв. за выпуск А.Г. Максименко. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 134-136.

27. Влияние факторов агротехники на физиолого-биохимические параметры растений озимой пшеницы, возделываемой по различным предшественникам / Ю. П. Федулов, Ю. В. Подушин, А. В. Загорулько [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 158-168.

28. Плетнев, Е. А. Влияние основной обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного и урожайность озимого ячменя / Е. А. Плетнев, Ю. А. Тучапский, А. А. Макаренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Коцаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 900-901.

29. Логойда, Т. В. Влияние основных агротехнических приемов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья : специальность 06.01.09 "Овощеводство" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Логойда Тимофей Владимирович. – Краснодар, 2000. – 163 с.

30. Сысенко, И. С. Фитосанитарное состояние посевов люцерны и ее продуктивность в зависимости от различных

Krasnodar, June 5-9, 2023 / Responsible for the issue A.G. Maksimenko. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2023. - P. 134-136.

27. The influence of agricultural technology factors on the physiological and biochemical parameters of winter wheat plants cultivated after different predecessors / Yu. P. Fedolov, Yu. V. Podushin, A. V. Zagorulko [et al.] // Transactions of the Kuban State Agrarian University. - 2018. - No. 74. - P. 158-168.

28. Pletnev, E. A. The influence of primary soil cultivation on the agrophysical properties of leached chernozem and the yield of winter barley / E. A. Pletnev, Yu. A. Tuchapsky, A. A. Makarenko // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26-30, 2016 / Responsible for the issue. A. G. Koshchaev. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. - P. 900-901.

29. Logoyda, T. V. Influence of the main agrotechnical techniques on the yield and quality of winter wheat grain on leached chernozem of the Western Ciscaucasia: specialty 06.01.09 "Vegetable growing": dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Logoyda Timofey Vladimirovich. - Krasnodar, 2000. - 163 p.

30. Sysenko, I. S. Phytosanitary condition of alfalfa crops and its productivity depending on various cultivation technologies on leached chernozem of the Western Ciscaucasia / I. S. Sysenko, S. I. Novoseletsky, T. V. Logoyda // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2018. - No. 74. - P. 150-157.

технологий выращивания на черноземе выщелоченном западного Предкавказья / И. С. Сысенко, С. И. Новоселецкий, Т. В. Логойда // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 150-157.

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

32. 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.

33. 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.

34. 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.

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

32. Vozhegova, R. A. Agrometeorological substantiation of irrigation regimes of 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.

33. 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 Horticulture. – 2011. – No. 75-1. – P. 91-101.

34. The influence of moisture supply, mineral nutrition and planting density on the seed yield of self-pollinated maize 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.

Сведения об авторах:

Бердникова Елена Геннадьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой

Information about the authors:

Berdnikova Elena Gennadyevna – candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the

географии и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Херсонский государственный педагогический университет», 275722, Херсонская область, г. Скадовск, ул. Покровская, д. 7а.

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

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

Великанова Лариса Олеговна – кандидат экономических наук, профессор, доцент кафедры информационных систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: velikanova@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Коваль Александра Викторовна – кандидат сельскохозяйственных

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.

Bardak Nikolay Ivanovich – candidate of agricultural sciences, professor, professor of the department of general and irrigated agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, Kalinina str., 13;

Terekhova Svetlana Serafimovna – Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of General and Irrigated Agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, Kalinina St., 13.

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

Koval Alexandra Viktorovna – candidate of agricultural sciences, associate professor, associate professor of the department of general and irrigated agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of

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

Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, Kalinina st., 13.

УДК: 634.86 (075.8)

**ПРОДУКЦИОННЫЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРСИКА В
УСЛОВИЯХ ЧЕРНОМОРСКОЙ
ЗОНЫ ПЛОДОВОДСТВА****Кравченко Р. В.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;**Горбунов И. В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;**Горбунов И. И.**, бакалавр, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».**PRODUCTION INDICATORS OF
PEACH IN THE CONDITIONS
OF THE BLACK SEA FRUIT
GROWING ZONE****Kravchenko R.V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, ;**Gorbunov I.V.**, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor;**Gorbunov I.I.**, Bachelor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”.

В статье приводятся данные по оценке продукционных показателей новых сортов персика. Исследования проводились в коллекционных насаждениях ФИЦ СЦ РАН (г. Сочи). Сад был заложен в 2019 году. Схема посадки 5 × 2 м. Тип ведения кроны V-образная. Изучаемые сорта: Память Симиренко, Пятница 13, Золотой юбилей. Изучаемые подвои: ВВА-1, Бест. Агротехника общепринятая для культуры персика. Почвы бурые лесные. В ходе исследования было установлено, что содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов, каротиноидов) в растениях постоянно меняется в зависимости от внешних факторов, что влияет на фотосинтез и адаптивность. Количественный анализ этих пигментов служит индикатором адаптации к условиям среды, особенно в стрессовых ситуациях. На примере персика показано, что пигменты обладают антиоксидантными свойствами и участвуют в защитных реакциях. Увеличение каротиноидов

The article presents data on the assessment of production indicators of new peach varieties. The studies were conducted in the collection plantings of the Federal Research Center of the Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Sochi). The orchard was laid out in 2019. Planting scheme 5 × 2 m. Crown management type: V-shaped. Studied varieties: Pamyat Simirenko, Pyatnitsa 13, Zolotoy Yubilei. Studied rootstocks: VVA-1, Best. Agricultural technology is generally accepted for peach culture. Brown forest soils. The study found that the content of photosynthetic pigments (chlorophylls, carotenoids) in plants constantly changes depending on external factors, which affects photosynthesis and adaptability. Quantitative analysis of these pigments serves as an indicator of adaptation to environmental conditions, especially in stressful situations. Using peach as an example, it was shown that pigments have antioxidant properties and participate in defense reactions.

при неблагоприятных условиях (до 71,7% в некоторых вариантах) демонстрирует их роль в снижении стресса и активации адаптивных механизмов, при этом содержание хлорофилла «А» может сохраняться, а хлорофилла «Б» – увеличиваться. Сорт Пятница 13 на подвое ВВА-1 показал наименьший результат из-за раннего созревания и мелких плодов. При этом сорта Память Симиренко и Пятница 13 более продуктивны на подвое Бест (на 7 и 14,5%, соответственно), чем на ВВА-1. На подвое ВВА-1 наивысшая рентабельность достигнута у сорта Память Симиренко (+6,5% к контролю). На подвое Бест сорт Память Симиренко также показал лучшую рентабельность (+25,6% к контролю). В целом, выращивание Памяти Симиренко и Пятницы 13 на подвое Бест значительно увеличивает рентабельность (на 16,5% и 43,4% соответственно). Раннее созревание сорта Пятница 13 позволяет реализовать его продукцию по более высоким ценам. У комбинации из сорта персика Пятница 13 и подвоя Бест был отмечен рост всех фотосинтетических пигментов в стрессовый период, а у сорта Память Симиренко, привитого на подвое Бест наблюдался повышенный уровень каротиноидов относительно других, при этом содержание хлорофиллов «А» и «Б» не снижалось. Привойно-подвойная комбинация Пятница 13 (ВВА-1) показала себя самой слаборослой по сравнению с другими изучаемыми вариантами. Наибольшая продуктивность была отмечена у комбинации Память Симиренко (Бест).

An increase in carotenoids under unfavorable conditions (up to 71.7% in some variants) demonstrates their role in reducing stress and activating adaptive mechanisms, while the content of chlorophyll A can be maintained and chlorophyll B can increase. The Friday 13 variety on the VVA-1 rootstock showed the lowest result due to early ripening and small fruits. At the same time, the Pamyat Simirenko and Friday 13 varieties are more productive on the Best rootstock (by 7 and 14.5%, respectively) than on VVA-1. On the VVA-1 rootstock, the highest profitability was achieved by the Pamyat Simirenko variety (+6.5% to the control). On the Best rootstock, the Pamyat Simirenko variety also showed the best profitability (+25.6% to the control). In general, growing Pamyat Simirenko and Friday 13 on the Best rootstock significantly increases profitability (by 16.5% and 43.4%, respectively). Early ripening of the Friday 13 variety allows its products to be sold at higher prices. The combination of the Friday 13 peach variety and the Best rootstock showed an increase in all photosynthetic pigments during the stress period, and the Pamyat Simirenko variety grafted onto the Best rootstock showed an increased level of carotenoids relative to others, while the content of chlorophylls "A" and "B" did not decrease. The scion-rootstock combination Friday 13 (VVA-1) showed itself to be the weakest in comparison with other studied variants. The highest productivity was noted in the Pamyat Simirenko (Best) combination.

Ключевые слова: персик, сорт, подвой, фотосинтетические пигменты, адаптивность, продуктивность. *Key words:* peach, variety, rootstock, photosynthetic pigments, adaptability, productivity.

Введение. Плодовые культуры, среди которых лидирует персик, занимают большую территорию выращивания во многих странах мира. Они пользуются большой популярностью потребления в России и выращиваются в регионах с благоприятным для этого климатом, особенно в Краснодарском крае и Республике Крым. В целом производство плодовых культур в России демонстрирует положительную динамику, хотя в последние годы наблюдается некоторое снижение объемов. Для улучшения позиций плодовых культур предпринимаются меры по внедрению новых технологий выращивания, созданию современных садов интенсивного типа и использованию высокоурожайных сортов, устойчивых к болезням и вредителям [2-4].

Персик обладает скороплодностью и экономической выгодой, но требователен к климатическим условиям. Например, какие климатические условия для культуры персика могли бы быть лучше, чем условий влажных субтропиков России, но тем не менее садоводы, выращивающие персик в данной зоне сталкиваются со следующими проблемами: неравномерность выпадения осадков, высокой температурой воздуха в период вегетации, повышенная влажность воздуха, летняя засуха и др. Такие стрессовые для растений факторы ухудшают адаптивность персика, снижая урожай и его качество. Для того чтобы нивелировать лимитирующие факторы необходимо проводить диагностику показателей устойчивости и оценивать физиологические показатели, благодаря чему создаётся возможность подбора наиболее устойчивых сорто-подвойных комбинаций персика. [5, 7].

В то же время растет спрос на фрукты в России, что отражается в увеличении потребления свежей продукции в сравнении с предыдущими годами. Это создает благоприятные условия для развития персиководства и других отраслей плодоводства. Ежегодное повышение спроса на плоды персика заставляет садоводов расширять площади выращивания, внедрять современные инновационные системы ведения садов, использование новых сортов и подвоев, и подстраиваться под погодные условия. Культура персика, благодаря своей гибкости требований к условиям произрастания, успешно адаптировалась к различным климатическим условиям. Она получила широкое распространение и популярность в мире, что делает ее одним из самых распространенных фруктовых культур. Следует отметить, что существуют регионы, где выращивание персиков может быть затруднено из-за низких зимних температур и возвратных весенних заморозков. [1, 6].

Материалы и методы исследований. Целью исследований было установить производственные показатели персика в условиях Черноморской зоны плодоводства.

Влажные субтропики России, где проводились наши исследования (ФИЦ СНГ

РАН, г. Сочи, 2023-24 гг.), представляют собой узкую полосу от Абхазии до реки Шеспи, которая находится между Кавказским хребтом и Чёрным морем. Их общая протяжённость превышает 150 км, а ширина варьируется. Эта зона отличается уникальными почвенно-климатическими условиями, что делает ее привлекательной для развития плодового хозяйства. Обеспеченность теплом прибрежной зоны составляет 3500 – 4100°C за вегетационный период растений (сумма t° воздуха свыше +10°C). Существует избыточная влагообеспеченность из-за больших сумм годовых осадков и высоких летних температур (гидротермический коэффициент 1,9...2,1).

Сад был заложен в 2019 году. Схема посадки 5 × 2 м. Тип ведения кроны V-образная. Изучаемые сорта: Память Симиренко и Пятница 13. Контроль – сорт Золотой юбилей. Сорта ранне-среднего, среднего, средне-позднего сроков созревания, столового и универсального назначения. Сорта районированные, привитые на районированные подвои ВВА-1 и Бест. Клоновый подвой ВВА-1 был выведен на Крымской ОСС. Гибрид, полученный путём скрещивания войлочной микро-вишни *Microcerarus tomentosa* Thunb Erm et Yushev с алычй *P. Cerasifera* Ehrh. Авторами подвоя являются Ерёмин Г.В.; Гавриш В.Ф.; Кириченко Ф.П.; Мирская В.Ф. Клоновый подвой Бест гибрид микро-вишни низкой и алычи *M. besseyi* × *P. Cerasifera*. Авторами являются Гавриш В.Ф.; Ерёмин Г.В.; Ерёмнин В.Г. Почвы бурые лесные. Агротехника общепринятая для культуры персика.

Результаты исследований. Содержание фотосинтетических пигментов в растениях постоянно изменяется под воздействием различных факторов и внешних воздействий. Количественный анализ хлорофиллов и каротиноидов (рисунки 1-4) является методом определения адаптивности растений к факторам среды в местности произрастания. Активность фотосинтеза определяется уровнем пигментов в листьях. При наступлении неблагоприятных условий среды происходят количественные изменения содержания фотосинтетических пигментов, соответственно изменения происходят и в активности фотосинтеза. Исследование пигментов листьев персика играет важную роль в определении адаптивности, так как пигментный аппарат и его составляющие обладают антиоксидантными свойствами и участвуют в физиологических и биохимических процессах, которые в свою очередь участвуют в защитных реакциях растений. Например, если при исследовании каротиноидов в динамике мы заметим усиленное накопление каротиноидов в неблагоприятных условиях, то мы можем говорить, что повышенное содержание каротиноидов необходимо растению для снижения общего стресса и стимулирования адаптивных механизмов.

На основе данных рисунков мы наблюдаем, что нарастающие неблагоприятные факторы среды влияют на содержание пигментов фотосинтетического аппарата листьев персика. Содержание хлорофилла «А» у вариантов Память Симиренко (ВВА-1), Пятница 13 (ВВА-1), Золотой юбилей (Бест) снизилось на 0,041 мг/г, 0,041 мг/г, 0,013 мг/г, соответственно, при этом наблюдалось повышенное содержание каротиноидов у варианта Память Симиренко (ВВА-1), Память Симиренко (Бест) относительно других сортов.

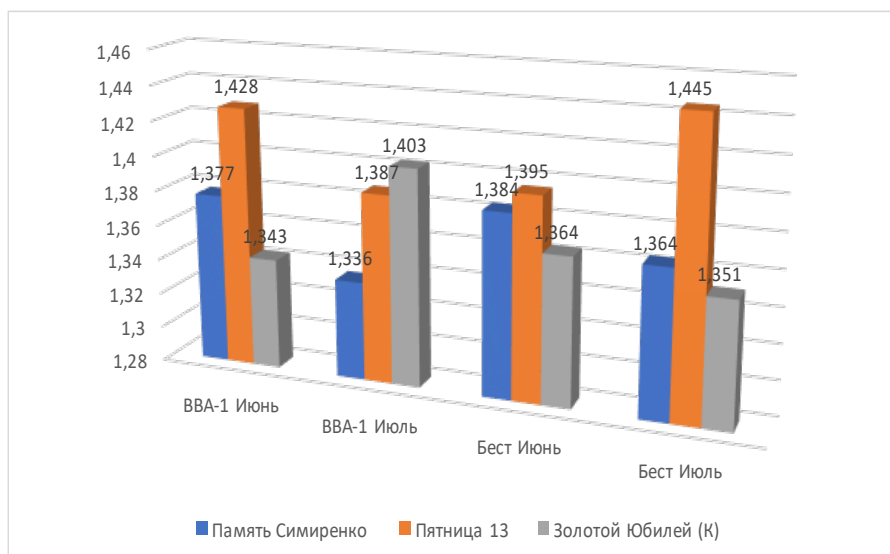


Рисунок 1. Количественные показатели содержания хлорофилла «А» в листьях персика на подвоях ВВА-1, Бест, мг/г

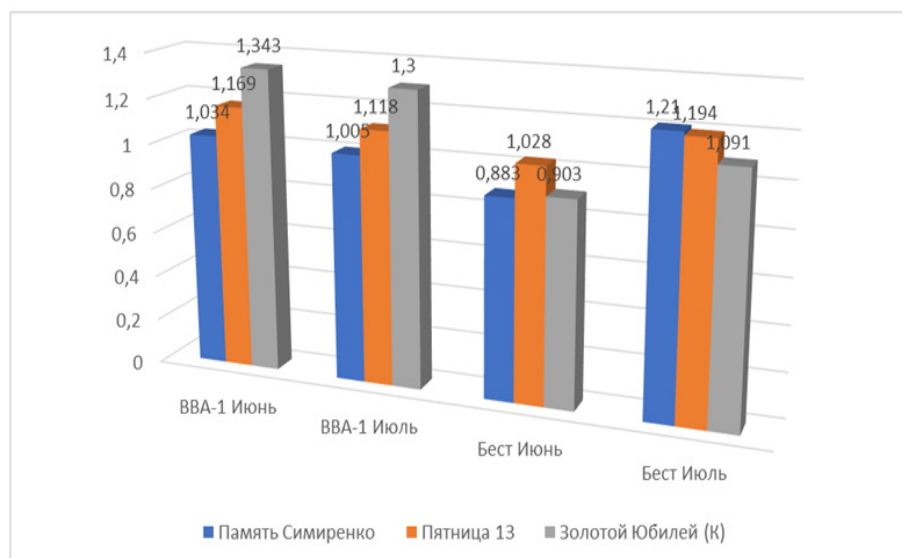


Рисунок 2. Количественные показатели содержания хлорофилла «Б» в листьях персика на подвоях ВВА-1, Бест, мг/г

Уровень каротиноидов у данных вариантов был выше относительно других вариантов, на 29 – 71,7% (на 50,6% больше, чем в контрольном варианте) на подвое ВВА-1, 11,9 – 41% (на 41% больше, чем в контрольном варианте) на подвое Бест соответственно, при этом содержание хлорофилла «А» на варианте Память Симиренко (Бест) не уменьшался. Стоит отметить, что у привойно-подвойной комбинации Пятница 13 (Бест) уровень каротиноидов в ди-

намике увеличился на 7,4%, а у вариантов Золотой юбилей (ВВА-1), Золотой юбилей (Бест) наблюдалось увеличение в динамике содержания хлорофилла Б на 28,3 и 20,8%, соответственно.

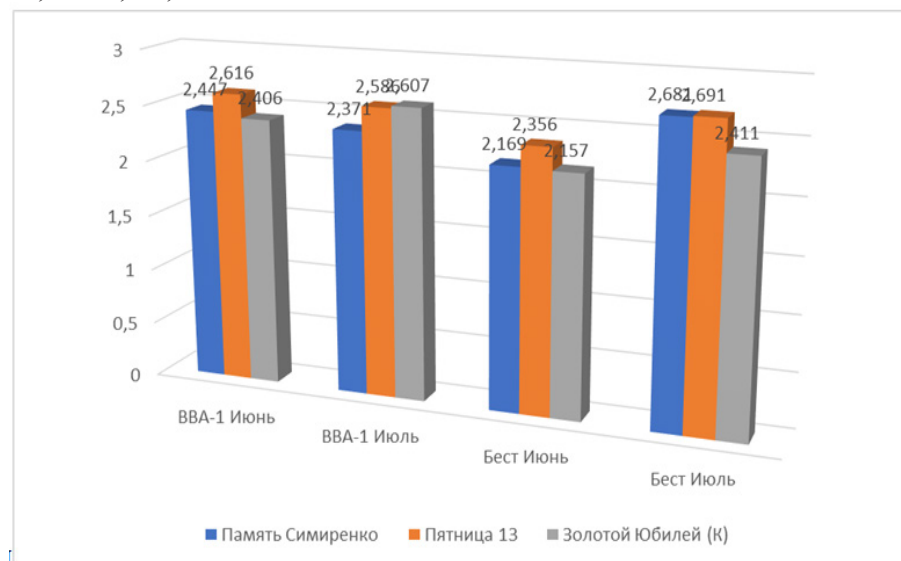


Рисунок 3. Количественные показатели содержания хлорофилла «А» + «Б» в листьях персика на подвоях ВВА-1, Бест, мг/г

На варианте Пятница 13(Бест) наблюдалось повышение уровня всех пигментов: хлорофилла «А» на 3,6%, хлорофилла «Б» на 16,1%, каротиноидов на 7,42%. Наибольшее содержание хлорофилла «А» было отмечено у варианта Пятница 13 (Бест) (на 7% больше, чем в контроле).

Наибольшее содержание хлорофилла «Б» было отмечено в контрольном варианте Золотой Юбилей (ВВА-1). Наибольшее содержание каротиноидов было отмечено у варианта Память Симиренко (ВВА-1) (на 71,7 % больше, чем в контроле) и на варианте Память Симиренко (Бест) (на 41% больше, чем в контроле). Данный критерий используют для оценки адаптивности сортов в период стресса к гидротермическим нарушениям.

Повышенный уровень каротиноидов показал адаптационный потенциал привойно-подвойных комбинаций к стрессовым факторам.

При изучении продуктивности привойно-подвойных комбинаций мы можем узнать о значимости использования различных подвоев и выбора лучших сортов.

С целью повышения урожая персика можно использовать два подхода: закладывать сады с наиболее продуктивными привойно-подвойными комбинациями персика или закладывать сады с уплотнённой схемой посадки, используя слаборослые комбинации сортов и подвоев.

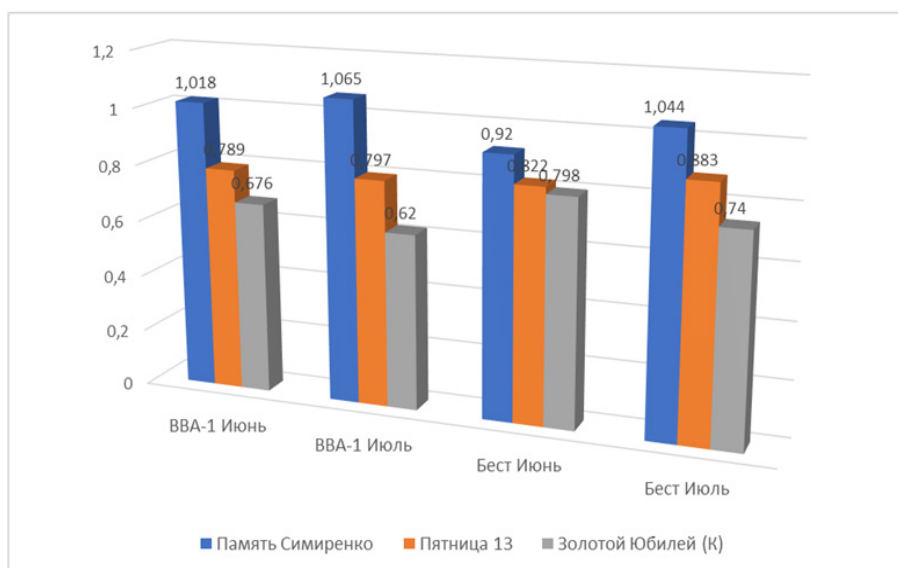


Рисунок 4. Количественные показатели содержания каротиноидов в листьях персика на подвоях ВВА-1, Бест, мг/г

При анализе результатов исследования было выявлено, что наибольшая продуктивность наблюдается у комбинаций Память Симиренко (Бест) на 9,5 % больше, чем у контрольной комбинации (таблица 1).

Таблица 1. Продуктивность деревьев персика

Вариант	Урожай, кг/дер.	Урожайность, ц/га.
Золотой юбилей (ВВА-1) (к)	12,95	129,5
Память Симиренко (ВВА-1)	9,67	96,7
Пятница 13 (ВВА-1)	12,63	126,3
Золотой юбилей (Бест) (к)	13,75	137,5
Память Симиренко (Бест)	11,07	110,7
Пятница 13 (Бест)	12,56	125,6
НСР ₀₅	0,6	6,3

Наименьший результат был выявлен на варианте Пятница 13 (ВВА-1), это можно связать с тем, что сорт Пятница 13 начинает созревать раньше других вариантов и обладает менее крупными плодами по сравнению с другими сортами. При более детальном изучении данных (таблица 6), можно сказать, что сорта Память Симиренко, Пятница 13, выращиваемые на подвое Бест более продуктивны, чем на подвое ВВА-1, на 7 и 14,5%, соответственно. Разница в урожае у контрольных вариантов незначительна.

Главный критерий, по которому определяется эффективность возделывания любой культуры это уровень рентабельности. При расчёте рентабельности используются показатели урожайности и прибыли с 1 га. площади насаждений, производственных затрат и стоимости реализации продукции.

При использовании подвоя ВВА-1 наивысший уровень рентабельности был

получен у сорта Память Симиренко, на 6,5% больше, чем в контрольном варианте.

При использовании подвоя Бест наивысший уровень рентабельности был получен у сорта Память Симиренко, на 25,6% выше, чем в контрольном варианте.

При более детальном изучении вопроса можно сказать, что выращивание сортов Память Симиренко, Пятница 13 на подвое Бест увеличивает рентабельность на 16,5 и 43,4%, соответственно, в контрольном варианте разница в уровне рентабельности незначительна. Стоит отметить, что сорт Пятница 13 созревает раньше других изучаемых сортов, в связи с этим мы получаем возможность реализации продукции по более высоким ценам.

Выводы. Содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов, каротиноидов) в растениях постоянно меняется в зависимости от внешних факторов, что влияет на фотосинтез и адаптивность. Количественный анализ этих пигментов служит индикатором адаптации к условиям среды, особенно в стрессовых ситуациях. На примере персика показано, что пигменты обладают антиоксидантными свойствами и участвуют в защитных реакциях. Увеличение каротиноидов при неблагоприятных условиях (до 71,7% в некоторых вариантах) демонстрирует их роль в снижении стресса и активации адаптивных механизмов, при этом содержание хлорофилла «А» может сохраняться, а хлорофилла «Б» – увеличиваться. Сорт Пятница 13 на подвое ВВА-1 показал наименьший результат из-за раннего созревания и мелких плодов. При этом сорта Память Симиренко и Пятница 13 более продуктивны на подвое Бест (на 7 и 14,5%, соответственно), чем на ВВА-1. На подвое ВВА-1 наивысшая рентабельность достигнута у сорта Память Симиренко (+6,5% к контролю). На подвое Бест сорт Память Симиренко также показал лучшую рентабельность (+25,6% к контролю). В целом, выращивание Памяти Симиренко и Пятницы 13 на подвое Бест значительно увеличивает рентабельность (на 16,5% и 43,4% соответственно). Раннее созревание сорта Пятница 13 позволяет реализовать его продукцию по более высоким ценам. По результатам анализа на фотосинтетические пигменты листового аппарата, можно сказать, что на фоне воздействия внешних стрессовых факторов у варианта Пятница 13 (Бест) был отмечен рост количественных показателей пигментов, у варианта Память Симиренко (Бест) отмечен повышенный уровень каротиноидов относительно других, при этом содержание хлорофиллов «А» и «Б» не снижалось, что говорит нам о его адаптивном потенциале. При исследовании продуктивности деревьев было выявлено, что наибольшей продуктивностью обладает комбинация Память Симиренко (Бест). Также, стоит отметить, что сорта проявляют себя более продуктивно на подвое Бест, чем на подвое ВВА-1. При изучении эффективности производства наибольшая рентабельность была отмечена у комбинации Память Симиренко/Бест.

Список использованных источников

1. Вербенко, П. С. Оценка адаптивных качеств персика в услови-

References

1. Verbenko, P. S. Ocenka adaptivnyh kachestv persika v usloviyah

ях Крыма / П. С. Вербенко, И. В. Горбунов // В сб.: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сб. ст. по мат. 77-й научно-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2021 год: в 3-х частях. – Краснодар, 2022. – С. 492-494.

2. Горбунов, И. В. Перспективные конструкции яблоневого насаждения для ландшафтного садоводства Прикубанской и Черноморской зон : дисс. ... канд. с.-х. наук, 06.01.07 / И. В. Горбунов. – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2000. – 163 с.

3. Горбунов, И. В. Влияние формирования кроны на агробиологические показатели яблони в условиях Предгорной зоны садоводства Краснодарского края/ И. В. Горбунов, Р. В. Кравченко, Н. Е. Тымчик // Труды КубГАУ, 2019. – № 77. – С.69-73. – DOI 10.21515/1999-1703-77-69-73. – EDN GMXVXW.

4. Горбунов, И. В. Продуктивность яблони в зависимости от формирования кроны в условиях Предгорной зоны садоводства Краснодарского края/ И. В. Горбунов, Р. В. Кравченко, Н. Е. Тымчик // Научный журнал КубГАУ, 2020. – № 156. – С.17-25. – DOI 10.21515/1990-4665-156-002. – EDN UPRKPO.

5. Горбунов, И. В. Особенности роста и плодоношения интродуцированных сортов персика в условиях Черноморской зоны садоводства Краснодарского края / И. В. Горбунов, И. И. Горбунов // В сб.: Приоритетные научные исследования в области производства и переработки плодово-овощного сырья и винограда. Сб. науч. тр. Междунар. научно-практической

Крыма / P. S. Verbenko, I. V. Gorbunov // V sb.: Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. Sb. st. po mat. 77-j nauchno-prakt. konf. studentov po itogam NIR za 2021 god: v 3-h chastyah. – Krasnodar, 2022. – S. 492-494.

2. Gorbunov, I. V. Perspektivnye konstrukcii yablonevyh nasazhdenij dlya landshaftnogo sadovodstva Prikubanskoj i Chernomorskoj zon : diss. ... kand. s.-h. nauk, 06.01.07 / I. V. Gorbunov. – Krasnodar: Izd-vo KubGAU, 2000. – 163 s.

3. Gorbunov, I. V. Vliyanie formirovki krony na agrobiologicheskie pokazateli yabloni v usloviyah Predgornoj zony sadovodstva Krasnodarskogo kraja/ I. V. Gorbunov, R. V. Kravchenko, N. E. Tymchik // Trudy KubGAU, 2019. – № 77. – С.69-73. – DOI 10.21515/1999-1703-77-69-73. – EDN GMXVXW.

4. Gorbunov, I. V. Produktivnost' yabloni v zavisimosti ot formirovki krony v usloviyah Predgornoj zony sadovodstva Krasnodarskogo kraja/ I. V. Gorbunov, R. V. Kravchenko, N. E. Tymchik // Nauchnyj zhurnal KubGAU, 2020. – № 156. – С.17-25. – DOI 10.21515/1990-4665-156-002. – EDN UPRKPO.

5. Gorbunov, I. V. Osobennosti rosta i plodonosheniya introducirovannyh sortov persika v usloviyah Chernomorskoj zony sadovodstva Krasnodarskogo kraja / I. V. Gorbunov, I. I. Gorbunov // V sb.: Prioritetnye nauchnye issledovaniya v oblasti proizvodstva i pererabotki plodoovoshchnogo syr'ya i vinograda. Sb. nauch. tr. Mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konf. – Mahachkala, 2023.

конф. – Махачкала, 2023. С. 130-136.

6. Краморова, О. Е. Результаты оценки различных сорто-подвойных комбинаций персика в условиях Черноморской зоны садоводства / О. Е. Краморова, И. В. Горбунов // В сб.: Виртуозы науки. Сб. тезисов Междунар. научно-практ. конф. студентов и молодых учёных за 2023 г. – Краснодар, 2024. — С. 170-171.

7. Магденко, А. И. Изучение особенностей роста и плодоношения персика в условиях Черноморской зоны / А. И. Магденко, И. В. Горбунов // В сб.: Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ. Сб. ст. по мат. научно-исслед. работ: в 4 томах. Составитель А. Я. Барчукова, Я. К. Тосунов; под редакцией А. И. Трубилина, ответственный редактор А. Г. Кошчаев. – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2017. – С. 239-245.

S. 130-136.

6. Kramorova, O. E. Rezul'taty ocenki razlichnyh sorto-podvojnyh kombinacij persika v usloviyah Chernomorskoj zony sadovodstva / O. E. Kramorova, I. V. Gorbunov // V sb.: Virtuozy nauki. Sb. tezisov Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. studentov i molodyh uchyonyh za 2023 g. – Krasnodar, 2024. — S. 170-171.

7. Magdenko, A. I. Izuchenie osobennostej rosta i plodonosheniya persika v usloviyah Chernomorskoj zony / A. I. Magdenko, I. V. Gorbunov // V sb.: Vestnik nauchno-tehnicheskogo tvorchestva molodezhi Kubanskogo GAU. Sb. st. po mat. nauchno-issled. rabot: v 4 tomah. Sostavitel' A. Ya. Barchukova, Ya. K. Tosunov; pod redakciej A. I. Trubilina, otvetstvennyj redaktor A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Izd-vo KubGAU, 2017. – S. 239-245.

Сведения об авторах:

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

Горбунов Игорь Валерьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодородия ФГБОУ ВО «КубГАУ имени И.Т. Трубилина», e-mail: vectra-801@mail.ru, 350044, г. Краснодар, ул.Калинина, 13, ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И.Т. Трубилина».

Горбунов Илья Игоревич – бака-

Information about authors:

Kravchenko Roman Viktorovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the General and Irrigated Agriculture Department of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “KubanSAU named after I.T. Trubilin”, e-mail: kravchenko.r@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, Kalinina St., 13, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “KubanSAU named after I.T. Trubilin”.

Gorbunov Igor Valerievich – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Fruit Growing Department of the Federal State

лавр ФГБОУ ВО «КубГАУ имени И.Т. Трубилина», e-mail: vectra-801@mail.ru, 350044, г.Краснодар, ул.Калинина, 13, ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И.Т. Трубилина».

Budgetary Educational Institution of Higher Education "KubanSAU named after I.T. Trubilin", e-mail: vectra-801@mail.ru, 350044, Krasnodar, Kalinina St., 13, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "KubanSAU named after I.T. Trubilin".

Gorbunov Ilya Igorevich – Bachelor of FSBEI HE "KubSAU named after I.T. Trubilin", e-mail: vectra-801@mail.ru, 350044, Krasnodar, Kalinin St., 13, FSBEI HE "KubGAU named after. I.T. Trubilin."

УДК 631.15:634.1:004.8

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ И
ЦИФРОВЫЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ
КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
ПИТОМНИКОВ
В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ
ТРАНСФОРМАЦИИ**

**BIOLOGICAL AND
DIGITAL DETERMINANTS
OF NURSERY PRODUCT
QUALITY IN THE
CONDITIONS OF DIGITAL
TRANSFORMATION**

Караев А.И., доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой «Технические системы в АПК»;

Толстолик Л.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Растениеводство им. проф. В.В. Калитки», директор НИИ растениеводства ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет»

Karajev A.I., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of "Technical Systems in the Agro-Industrial Complex"

Tolstolik L.N., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Associate Professor of the Department of «Plant Production named after Professor V.V. Kalitka», Director of the Research Institute FSBEI of Higher Education «Melitopol State University»

Актуальность исследований заключается в повышении эффективности и возможности прогнозирования нормативно-технических показателей продукции, питомниководства, что является ключевой задачей в условиях импортозамещения и цифровизации АПК. Существующие системы контроля качества часто не учитывают фундаментальные биологические процессы развития растений, что снижает их эффективность. Целью работы была разработка и апробация концептуальной модели управления качеством продукции питомников, основанной на контроле этапов онтогенеза и циклов органогенеза растений, и оценка перспектив ее интеграции с цифровыми платформами. В исследовании применялись методы: системного подхода,

The relevance of the research lies in improving the efficiency and possibility of predicting regulatory and technical indicators of nursery products, which is a key task in the context of import substitution and digitalization of the agro-industrial complex. Existing quality control systems often fail to take into account fundamental biological processes of plant development, which reduces their effectiveness. The aim of the work was to develop and test a conceptual model for managing the quality of nursery products based on the control of ontogenesis stages and plant organogenesis cycles, and to assess the prospects for its integration with digital platforms. The study employed the following methods: systems approach, content analysis (97 scientific publications and industry reports), expert

контент-анализ (97 научных публикаций и отраслевых отчетов), экспертных оценок (использовался для верификации модели), статистические методы анализа данных. Оценка стабильности технологических процессов проводилась согласно принципам ГОСТ Р, ISO 9001. По результатам исследований установлены критические корреляционные связи между периодами онтогенеза, типами циклов органогенеза (завершенный, незавершенный, прерванный) и производственными функциями структурных единиц питомника (маточно-семенной сад, маточные насаждения, школа сеянцев, школа саженцев). Разработан алгоритм оценки стабильности технологического процесса на основе статистического контроля выборочных параметров. Апробация алгоритма на примере школы саженцев черешни выявила отклонение длины привоя от нормативных значений на 13 % (среднее значение 48,19 см при норме 55-65 см), что потребовало корректировки агротехнических мероприятий. Установлено, что качество продукции питомника детерминировано соответствием периода онтогенеза растений их производственному назначению, а ключевым параметром является соотношение побегов с разными типами циклов органогенеза. Доказано, что оптимизация технологических схем на основе предложенной модели позволяет повысить выход стандартного посадочного материала на 25-40 %, а перспективным направлением ее применения является разработка программных решений на основе IoT и AI для пре-

evaluations (used for model verification), statistical data analysis methods. The assessment of technological process stability was conducted according to the principles of GOST R, ISO 9001. The research results revealed critical correlation links between ontogenesis periods, types of organogenesis cycles (completed, incomplete, interrupted), and production functions of nursery structural units (mother-seed orchard, mother plantations, seedling school, sapling school). A technological process stability assessment algorithm was developed based on statistical control of sample parameters. Testing the algorithm using the cherry sapling school example revealed a 13 % deviation of scion length from standard values (average value of 48.19 cm, with the norm being 55-65 cm), which required adjustment of agrotechnical measures. It was established that nursery product quality is determined by the correspondence of the plant ontogenesis period to their production purpose. The key parameter was identified as the ratio of shoots with different types of organogenesis cycles. It was proven that optimizing technological schemes based on the proposed model can increase the yield of standard planting material by 25-40 %. A promising direction for applying the model is the development of software solutions based on IoT and AI for predictive monitoring of organogenesis stages in real-time and integration of the model into precision farming systems and digital twins of agricultural enterprises.

диктивного мониторинга стадий органогенеза в реальном времени и интеграции модели в системы точного земледелия и «цифровых двойников» агропредприятий.

Ключевые слова: питомниководство, качество продукции, онтогенез, органогенез, цифровая трансформация, устойчивое agriculture, прецизионное земледелие, статистический контроль процесса, *Prunus avium* L., цифровой двойник.

Keywords: nursery production, product quality, ontogenesis, organogenesis, digital transformation, sustainable agriculture, precision farming, process statistical control, *Prunus avium* L., digital twin.

Введение. Эффективность современного агропромышленного комплекса напрямую зависит от темпов внедрения научно обоснованных и технологичных решений, адаптированных к цифровой экономике [1, 2]. В данной модели питомниководство, являющееся стратегическим сегментом и основой конкурентоспособного садоводства, сталкивается с системной проблемой управления качеством посадочного материала, который определяет продуктивность сада на многолетнюю перспективу [3]. Традиционные системы контроля качества, регламентированные действующими ГОСТ Р 59653-2021 «Материал посадочный плодовых и ягодных культур. Технические условия» и ГОСТ 34231-2017. Межгосударственный стандарт. «Материал посадочный плодовых и ягодных культур. Термины и определения» зачастую ограничиваются оценкой внешних морфометрических параметров (высота саженца, диаметр штамба, развитие корневой системы) без учета внутренних физиолого-биохимических процессов растений, формирующих их посадочную и продуктивную ценность [4].

Качество растения как биологического объекта и единицы продукции конечным образом формируется двумя фундаментальными процессами: онтогенезом (индивидуальное развитие растения от зиготы до естественной смерти) и органогенезом (закладка, развитие и формирование органов) [5–7]. Работы отечественных ученых [8–10] заложили теоретическую основу понимания феноменологии этих процессов у плодовых культур. Однако их прямая корреляция с производственными функциями конкретных технологических структур питомника (маточно-семенной сад, школа сеянцев и др.) и практическое применение для оперативного управления качеством в условиях конкретного хозяйства остаются недостаточно изученными и систематизированными.

В контексте Четвертой промышленной революции (Industry 4.0) и ее агроэкспорта – Agriculture 4.0 [11], актуальность приобретает интеграция биологических моделей развития растений с цифровыми платформами и системами поддержки принятия решений DSS [12]. Современные технологии, такие как интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), машинное обучение

(ML) и большие данные (Big Data), создают технологический базис для перехода от реактивного к предиктивному управлению [13]. Они позволяют в режиме, близком к реальному времени, прогнозировать этапы развития растений на основе анализа больших массивов гетерогенных данных (спутниковые снимки, данные сенсоров, метеоданные) и оптимизировать агротехнические мероприятия [14, 15]. Мировым трендом является разработка и внедрение концепции «цифровых двойников» агроэкосистем и технологических процессов, которые представляют собой виртуальные динамические копии физических объектов, позволяющие моделировать сценарии и оптимизировать управление реальной ситуацией [16].

Таким образом, возникает научно-практическая проблема, заключающаяся в отсутствии комплексной модели управления качеством продукции питомников, которая бы интегрировала фундаментальные биологические закономерности онтогенеза и органогенеза с методами статистического контроля и потенциалом цифровых технологий для предиктивной аналитики.

Цель исследований – разработать и апробировать концептуальную модель управления качеством продукции питомников, основанную на контроле этапов онтогенеза и циклов органогенеза, и оценить перспективы ее реализации в контексте цифровой трансформации агропромышленного комплекса.

Задачи исследований: 1. Выявить корреляционные связи между периодами онтогенеза, типами циклов органогенеза и производственными функциями структурных подразделений питомника на основе системного анализа и контент-анализа научной литературы и нормативной базы.

2. Разработать концептуальную модель и алгоритм статистической оценки стабильности технологического процесса производства посадочного материала на основе контроля биологически значимых параметров.

3. Апробировать предложенный алгоритм в условиях конкретного питомниководческого хозяйства для верификации его практической эффективности.

4. Провести оценку перспектив интеграции разработанной модели с цифровыми платформами (IoT, AI, Digital Twins) для создания систем предиктивного управления.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в период с 2004 по 2025 гг. на базе НИИ орошаемого садоводства имени М.Ф. Сидоренко (с 2012 года – Мелитопольской опытной станции садоводства), ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет» и сети партнерских садоводческих хозяйств, расположенных в Запорожской области, специализирующиеся на производстве посадочного материала косточковых культур, в частности черешни (*Prunus avium* L.) сортов Валерий Чкалов и Крупноплодная.

Методологическую основу исследования составил системный подход, рассматривающий питомник как сложную биотехнологическую систему, где качество выходной продукции (саженца) определяется состоянием внутренних биологических процессов и параметрами управляющих воздействий. Для ре-

шения поставленных задач был применен комплекс взаимодополняющих методов, а именно:

– *контент-анализ и библиометрический анализ*. Целью анализа было выявление существующих моделей управления качеством, установление стандартизированных параметров оценки и формирование исчерпывающей теоретической базы, касающейся онтогенеза и органогенеза плодовых культур. Был проведен анализ 97 источников, включая научные публикации в рецензируемых отечественных и зарубежных журналах (Scopus, Web of Science, RSCI, РИНЦ), отраслевые отчеты и нормативно-техническую документацию (ГОСТ Р 59653-2021, ГОСТ 34231-2017, ISO 9001);

– *метод экспертных оценок*. Для верификации разрабатываемой концептуальной модели и оценки практической значимости выявленных корреляций была сформирована многоступенчатая выборка из 26 экспертов. В группу вошли руководители и ведущие агрономы плодородческих хозяйств ($n = 11$) и представители научно-исследовательских учреждений агротехнологического профиля ($n = 15$). Сбор мнений осуществлялся методом анкетирования по специально разработанной форме, включающей вопросы о взаимосвязи фенологических фаз и технологических операций. Согласованность мнений экспертной группы подтверждена расчетом коэффициента конкордации Кендалла ($W = 0,78$), что свидетельствует о высокой степени согласия и достоверности полученных результатов;

– *статистические методы управления качеством и вариационной статистики*. Для оценки стабильности технологических процессов производства посадочного материала применялись методы статистического приемочного контроля в соответствии с принципами, изложенными в [17]. Для количественных параметров качества (длина привоя, диаметр штамба) в выборке объемом M рассчитывались:

- выборочное среднее арифметическое значение контролируемого k -го параметра:

$$\overline{x^{(k)}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_i^{(k)}, \quad (1)$$

где $x_i^{(k)}$ – значение контролируемого k -го параметра для i -й единицы продукции выборки.

- выборочное среднее квадратичное отклонение контролируемого k -го параметра:

$$s^{(k)} = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M \left(x_i^{(k)} - \overline{x^{(k)}} \right)^2}. \quad (2)$$

Стабильность технологического процесса определялась путем нахождения доверительного интервала (ДИ) для генерального среднего:

$$\begin{aligned}
 x_{\min,d}^{(k)} &= \overline{x^{(k)}} - \frac{t_M}{\sqrt{M}} s^{(k)} - 3 s^{(k)} z_M \\
 x_{\max,d}^{(k)} &= \overline{x^{(k)}} + \frac{t_M}{\sqrt{M}} s^{(k)} + 3 s^{(k)} z_M \leq x_{\max}^{(k)},
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

где t_M – коэффициент распределения среднего арифметического отклонения контролируемого параметра;

z_M – коэффициент распределения среднего квадратичного отклонения контролируемого параметра;

$x_{\min,d(k)}$ – нижняя граница ДИ контролируемого k-го параметра;

$x_{\max,d(k)}$ – верхняя граница ДИ контролируемого k-го параметра,

с последующим сравнением их значений с min и max нормативными значениями контролируемого параметра:

$$\begin{aligned}
 x_{\max,d}^{(k)} &\leq x_{\max}^{(k)} \\
 x_{\min,d}^{(k)} &\geq x_{\min}^{(k)}.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Если ДИ значений контролируемых параметров находятся в соответствующих интервалах нормативных значений (условия (4) выполнены), процесс считается стабильным;

– *полевые и лабораторные методы*. В ходе апробации проводились прямые измерения морфометрических показателей саженцев во втором поле питомника (общая высота растения, длина привойного побега – окулянта, диаметр штамба) с помощью стандартного измерительного инструмента (линейка, штангенциркуль). Результаты фенологических наблюдений фиксировались визуально и документировались по общепринятым методикам. Периоды онтогенеза обозначались по классификации, предложенной П.Г. Шиттом, этапы органогенеза – в соответствии с методикой В.Л. Витковского [5].

Первичная апробация модели и алгоритма была проведена в почвенно-климатических условиях северо-западного Приазовья. Для экстраполяции результатов на иные почвенно-климатические зоны (например, зоны рискованного земледелия) требуются дополнительные исследования и возможная коррекция нормативных значений и коэффициентов модели.

Результаты и их обсуждение.

1. Разработка концептуальной модели управления качеством

Системный анализ научной литературы, нормативной базы и данных экспертных оценок выявил пробел в управлении качеством продукции питомников. Было установлено, что традиционный подход, ориентированный преимущественно на конечные морфометрические показатели, не учитывает фундаментальные биологические процессы, определяющие онтогенетическое состояние растения и, следовательно, его производственный потенциал. В качестве гипотезы было выдвинуто предположение, что максимальная эффек-

тивность структурного подразделения питомника достигается не при простом достижении растений нормативных размеров, а при их поддержании в строго определенном периоде онтогенеза, наиболее соответствующем производственной функции данного подразделения.

Для проверки данной гипотезы был проведен контент-анализ и синтез данных по физиологии развития плодовых культур. В результате была установлена система корреляционных связей между этапами органогенеза, формирующими морфофизиологический статус растения, и его способностью выполнять то или иное технологически обусловленное предназначение, проявляющееся в активном вегетативном развитии или образовании репродуктивных органов.

На основе выявленных закономерностей была разработана концептуальная модель. Ее центральным положением является утверждение, что структурная единица питомника (маточно-семенной сад, школа саженцев и т.д.) выполняет свою производственную функцию с максимальной эффективностью тогда, когда растения в ней поддерживаются в целевом периоде онтогенеза. Критерием оптимальности служит заданное соотношение побегов с разными типами циклов органогенеза: завершенным, незавершенным и прерванным (рисунок 1).

Для целей управления классификация циклов органогенеза была детализирована:

- незавершенный цикл: развитие побега ограничивается II периодом органогенеза, заключающимся в формирование вегетативных органов (листьев, почек). Характерен для ювенильных растений и вегетативно размножаемых подвоев;

- завершенный цикл: побег последовательно проходит все XII периодов органогенеза с конечным образованием генеративных органов (цветков, плодов, семян). Является целевым для маточно-семенных садов;

- прерванный цикл: переход к генеративной фазе (начиная с IX периода), но данный процесс не завершается формированием полноценного урожая по причине абсциссии цветков или завязи различной степени сформированности. Это может свидетельствовать о наличии у растения физиологического стресса или дисбаланса питания.

Эффективность структурной единицы, определяемая как вероятность получения запланированного объема кондиционного посадочного материала, достигается путем целенаправленного регулирования агротехнических приемов (обрезка, нормирование урожая, режим питания и орошения) для удержания растений в целевом онтогенетическом состоянии.

Мера обеспечения конкретной структурной единицей питомника производственной функции характеризует ее эффективность, представляющую собой потенциальную возможность получения запланированного объема посадочного материала с качеством, установленным соответствующими нормативными документами.

Функциональное назначение маточно-семенного сада достигается содержанием растений в IV периоде онтогенеза, когда преобладающая доля побегов

развивается по завершённому циклу органогенеза с образованием плодов, что обеспечивает высокую производственную эффективность – получение семян. Когда количество развивающихся плодов превышает фотосинтетические и гормональные возможности листового аппарата, имеет место развитие части побегов по прерванному циклу, что приводит к осыпанию завязи различной степени сформированности. Маточно-семенной сад может быть пригодным для использования в III периоде онтогенеза. В этот период доля побегов, развивающихся по незавершённому циклу, относительно большая по сравнению с IV периодом, что способствует созданию оптимального соотношения между листовым аппаратом и плодами и уменьшению осыпания завязи. В II периоде онтогенеза получение производственного эффекта возможно, а в V и последующих периодах – использовать маточно-семенной сад в структуре питомника нецелесообразно.

Функциональное назначение и высокая вероятность производственного эффекта школы сеянцев и маточных насаждений вегетативных подвоев достигается содержанием растений в I периоде онтогенеза с незавершённым циклом органогенеза.

Для маточных сортовых насаждений такие показатели достигаются содержанием растений во II периоде онтогенеза, с преобладающим количеством побегов с незавершённым циклом органогенеза. Побеги, развивающиеся по завершённому циклу с образованием плодов, оставляют в начале их эксплуатации в количестве, необходимом для подтверждения сортовой принадлежности деревьев (апробации).

Функциональное назначение и высокая вероятность производственного эффекта школы саженцев достигается содержанием растений в I периоде онтогенеза, когда развитие побегов происходит по незавершённому циклу органогенеза. У саженцев во втором и третьем поле плодового питомника возможен переход отдельных побегов к прерванному или завершённому циклу органогенеза, что свидетельствует о начале II периода онтогенеза.

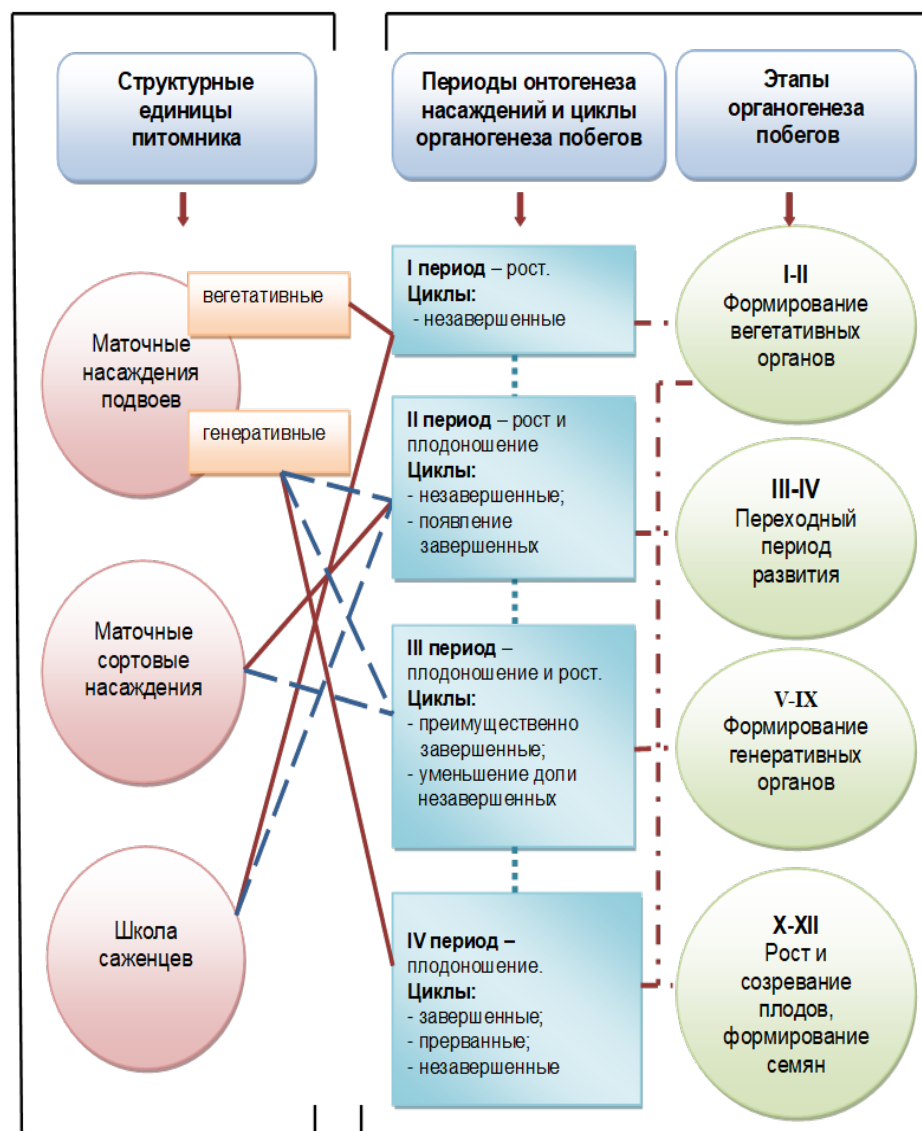


Рисунок 1. Схема взаимосвязи периодов онтогенеза, циклов органогенеза и производственных функций питомника (составлено авторами)

На основе приведенной концептуальной модели разработана целевая модель питомника, которая устанавливает целевые количественные соотношения циклов органогенеза и соответствующие производственные задачи основных структурных подразделений (таблица 1).

Таблица 1. Целевая модель плодового питомника

Структурное подразделение	Целевой период онтогенеза (по П.Г. Шиту)	Целевое соотношение побегов в связи с прохождением ими этапов органогенеза, %	Производственные задачи и примечания
Маточно-семенной сад	IV (Период плодоношения и роста) <i>Допустимо: III (Период роста и плодоношения)</i>	Завершенный: 60-70 % Прерванный: 20-30 % Незавершенный: 5-10 % При эксплуатации сада в периоде III доля почек с незавершенным периодом органогенеза может составлять до 25 %.	Основная задача – получение семян с высокими посевными и продуктивными качествами. Оптимизация распределения растением ресурсов для минимизации абсциссии и закладки генеративных почек. Допущение III периода онтогенеза с повышенной вегетативной активностью используется как агротехнический прием для коррекции физиологического состояния.
Маточные насаждения вегетативных подвоев и школа сеянцев	I (Период роста)	Незавершенный: 95-100 % Завершенный: 0 % Прерванный: 0-5 %	Основная задача – максимальный вегетативный рост и получение большого количества стандартного подвойного материала (отводков, черенков) или сеянцев. Растения должны поддерживаться в состоянии активного роста.
Маточные сортовые насаждения	II (Рост и начало плодоношения)	Незавершенные: 85-90 % Завершенные: < 5 % Прерванные: < 10 %	Основная задача – производство высококачественных черенков для прививки. Наличие небольшой доли побегов с завершенным циклом органогенеза (5-10 %) необходимо на начальном этапе эксплуатации насаждений для апробации и визуального подтверждения сортовой чистоты.
Школа саженцев	I (Период роста)	Незавершенные: > 95 % Завершенные: 0 % Прерванные: < 5 %	Основная задача – интенсивный вегетативный рост подвоев и привойно-подвойных комбинаций для получения стандартного по биометрическим показателям саженцев. Возможно появление генеративных почек с прерванным циклом (цветение, начало II периода органогенеза). Это может быть связано с сортовыми особенностями привоя или технологическими особенностями производства посадочного материала, например, по типу «knip baum».

Данная модель согласуется с современными представлениями о физиологии развития растений, в частности, с теорией взаимодействия между источниками и поглотителями фотоассимилятов и питательных веществ [18], согласно которой распределение ассимилятов регулируется их источником и силой роста (растущие органы – побеги, плоды) и влияет на темпы формирования растительного организма. Регулирование соотношения органов растения, находящихся в разных периодах органогенеза через агроприемы, позволяет управлять этим балансом. Например, в маточно-семенном саду нормирование урожая (удаление части завязи) уменьшает стоковую активность генеративных органов, предотвращая прерывание цикла у части побегов из-за конкуренции за ассимиляты.

2. Алгоритм оценки стабильности технологического процесса

Для оперативного контроля соответствия текущего состояния растений целевым параметрам модели был разработан формализованный алгоритм на основе методов статистического приемочного контроля (таблица 2).

Таблица 2. Алгоритм оценки стабильности технологического процесса на основе статистического контроля и биологической модели

№ шага	Наименование этапа	Цель этапа	Методы и инструменты	Критерии выполнения / Выходные данные	Связь с концептуальной и целевой моделью
1	Определение целевых параметров	Установить контролируемые биометрические параметры, соответствующие целевому периоду онтогенеза и производственной функции подразделения питомника.	Анализ целевой модели (таблица 1); нормативные документы (ГОСТ Р 59653–2021, внутренний регламент предприятия).	Перечень контролируемых параметров (длина привоя, диаметр штамба ...) и их нормативные значения ($\min_{\text{норм}}$, $\max_{\text{норм}}$).	Параметры выбраны исходя из целевого периода онтогенеза для конкретной структурной единицы (напр., для школы саженцев – параметры вегетативного роста).
2	Планирование и формирование выборки	Обеспечить репрезентативность данных для статистического анализа.	Метод статистических выборок согласно [17]/ Определение объема генеральной совокупности N и объема выборки M .	Сформированная случайная выборка из M единиц продукции	Выборка репрезентативна для партии растений, находящихся в целевом периоде онтогенеза и в одинаковых условиях.
3	Сбор первичных данных	Получить актуальные значения контролируемых параметров.	Прямые измерения стандартным инструментом (линейка, штангенциркуль); фиксация данных в протоколе.	Массив исходных данных $\{x_i^{(k)}\}$ для каждого k -го параметра ($i = 1 \dots M$).	Данные отражают текущее морфометрическое состояние растений, являющееся следствием процессов онтогенеза и органогенеза.

Продолжение таблицы 2

4	Статистический расчет	Рассчитать выборочные характеристики и доверительный интервал для генеральной совокупности.	Формулы (1) – (3): $x^{(k)}$ – выборочное среднее (1). $s^{(k)}$ – выборочное стандартное отклонение (2). $[x_{\min}, d^{(k)}; x_{\max}, d^{(k)}]$ – ДИ (3).	Численные значения $x^{(k)}$, $s^{(k)}$, границы ДИ для каждого контролируемого параметра.	Расчетные значения – количественная оценка состояния партии.
5	Оценка стабильности процесса	Определить, соответствует ли текущий процесс производству установленным требованиям.	Сравнение доверительного интервала с нормативными значениями по условию (4): $x_{\min}, d^{(k)} > \min_{\text{норм}}$ $x_{\max}, d^{(k)} \leq \max_{\text{норм}}$ Анализ возможных причин отклонения (питание, водный режим, фитопатология) на основе экспертных знаний и концептуальной модели.	Заключение: Да (стабильно) если ДИ в пределах нормы. Нет (нестабильно) если ДИ выходит за пределы нормы.	Несоответствие свидетельствует о возможном отклонении значений параметров от заданных в целевом периоде онтогенеза (напр. замедленный рост в школе саженцев – признак стресса).
6	Интерпретация и корректирующие действия	Выявить биологическую причину нестабильности и назначить корректирующие мероприятия.	Анализ возможных причин отклонения (питание, водный режим, фитопатология) на основе экспертных знаний и концептуальной модели.	План корректирующих агротехнических мероприятий (подкормок, орошения, защитных мероприятий).	Корректирующие действия направлены на возвращение растений в целевое состояние онтогенеза и достижение целевого соотношения циклов онтогенеза (таблица 1).
7	Мониторинг после корректировки	Оценить эффективность принятых мер.	Повторение шагов 2-5 через заданный агротехнический интервал (например, через 2-3 недели).	Новое заключение о стабильности процесса.	Обеспечивает оперативное управление для постоянного поддержания соответствия биологической модели и выполнения производственных задач.

3. Апробация модели

В соответствии с целевой моделью питомника (таблица 1), ключевой задачей школы саженцев является обеспечение интенсивного вегетативного роста для получения стандартного посадочного материала с заданными биометрическими показателями. Целевым периодом для данного подразделения является I период онтогенеза (период роста), при котором развитие побегов происходит по незавершенному циклу органогенеза, а доля побегов с завершенным и прерванным циклами минимальна. Таким образом, контроль вегетативного роста, в частности длины окулянта, является не только формальным требованием стандарта, но и ключевым индикатором соответствия онтогенетического состояния растений их производственному назначению.

Апробация была проведена для оценки состояния саженцев черешни (*Prunus avium* L.) сортов Валерий Чкалов и Крупноплодная во втором поле школы саженцев (рисунок 2). Выбор параметра «длина окулянта» для контроля был обусловлен его прямой связью с вегетативной активностью растений что, согласно разработанной модели, соответствует целевому состоянию школы саженцев.

Объем генеральной совокупности (партии) составлял $N = 1500$ шт., объем выборки $M = 32$ [17].

Норматив длины окулянта во время активного роста, установленный внутренним регламентом хозяйства на основе стандартов, составлял 55–65 см (фаза развития 20–25 листьев). Это, с учетом высоты окулировки 20 см, совпадает с требованиями стандарта ГОСТ Р 59653–2021 «Материал посадочный плодовых и ягодных культур. Технические условия», где высота саженца черешни для первого сорта должна быть не менее 90 см.

Результаты статистической обработки данных выборки:

1. Сорт Валерий Чкалов:

- выборочное среднее (\bar{x}): 37,66 см;
- выборочное стандартное отклонение (s): 8,12 см;
- ДИ для генерального среднего при $\alpha = 0,05$: 32,34 – 43,00 см.

2. Сорт Крупноплодная:

- выборочное среднее (\bar{x}): 48,19 см;
- выборочное стандартное отклонение (s): 6,48 см.
- ДИ для генерального среднего при $\alpha = 0,05$ составляет: 43,85 – 52,53 см.

Условие стабильности процесса ($55 \leq \text{ДИ} \leq 65$) не выполнено для обоих сортов.

Даже верхние границы доверительных интервалов (43,00 см и 52,53 см) не достигают нижней границы поля допуска (55 см). Максимальное среднее значение (48,19 см у сорта Крупноплодная) на 13 % ниже установленной нормы.



Рисунок 2 – Общий вид саженцев черешни (*Prunus avium* L.) сорта Валерий Чкалов в фенологической фазе «активный рост» во втором поле питомника НИИ орошаемого садоводства им. М.Ф. Сидоренко

Полученные результаты свидетельствуют о систематической нестабильности технологического процесса выращивания, которая не была выявлена при визуальном контроле. Отставание в росте является индикатором стрессового состояния растений, которое может быть вызвано комплексом причин: дисбалансом макро- и микроэлементов питания (дефицит азота, фосфора), нарушением водного режима (как дефицит, так и переувлажнение), неоптимальным температурным режимом почвы и воздуха или поражением корневой системы патогенами [19].

Выявленное отклонение подтверждает тезис о недостаточности традиционного визуального контроля и демонстрирует необходимость регламентированного, основанного на измерениях и статистическом анализе, контроля биологически значимых параметров.

Предложенная модель позволяет формализовать процесс принятия управленческих решений. В рамках ее апробации на основании данного результата были приняты корректирующие меры: проведена листовая диагностика питания, скорректирован режим капельного орошения и внесены хелатные формы азотных и фосфорных удобрений в виде некорневой подкормки.

4. Перспективы интеграции с цифровыми технологиями

В контексте мировых исследований и трендов цифровой трансформации сельского хозяйства (Agriculture 4.0) разработанная модель открывает значительные перспективы для интеграции с цифровыми платформами [11, 13, 20]. Ключевым направлением является использование технологий дистанционного и проксимального зондирования для неинвазивной оценки состояния растений и косвенного определения стадии органогенеза. Данные, получаемые с помощью мультиспектральных камер, установленных на дроны или спутники (вегетационные индексы NDVI, GNDVI, LAI) [21], а также данные гиперспектрального анализа, могут служить прокси-показателями фотосинтетической активности, содержания хлорофилла и биомассы, которые тесно коррелируют с характером и темпами ростовых процессов и, следовательно, с циклами органогенеза [22].

Это создает основу для разработки систем поддержки принятия решений

(DSS), которые на основе входящего потока данных в режиме, близком к реальному времени, будут не только констатировать отклонение, но и прогнозировать его развитие, а также рекомендовать превентивные агротехнические мероприятия для удержания растений в целевом периоде онтогенеза. Например, алгоритмы машинного обучения, обученные на ретроспективных данных, могут прогнозировать динамику набора биомассы и вероятность наступления условий для перехода почек к генеративной фазе на основе текущих погодных условий и данных сенсоров.

Наиболее перспективным и комплексным направлением является реализация данной модели в рамках концепции «цифрового двойника» питомника или его технологического участка [16, 17, 23]. Цифровой двойник в данном контексте – это не просто 3D-модель, а динамическая, самообучающаяся виртуальная копия физического объекта, обновляемая данными с IoT-сенсоров (влажность почвы, температура, электропроводность, климатические станции), дронов и спутников. Внутри этой модели может непрерывно проводиться симуляция биологических процессов (включая онтогенез и органогенез) на основе предлагаемой модели. Это позволит не только отслеживать текущее состояние, но и проводить оптимизацию управляющих воздействий (полив, подкормка, обрезка) в виртуальной среде, оценивая их эффективность и потенциальные риски до применения на реальном объекте, т.е. реализовать прескриптивный аналитический подход [24].

Таким образом, интеграция биологической модели с цифровыми технологиями позволяет перейти от диагностики к предикции и прескрипции, что является ключевым трендом в современном точном земледелии и агроменеджменте.

Выводы. 1. Разработана и верифицирована концептуальная модель, устанавливающая, что производственная эффективность определенного структурного подразделения питомника достигается поддержанием соответствующего целевого периода онтогенеза растений и оптимального для этого периода соотношения почек с завершенными, незавершенными и прерванными циклами органогенеза.

2. Установлено, что критическим параметром качества является не только абсолютное значение морфометрических показателей, регламентированных стандартами, но и их соответствие внутренним биологическим процессам развития растения (онтогенезу и органогенезу), что определяет посадочную и продуктивную ценность материала.

3. Апробированный алгоритм статистической оценки стабильности технологического процесса на основе выборочного контроля доказал свою практическую эффективность, выявив статистически значимое отклонение в развитии саженцев во втором поле питомника (на 13 % от норматива), что осталось незамеченным при визуальном контроле и потребовало проведения корректирующих агротехнических мероприятий.

4. Доказано, что оптимизация технологических схем на основе предложен-

ной модели позволяет повысить выход стандартного посадочного материала на 25–40 % за счет целенаправленного управления ростовыми процессами.

5. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка программно-аппаратных решений на основе интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта и концепции «цифровых двойников» для предиктивного мониторинга стадий органогенеза в реальном времени и интеграции биологической модели в системы точного земледелия.

Список использованных источников

1. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big Data in Smart Farming – A review // *Agricultural Systems*. 2017. Vol. 153. P. 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>

2. Тихонов Н.Г. Цифровая трансформация сельского хозяйства: мировой опыт и российские реалии // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2020. № 5. С. 49–54.

3. Петров К.Л., Сидорова Н.М. Онтогенетические аспекты качества посадочного материала // *Садоводство и виноградарство*. 2022. № 4. С. 18–25.

4. Смирнов И.П. Физиологические основы питомниководства. СПб.: Лань, 2019. 318 с.

5. Витковский В. Л. Морфогенез плодовых растений. Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, Всесоюзный научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова. Ленинград: "Колос", Ленингр. отделение, 1984. 205 с.

6. Голубев А.В. Морфогенез растений в питомниководстве. М.: Агропромиздат, 2020. 214 с.

7. Kawamura K., Tsumura H., Kimura N. Organogenesis modeling in nursery production // *HortScience*. 2021. Vol. 56(8). P. 921–928. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15999-21>.

8. Исаева И.С. Органогенез пло-

References

1. Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>

2. Tikhonov, N. G. (2020). Digital transformation of agriculture: World experience and Russian realities. *Economics of Agricultural and Processing Enterprises*, (5), 49–54.

3. Petrov, K. L., & Sidorova, N. M. (2022). Ontogenetic aspects of planting material quality. *Horticulture and Viticulture*, (4), 18–25.

4. Smirnov, I. P. (2019) *Physiological Foundations of Nursery Management*. SP.: Lan. 318 p.

5. Vitkovsky, V. L. (1984). *Morphogenesis of Fruit Plants*. V.I. Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences, N.I. Vavilov All-Union Research Institute of Plant Growing named. Leningrad: Kolos, Leningrad Branch. 205 p.

6. Golubev, A. V. (2020). *Morphogenesis of Plants in Nursery Practice*. Agropromizdat.

7. Kawamura, K., Tsumura, H., & Kimura, N. (2021). Organogenesis modeling in nursery production. *Hort Science*, 56 (8), 921–928. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15999-21>

8. Isaeva, I. S. (1977). *Organogenesis of Fruit Plants*. M.V. Lomonosov Moscow

вых растений. МГУ им. М.В. Ломоносова. Москва : Изд-во МГУ, 1977. 34 с.

9. Симонов В.С. Биологические основы питомниководства. М.: Колос, 1978. 280 с.

10. Лапшин П.В. Онтогенез плодовых растений. Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2015. 167 с.

11. Benke K., Tomkins B. Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture // Sustainability: Science, Practice and Policy. 2017. Vol. 13(1). P. 13–26. <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>

12. Klerkx L., Jakku E., Labarthe P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda // NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences. 2019. Vol. 90–91. 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>

13. Verdouw C., Wolfert S., Tekinerdogan B. Internet of Things in agriculture // CABI Reviews. 2016. Vol. 2016. P. 1–12. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201611035>

14. Balafoutis A., Beck B., Fountas S., et al. Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics // Sustainability. 2017. Vol. 9(8). 1339. <https://doi.org/10.3390/su9081339>

15. Myrzabekova M.K. Digitalization of the agro-industrial complex: trends and challenges // АПК: Экономика, управление. 2021. № 5. С. 84–91.

16. Рыжкин С.С., Попов В.А. Цифровые двойники в сельском хозяйстве: концепция и перспективы применения // Вестник РАСХН. 2020. № 3. С. 29–33.

17. Karaiev, O., Tolstolik, L., Chyzykov, I., Karaieva T. Defining

State University. Moscow: Publishing of Moscow State University. 34 p.

9. Simonov, V. S. (1978). Biological Foundations of Nursery Management. M.: Kolos. 280 p.

10. Lapshin, P. V. (2015). Ontogeny of Fruit Plants. Michurinsk: Publishing of Michurinsk State Agrarian University. 167 p.

11. Benke, K., & Tomkins, B. (2017). Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture. Sustainability: Science, Practice and Policy, 13(1), 13–26. <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>

12. Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 90–91, 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>

13. Verdouw, C., Wolfert, S., & Tekinerdogan, B. (2016). Internet of Things in agriculture. CABI Reviews, 2016, 1–12. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201611035>

14. Balafoutis A., Beck B., Fountas S., et al. Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics // Sustainability. 2017. Vol. 9(8). 1339. <https://doi.org/10.3390/su9081339>

15. Myrzabekova, M. K. (2021). Digitalization of the agro-industrial complex: trends and challenges. Agro-Industrial Complex: Economics, Management, (5), 84–91.

16. Ryzhkin, S. S., & Popov, V. A. (2020). Digital twins in agriculture: Concept and application prospects. Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences, (3), 29–33.

17. Karaiev, O., Tolstolik, L., Chyzykov, I., Karaieva T. Defining stability

stability of technological process of growing fruit crop seedlings // *Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations*, 2019, P. 53–62.

18. Smith M.R., Rao I.M., Merchant A. Source-Sink Relationships in Crop Plants and Their Influence on Yield Development and Nutritional Quality // *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. 1889. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01889>

19. Marschner H. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. – Academic Press, 2012. – 672 p.

20. Weersink A., Fraser E., Pannell D., Duncan E., Rotz S. Opportunities and Challenges for Big Data in Agricultural and Environmental Analysis // *Annual Review of Resource Economics*. 2018. Vol. 10. P. 19–37. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100516-053654>

21. Mulla D.J. Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps // *Biosystems Engineering*. 2013. Vol. 114(4). P. 358–371. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009>

22. Liakos K.G., Busato P., Moshou D., Pearson S., Bochtis D. Machine Learning in Agriculture: A Review // *Sensors*. 2018. Vol. 18(8). 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>

23. Negri E., Fumagalli L., Macchi M. A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems // *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 11. P. 939–948. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.198>

24. Sishodia R.P., Ray R.L., Singh S.K. Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review // *Remote Sensing*. 2020. Vol. 12(19). 3136. <https://doi.org/10.3390/rs12193136>

of technological process of growing fruit crop seedlings, // *Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations*, 2019, P. 53–62.

18. Smith, M. R., Rao, I. M., & Merchant, A. (2018). Source-Sink Relationships in Crop Plants and Their Influence on Yield Development and Nutritional Quality. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1889. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01889>

19. Marschner, H. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). Academic Press.

20 Weersink, A., Fraser, E., Pannell, D., Duncan, E., & Rotz, S. (2018). Opportunities and Challenges for Big Data in Agricultural and Environmental Analysis. *Annual Review of Resource Economics*, 10, 19–37. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100516-053654>

21. Mulla, D. J. (2013). Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, 114 (4), 358–371. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009>

22. Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine Learning in Agriculture: A Review. *Sensors*, 18 (8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>

23. Negri, E., Fumagalli, L., & Macchi, M. (2017). A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems. *Procedia Manufacturing*, 11 , 939–948. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.198>

24. Sishodia, R. P., Ray, R. L., & Singh, S. K. (2020). Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. *Remote Sensing*, 12 (19), 3136. <https://doi.org/10.3390/rs12193136>

Сведения об авторах:

Караев Александр Игнатьевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», Россия, Запорожская область, г. Мелитополь, пр-кт Б. Хмельницкого, 18; e-mail: akaraiev57@mail.ru.

Толстолик Людмила Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Растениеводство им. проф. В.В. Калитки», директор НИИ растениеводства ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», Россия, Запорожская область, г. Мелитополь, пр-кт Б. Хмельницкого, 18; e-mail: l.tolstolik@mail.ru.

Information about the author:

Alexander Ignatijevich Karajev, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of "Technical Systems in the Agro-Industrial Complex" Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Melitopol State University» 18 B. Khmelnytsky Ave., Melitopol, Zaporizhzhia region, Russia; e-mail: akaraiev57@mail.ru.

Lyudmila Nikolajevna Tolstolik, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Associate Professor of the Department of «Plant Production named after Professor V.V. Kalitka», Director of the Research Institute of Plant Production Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Melitopol State University" 18 B. Khmelnytsky Ave., Melitopol, Zaporizhzhia region, Russia; e-mail: l.tolstolik@mail.ru.

УДК 634.23:631.526.3:631.527

**СОСТАВ И ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ
СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРОГРАММ
КОЛЛЕКЦИИ ГЕНРЕСУРСОВ
ЧЕРЕШНИ, СОЗДАННОЙ
МЕЛИТОПОЛЬСКИМИ
УЧЕНЫМИ**

**COMPOSITION AND
SIGNIFICANCE FOR BREEDING
PROGRAMS OF THE SWEET
CHERRY GENETIC RESOURCES
COLLECTION ESTABLISHED
BY MELITOPOL SCIENTISTS**

Толстолик Л.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, доцент, директор НИИ растениеводства, ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет»

Tolstolik L.N. Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Associate Professor, Director of the Research Institute of Plant Production, FSBEI HE «Melitopol State University»

Коллекция образцов генофонда черешни в условиях северо-западного Приазовья, создававшаяся мелитопольскими селекционерами в течение 95 лет, содержит 121 образец местной селекции, полученные как первое и второе поколение от стародавних европейских сортов и является уникальной. Приведена характеристика сроков созревания, урожайности и качества плодов 42 районированных сортов из состава коллекции и сорта мелитопольской селекции – источники признаков качества по степени их проявления.

The collection of sweet cherry gene pool accessions in the north-western Azov Sea region, established by Melitopol breeders over 95 years, is unique. It comprises 121 locally bred accessions, derived as first and second-generation descendants from ancient European cultivars. The characteristics of ripening time, yield, and fruit quality of 42 regionalized cultivars from the collection, as well as Melitopol-bred cultivars serving as sources of quality traits according to their degree of expression, are provided.

Ключевые слова: *Cerasus avium* (L.) Moench, черешня, генофонд, коллекция, селекция, сорт, качество плодов, признаки, урожайность.

Keywords: *Cerasus avium* (L.) Moench, sweet cherry, gene pool, collection, breeding, cultivar, fruit quality, traits, yield.

Введение. Плодовые культуры имеют исключительно важное значение в обеспечении качества жизни человека с давних времен и особенно в современности, когда применение искусственных добавок существенно снижает полезные для людей свойства пищи. Плоды, являющиеся источником витаминов, микроэлементов, минеральных и органических веществ, многие из которых имеют антиоксидантный, радио- и геропротекторный эффект, сейчас особенно необходимы для нормального функционирования человеческого организма.

Среди плодовых культур, выращиваемых на юге России, в частности, в северо-западном Приазовье, одно из ведущих мест, занимает черешня. Основой успешного выращивания этой культуры в настоящее время является наличие современного сортимента, отвечающего требованиям интенсивного садоводства – высокопродуктивных сортов, устойчивых к абиотическим и биотическим стрессам [7; 9]. Благодаря широкому разнообразию сортов со значительным диапазоном сроков созревания, черешня открывает сезон потребления свежей витаминной плодовой продукции с мая по начало июля. Это одна из немногих плодовых культур, позволяющая получить высококачественные плоды при невысокой пестицидной нагрузке, что особенно ценно для южной зоны садоводства с учетом ее курортного потенциала.

В условиях усиливающейся аридизации территории северо-западного Приазовья, чему способствовало, кроме изменения климата, разрушение последней, шестой на Днепре дамбы и исчезновение Каховского водохранилища, частично расположенного на территории Запорожской области и являвшегося источником воды для орошения, садоводство региона вынуждено переходить на новый уровень. Оно должно ориентироваться на создание садов с тщательно подобранными сортами плодовых культур, в том числе черешни, которые не только хорошо зарекомендовали себя в конкретном регионе [1], но и имеют комплекс хозяйственно-биологических признаков, обеспечивающих устойчивость или толерантность к более жесткому воздействию абиотических стрессов, среди которых засуха и жара [2; 3].

Именно задачу создания таких сортов, в том числе с широким использованием интродуцированных, решает селекция, опираясь на коллекции генофонда.

Важность сбора, сохранения и последующего селекционного использования плодовых растений была оценена еще два столетия тому назад, когда помологи Италии, Франции, Великобритании, Германии и, конечно, России стали создавать коллекции сортов плодовых культур, изучая и описывая их особенности. Такие коллекции были созданы, например, в Никитском ботаническом саду по инициативе его первого директора Х. Х. Стевена, в Млееве усилиями Л. П. Симиренко и Л. М. Ро, в Козлове (Мичуринске) – И. В. Мичуриным. Одной из самых больших в Европе коллекций черешни, являющейся частью Вавиловской коллекции генетических ресурсов растений, в настоящее время обладает Крымская опытно-селекционная станция (филиал ВИР), где сохраняют 450 сортов черешни [4].

В северо-западном Приазовье размещена значительная по объему коллекция сортов и гибридов черешни, созданная в НИИ орошаемого садоводства имени М. Ф. Сидоренко (Мелитопольской опытной станции садоводства) мелитопольскими учеными и насчитывавшая по данным инвентаризации 2021 года 1157 образцов, из которых 131 сорт составляет коллекцию генофонда с уникальностью более 80 %.

Цель исследований – оценка состава и селекционного потенциала коллек-

ции генофонда черешни мелитопольской селекции.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являлись образцы коллекции генофонда черешни *Cerasus avium* (L.) Moench, собранной в НИИ орошаемого садоводства имени М. Ф. Сидоренко (с 2012 года – Мелитопольской опытной станции садоводства). Исследования проводились в 2006-2022 гг. в насаждениях опытного хозяйства «Мелитопольское».

Схема посадки – 6×5 м и 7×7 м, подвой – сеянцы вишни магалебской (*Prunus mahaleb* L.). Каждый образец представлен не менее чем 5 деревьями. Почвы типичные для северо-западного Приазовья – темно-каштановые слабосолонцеватые и черноземы южные супесчаные и суглиnkовые.

В насаждениях генофонда изучались морфологические особенности образцов, особенности роста и плодоношения, урожайность, скороплодность, морозо- и зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к болезням. Оценивались товарные и вкусовые качества плодов.

Погодные условия в течение периода исследований были в целом благоприятными для культуры.

Работа проводилась согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [8], Широкому унифицированному классификатору СЭВ рода *Cerasus* Mill [10].

Ведением коллекции занимались в разное время кандидат сельскохозяйственных наук М. Т. Оратовский, доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки и техники Н. И. Туровцев, младший научный сотрудник С. В. Долгова и зав. отделом селекции и сортизучения, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Л. Н. Толстолик.

Результаты и их обсуждение. История селекционной работы и формирования коллекции.

Генетический потенциал черешни сформирован в условиях мягкого климата, поэтому северо-западное Приазовье оказалось регионом очень благоприятным для ее выращивания и масштабной селекционной работы. Селекция новых сортов на мелитопольщине началась с 1929 года, когда М. Т. Оратовский, в составе отдела селекции, вновь созданной Мелитопольской опытной станции садоводства, начал изучение самоплодности, отбор семян от свободного опыления и скрещивание между сортами, полученными из Западной Европы. Основой для работы стал сад, принадлежавший до революции земскому врачу А. В. Корвацкому.

В 1935 году коллекция черешни включала 41 сорт, из которых как селекционный материал, было оценено 30. Как указывает М. Т. Оратовский в своей монографии «Перекрестное опыление и самоопыление косточковых плодовых пород» [5], это были деревья возрастом 30-35 лет, привитые на магалебке. В современной коллекции из этих сортов сохранились только три: 'Францис', 'Жабуле' (*Bigarreau hatif d'Oullins*) и 'Дрогана желтая' (*Drogans gelbe knorpelkirsche*).

За почти 90-летний период мелитопольскими селекционерами на Государственное испытание было передано около 150 сортов черешни, из которых 56

были в разное время районированы. В 2017-2020 гг. в «Государственном реестре сортов растений, пригодных для распространения в Украине» находились 44 мелитопольских сорта черешни, что составляло около 70% украинского сортимента, которые занимали более 40% площадей под этой культурой.

Особенности селекционной работы.

Анализ родословных мелитопольских сортов черешни показывает, что они являются преимущественно первым и вторым поколением от стародавних западноевропейских сортов. Основным материнским сортообразующим сортом оказался немецкий сорт 'Дрогана желтая' вместе со своим клоном 'Наполеон белая'. В качестве отцовского мелитопольские селекционеры чаще всего использовали сорт 'Валерий Чкалов'. Также к гибридизации активно привлекались чешский сорт 'Франц Иосиф' (Францис), французские сорта 'Французская черная', 'Жабуле', немецкие – 'Ранняя Марки', 'Денисена желтая', английские – 'Эльтон' и 'Черный орел'.

Формообразовательный процесс преимущественно затронул признаки качества плодов, но практически не коснулся силы роста, характера плодоношения, генеративной сферы, сроков вступления в плодоношение, устойчивости к болезням. Практически все сорта при выращивании на сеянцах вишни магалевской имеют объемную крону, плодоносят на букетных веточках и однолетнем приросте, являются толерантными к засухе и зимостойкими, в средней и высокой степени устойчивыми к монилиозу и коккомикозу, требуют опылителей (самобесплодны). В плодоношение на указанном подвое большинство сортов вступает на 5-6-й год, быстро наращивая урожайность.

При создании второго и третьего поколения, с середины 1970-х годов, была массово применена стратегия возвратных, насыщающих и близкородственных скрещиваний, с вовлечением в селекционный процесс сортов первой генерации, что привело к появлению генотипов, остающихся, в основном, в уже определенных предыдущим формообразованием границах. Тенденция использования в скрещиваниях близких по происхождению сортов может приводить к определенной генетической уязвимости пула гибридов. За последние 20 лет наблюдалось значительное уменьшение доли выполненных гибридных семян при неизменно больших объемах гибридизации (15-20 тыс. цветков), снижение адаптивных свойств селекционного материала, что привело к существенному сокращению гибридного фонда черешни, который по состоянию на 2022 год насчитывал 1026 образцов.

Однако, среди третьего поколения выделено 14 очень ценных форм, очевидно, накопивших в своих генотипах ко-адаптированные блоки генов [6]. Эти формы имеют очень высокую устойчивость к весенним заморозкам, засухоустойчивы, частично самоплодны, устойчивы к растрескиванию и сочетают крупноплодность с высокой урожайностью, т.е. имеют высокий потенциал продуктивности, что позволяет считать их наиболее ценными генетическими ресурсами существующего гибридного фонда (например, элитная форма 'Ми-

хаил Светлов' устойчиво демонстрирует нулевой уровень растрескивания плодов, как в полевых условиях, так и при лабораторной проверке).

Состав коллекции.

Коллекция генетических ресурсов черешни, куда вошли созданные за время селекционной работы сорта и элитные формы, прошедшие конкурсное сортоиспытание, по состоянию на весну 2022 года состояла из 131 сортообразца и содержала по одному американскому и канадскому, два французских, по три немецких и чешских сорта. Остальную часть коллекции (121 образец или 92%) составляли сорта и формы мелитопольской селекции преимущественно первого и второго поколения. Из этого количества 42 сорта были в разное время районированы и внесены в Государственный реестр сортов, разрешенных к использованию в Украине.

Хозяйственно-биологическая характеристика районированных сортов.

Анализ хозяйственно-биологических показателей районированных сортов мелитопольской селекции, показал следующие результаты.

Урожайность варьирует от 13,0 кг/дер. (сорт Днепровка) до 39,5 кг/дер. (сорт Забута). Средняя урожайность по всем сортам составляет 26,1 кг/дер. Высокой урожайностью (более 30 кг/дер.) характеризуются сорта: Сказка (35,2), Забута (39,5), Июньская ранняя (38,1), Эпос (34,2), Винка (32,0), Мелитопольская красная (34,1), Талисман (35,9), Орион (33,7), Мелитопольская черная (30,6), Анонс (30,1), Меотида (30,0), Зодиак (35,6), Крупноплодная (30,0), Удивительная (35,4).

Масса плода колеблется от 4,5 г (Рубиновая ранняя) до 10,1 г (Крупноплодная). Очень крупными плодами (более 8,3 г) отличаются сорта: Сказка (8,2), Ласуня (8,5), Забута (8,5), Дилемма (8,5), Электра (8,8), Талисман (9,5), Дачница (9,8), Орион (9,3), Аншлаг (8,7), Престижная (9,1), Мираж (9,2), Тотем (9,3), Дружба (9,5), Дебют (9,3), Космическая (8,5), Анонс (8,6), Меотида (9,5), Любимица Туровцева (9,8), Зодиак (9,8), Соперница (8,6), Крупноплодная (10,1), Удивительная (8,7), Романтика (8,8).

Содержание сухих растворимых веществ (СРВ) варьирует от 12,3 % (Признание) до 20,2 % (Престижная). Высоким содержанием СРВ (более 15 %) характеризуются 24 сорта из 42.

Содержание сахаров составляет от 6,6 % (Признание) до 15,2 % (Тотем). Содержание титруемых кислот колеблется от 0,37 % до 0,86 %.

Содержание витамина С варьирует от 4,9 мг/100 г (Эпос) до 10,8 мг/100 г (Меотида), фенольных соединений – от 216,0 мг/100 г (Дилемма) до 545,8 мг/100 г (Меотида).

Некоторые хозяйственно-биологические и биохимические показатели 42 районированных сортов черешни мелитопольской селекции представлены в таблице 1.

Таблица 1. Хозяйственно-биологические и биохимические показатели районированных сортов черешни мелитопольской селекции

Сорт	Возраст деревьев, лет	Урожайность, кг/дер.	Срок созревания	Средняя масса плода, г	Доля косточки, %	Растрескивание плодов, %	СРВ, %	Сумма сахаров, %	Титруемая кислотность, %	Витамин С, мг/100г	Фенольные соединения, мг/100г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Рубиновая ранняя	29	16,4	очень ранний	4,5	5,5	4	14,6	10,3	0,52	8,2	265,7
Скороспелка	29	23,9	очень ранний	5,5	5,8	8	13,0	8,4	0,37	6,5	317,8
Мелитопольская ранняя	29	24,7	очень ранний	6,7	5,5	6	13,8	9,2	0,46	7,1	366,8
Сказка	27	35,2	ранний	8,2	7,5	7	14,4	10,1	0,75	8,5	448,5
Валерий Чкалов	29	26,1	ранний	8,0	9,2	15	12,6	8,9	0,67	7,6	432,0
Эра	17	14,3	ранний	9,0	5,6	17	14,3	10,5	0,86	5,8	407,6
Признание	11	22,0	ранний	8,0	6,7	8	12,3	6,6	0,48	8,5	399,5
Ласуня	31	25,7	ранний	8,5	5,8	23	13,0	8,4	0,37	6,5	317,8
Веха	29	18,8	ранний	9,8	7,7	6	14,7	10,8	0,67	5,8	303,7
Забута	29	39,5	ранне-средний	8,5	9,6	15	13,2	10,2	0,6	9,1	400,0
Дилема	29	21,4	ранне-средний	8,5	6,2	24	14,6	9,5	0,48	6,2	216,0
Простор	29	18,5	ранне-средний	8,0	7,9	7	15,3	11,5	0,8	6,9	374,0
Электра	27	21,9	ранне-средний	8,8	5,6	5	14,5	9,3	0,67	8,6	376,2
Июньская ранняя	29	38,1	ранне-средний	7,5	7,1	23	13,4	9,4	0,70	6,0	356,5
Эпос	21	34,2	средний	8,3	5,4	9	16,8	12,5	0,47	4,9	362,5
Винка	30	32,0	средний	7,3	7,1	14	15,9	12,9	0,65	6,2	408,5
Днепровка	10	13,0	средний	6,2	6,8	16	17,2	13,4	0,53	7,1	426,7
Тавричанка	10	23,5	средний	6,8	7,6	13	16,6	12,2	0,55	7,8	368,7
Мелитопольская красная	29	34,1	средний	6,6	5,6	7	15,6	11,3	0,71	5,7	493,5
Талисман	21	35,9	средний	9,5	7,4	7	14,8	10,3	0,59	7,9	428,7
Дачница	29	24,8	средний	9,8	6,5	21	14,2	10,3	0,72	5,3	333,5
Орион	21	33,7	средний	9,3	7,2	7	19,5	10,5	0,61	9,6	451,5
Аншлаг	29	23,4	средне-поздний	8,7	5,9	4	14,6	10,0	0,53	6,3	337,5
Престижная	31	15,7	средне-поздний	9,1	7,2	15	20,2	14,4	0,53	5,8	369,4

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Мираж	19	17,4	средне- поздний	9,2	5,2	42	14,9	12,0	0,51	6,9	250,4
Тотем	21	23,4	средне- поздний	9,3	5,4	4	20,1	15,2	0,63	7,6	360,2
Дружба	10	28,8	средне- поздний	9,5	9,8	5	16,6	11,6	0,51	8,8	368,0
Дебют	29	15,4	средне- поздний	9,3	6,6	31	15,3	12,2	0,84	10,3	460,6
Мелитополь- ская черная	29	30,6	средне- поздний	7,0	6,4	10	14,6	10,5	0,71	9,1	380,0
Космическая	29	18,5	средне- поздний	8,5	6,7	21	17,7	12,7	0,67	6,7	386,7
Сюрприз	29	28,8	поздний	7,5	6,4	23	20,0	12,4	0,72	8,5	276,8
Анонс	21	30,1	поздний	8,6	5,6	13	15,7	10,8	0,51	7,5	462,8
Дивная	29	26,5	поздний	7,8	6,1	6	16,4	10,0	0,61	6,2	245,7
Меотида	21	30,0	поздний	9,5	6,8	16	15,9	11,0	0,53	10,8	545,8
Любимица Туровцева	15	25,7	поздний	9,8	6,5	7	14,2	10,3	0,72	5,3	333,5
Бигарро Ора- товского	29	29,8	поздний	6,8	5,2	10	20,1	14,2	0,73	7,2	338,6
Изюмная	29	31,2	поздний	6,9	5,1	5	20,2	13,6	0,53	7,6	421,5
Зодиак	21	35,6	поздний	9,8	6,5	1-2	14,2	10,3	0,72	5,3	333,5
Соперница	29	28,8	поздний	8,6	8,4	18	14,2	8,1	-	9,2	340,8
Крупноплодная	29	30,0	очень поздний	10,1	6,3	31	18,9	13,0	0,64	8,2	379,8
Удивительная	29	35,4	очень поздний	8,7	7,7	21	18,4	12,6	0,79	8,9	477,8
Романтика	14	17,0	очень поздний	8,8	4,3	13	16,5	9,1	0,61	5,9	442,0

Примечание: Данные по урожайности ряда сортов получены совместно с С.В. Долговой

Наиболее широкое распространение получили сорта: Валерий Чкалов Сказка, Дачница, Талисман, Мелитопольская черная, Анонс, Крупноплодная (рис. 1–5).



Рисунок 1. Плоды сорта Валерий Чкалов



Рисунок 2. Плоды сорта Сказка



Рисунок 3. Плоды сорта Талисман



Рисунок 4. Плоды сорта Дачница



Рисунок 5. Плоды сорта Крупноплодная

Признаковая коллекция.

Образцы черешни коллекции генофонда демонстрируют разнообразие уровней проявления признаков, характеризующих главным образом качество плодов, что позволило сформировать и зарегистрировать соответствующую признаковую коллекцию. Она содержит 72 образца из 6 стран: Франции, Германии, Чехии, Канады, США и России, в т. ч. 63 сорта и элитные формы мелитопольской селекции. Сорта систематизированы по 20 признакам с 82 уровнями проявления, среди которых:

1. Средняя масса плода: малая (3,9-4,5 г), средняя (4,6-6,2 г), крупная (6,3-8,3 г), очень крупная (>8,3 г)
2. Форма плода: сердцевидная, почковидная, сплюснутая, округлая, эллиптическая
3. Длина плодоножки: очень короткая (<31 мм), короткая (31–40 мм), средняя (41–50 мм), длинная (51–60 мм), очень длинная (>60 мм)
4. Окраска кожицы: желтая, оранжево-красная, красная, темно-красная, почти черная
5. Плотность мякоти: нежная, средняя, плотная, очень плотная
6. Срок созревания: очень ранний (27–29.05), ранний (30.05–6.06), ранне-средний (7–9.06), средний (10–12.06), среднепоздний (13–15.06), поздний (16–24.06), очень поздний (25.06–3.07).

Многолетние наблюдения и учеты значений показателей коллекционных образцов позволили выделить сорта мелитопольской селекции, являющиеся источниками признаков качества плодов (таблица 2), что может дополнить базу данных сортов – источников ценных признаков для южных регионов России.

**Таблица 2. Сорта черешни мелитопольской селекции –
источники признаков качества плодов**

№	Признак	Уровень проявления	Код	Сорта-источники признаков мелитопольской селекции
1	2	3	4	5
1	Плод, средняя масса, г	малая (3,9–4,5)	3	Трудовая
		средняя (4,6–6,2)	5	Рубиновая ранняя, Днепровка, Скороспелка
		крупная (6,3–8,3)	7	Мелитопольская черная, Винка, Эпос, Сказка, Июньская ранняя, Рейнджер
		очень крупная (>8,3)	9	Крупноплодная, Дачница, Сеянец Туровцева, Анонс, Ласуня, Дилемма, Новинка Туровцева, Космическая
2	Плод, форма	сердцевидная	1	Июньская ранняя, Веха, Самоцвет, Бигарро Оратовского
		почковидная	2	Мираж, Удача, Скороспелка, Простор, Пламенная, Черная Туровцева, Темп
		сплюснутая	3	Приазовская, Улыбка
		округлая	4	Соперница, Праздничная, Эра, Дружба, Изюмная
		эллиптическая	5	Мелитопольская школьница
3	Плод, длина плодоножки, мм	очень короткая (<31)	1	Соперница, Темп
		короткая (31–40)	3	Валерий Чкалов, Удача, Улыбка
		средняя (41–50)	5	Мелитопольская черная, Зодиак, Электра, Мечта
		длинная (51–60)	7	Винка, Сюрприз, Аншлаг, Орион, Авангард, Черная Туровцева, Славяночка, Подарок юбиляру
		очень длинная (>60)	9	Космическая
4	Плод, окраска кожицы	желтая	1	Дачница
		оранжево-красная	3	Космическая
		красная	5	Скороспелка, Июньская ранняя
		темно-красная	7	Опус, Отрада
		почти черная	8	Мелитопольская черная, Первенец
5	Плод, толщина кожицы	тонкая	1	Эпос, Бигарро Оратовского
		средняя	2	Темп
		толстая	3	Космическая

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
6	Плод, окраска мякоти	кремовая	1	Сюрприз, Космическая
		желтая	2	Дачница
		розовая	3	Днепровка
		умеренно красная	4	Скороспелка, Приазовская, Наслаждение, Мелитопольская школьница
		темно-красная	5	Рубиновая ранняя, Дилемма, Первенец
7	Плод, окраска сока	бесцветный	1	Сюрприз
		светло-желтый	2	Космическая
		розовый	3	Скороспелка
		красный	5	Июньская ранняя, Эпос, Дружба
		темно-красный	7	Мелитопольская черная, Тавричанка, Зодиак, Бигарро Оратовского
		очень плотная	9	Крупноплодная, Романтика, Бигарро Оратовского
8	Плод, плотность мякоти	нежная	3	Скороспелка, Пламенная
		средняя	5	Эра
		плотная	7	Талисман
9	Плод, содержание СРВ, %	среднее (11,0–15,0)	5	Мелитопольская черная, Сказка
		высокое (15,0–20,0)	7	Крупноплодная, Орион
		очень высокое (>20,0)	9	Престижная, Авангард, Бигарро Оратовского, Изюмная
10	Плод, содержание сахаров, %	низкое (<8,1)	3	Признание
		среднее (8,1–10,0)	5	Июньская ранняя, Электра
		высокое (10,1–13,0)	7	Винка, Тавричанка
		очень высокое (>13,0)	9	Тотем, Престижная, Изюмная
11	Плод, титруемая кислотность, %	низкая (<0,5)	3	Скороспелка, Ласуня, Изюмная
		средняя (0,5–1,0)	5	Романтика, Дивная, Памятная, Сюрприз
12	Плод, содержание витамина С, мг/100г	низкое (<6)	3	Славяночка
		среднее (6–15)	5	Мелитопольская черная, Крупноплодная
13	Плод, содержание фенольных соединений, мг/100г	низкое (<300)	3	Рубиновая ранняя
		среднее (300–700)	5	Анонс
		высокое (>700)	9	Памятная

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
14	Плод, сочность	низкая	3	Романтика, Изюмная
		средняя	5	Эра, Валерий Чкалов
		высокая	7	Скороспелка, Рубиновая ранняя
15	Косточка, средняя масса, г	малая (0,22–0,30)	3	Рубиновая ранняя, Признание
		средняя (0,31–0,40)	5	Талисман, Вакханка
		крупная (0,41–0,56)	7	Валерий Чкалов, Сказка, Крупноплодная
		очень крупная (>0,56)	9	Дилемма, Удивительная
16	Косточка, доля от массы плода, %	малая (3,1–5,0)	3	Романтика
		средняя (5,1–7,0)	5	Космическая, Крупноплодная
		крупная (7,0–9,0)	7	Мечта
		очень крупная (>9,0)	9	Валерий Чкалов
17	Плод, дегустационная оценка вкуса, балл	очень хороший (7,5–8,5)	8	Рубиновая ранняя
		отличный (>8,5)	9	Простор, Новинка Туровцева, Наслаждение
18	Плод, срок созревания	очень ранний (27–29.05)	1	Рубиновая ранняя, Скороспелка
		ранний (30.05–6.06)	2	Валерий Чкалов
		раннесредний (7–9.06)	3	Электра, Мечта
		средний (10–12.06)	4	Дачница, Талисман, Славяночка
		среднепоздний (13–15.06)	5	Мираж, Дебют, Соперница
		поздний (16–24.06)	6	Мелитопольская черная, Анонс, Вымпел, Изюмная
		очень поздний (25.06–3.07)	7	Романтика, Крупноплодная, Удивительная, Удача
19	Урожайность, кг/дер.	низкая (<10)	1	Наслаждение
		ниже средней (10–25)	2	Скороспелка
		средняя (26–40)	3	Новинка Туровцева, Опус, Электра
		высокая (41–50)	4	Мелитопольская черная, Крупноплодная, Изюмная, Анонс, Удача
20	Плод, растрескивание при обильных осадках, %	очень высокое (>90)	1	Крупноплодная
		(71–90)	2	Мираж
		высокое (51–70)	3	Новинка Туровцева
		(41–50)	4	Винка
		среднее (31–40)	5	Валерий Чкалов, Сказка, Мелитопольская красная
		(21–30)	6	Признание
		малое (11–20)	7	Простор, Электра, Сеянец Туровцева, Изюмная
		(1–10)	8	Зодиак, Михаил Светлов

Примечание: Данные по ряду сортов получены совместно с С.В. Долговой

Учитывая то, что черешня ввиду гетерозиготности является сложным и недостаточно изученным объектом генетических исследований, выделенные сорта с разной степенью проявления как важнейших биолого-хозяйственных признаков, имеющих селекционное значение, так и второстепенных, имеющих в большей степени научный интерес и могущих быть использованными в предбридинговой селекционной работе, представляют информацию долговременной значимости. Сорта с максимальным уровнем проявления признаков являются фенотипически лучшими образцами и имеют большую селекционную ценность для шестого региона допуска, к которому относится северо-западное Приазовье.

Поскольку с 2022 года Мелитопольская станция садоводства прекратила свое существование, сохранение уникального генофонда черешни, созданного за 95-летний период, имеет важнейшее значение для создания новых отечественных сортов, адаптированных к климатическим условиям юга России, а также для импортозамещения посадочного материала черешни.

Выводы 1. Коллекция генофонда черешни Мелитопольской опытной станции садоводства состоит из 131 образца, из которых 92% составляют сорта и элитные формы мелитопольской селекции, что придает ей высокую степень уникальности.

2. Современные сорта черешни мелитопольской селекции являются преимущественно первым и вторым поколением, полученным от стародавних западноевропейских сортов. Наиболее активно мелитопольские селекционеры использовали в гибридизации немецкий сорт 'Дрогана желтая' с клоном 'Наполеон белая' в качестве материнской формы и сорт 'Валерий Чкалов' – в качестве отцовской.

3. Средняя урожайность районированных сортов составила 26,1 кг/дер. с колебаниями от 13,0 до 39,5 кг/дер. Масса плода варьировала от 4,5 до 10,1 г, содержание сухих растворимых веществ – от 12,3 до 20,2%.

4. В результате изучения генофонда черешни сформирована признаковая коллекция по 20 признакам качества плодов с 82 уровнями проявления, что демонстрирует высокое разнообразие по морфологическим и биохимическим показателям плодов, выделены сорта-источники признаков качества плодов мелитопольской селекции.

5. Среди образцов генофонда третьего поколения выделены высокоценные адаптивные формы с высоким потенциалом продуктивности.

6. Для обеспечения эффективного выполнения современных селекционных программ необходимо сохранение коллекции генофонда и пополнение ее образцами различного эколого-географического происхождения с целью широкого вовлечения их в гибридизацию для расширения границ формообразования.

Список использованных источников:

1. Берлова Т.Н. Степень изученности вопроса хозяйственно-ценных при-

References:

1. Berlova T.N. The degree of knowledge of the issue of economically

знаков черешни // Бюллетень ГНБС. 2020. Вып. 137. С. 112-117 URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/stepenizuchennosti-voprosa-hozyaystvennotsennyh-priznakov-chereshni> (дата обращения 10.07.2025)

2. Кузнецова А.П., Драгавцева И.А. Изучение засухоустойчивости и жаростойкости сортов плодовых культур в условиях меняющегося климата (на примере черешни в Краснодарском крае) Садоводство и виноградарство // 2023. №6. С. 18-25. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2023-6-18-25> URL:<https://www.sadivin.com/jour/article/view/1095> (дата обращения 02.09.2025)

3. Лукичева Л.А., Черненко Л.А. Морозостойкость и засухоустойчивость сортов и селекционных форм черешни в условиях степного Крыма // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. №85. С.124-129. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44438320> (дата обращения 02.09.2025)

4. На Крымской станции ВИР создадут адаптивные к аномалиям климата сорта черешни // Наука – ТАСС. URL:<https://nauka.tass.ru/nauka/24251619> (дата обращения 10.08.2025)

5. Оратовский М.Т. Перекрестное опыление и самоопыление косточковых плодовых пород (черешня, слива, вишня, абрикос и персик). НКЗС УССР, УНДИ плодово-ягодного хозяйства, Труды степной плодово-ягодной опытной станции. Вып. 1. К.; Х.: Гос. изд-во колхозной и совхозной литературы УССР, 1935. 93 с.

6. Ortiz R. Genetic enhancement and base-broadening efforts // Implementation of the Global Plan of Action in Europe –

valuable traits of sweet cherry. Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2020. Iss. 137. Pp. 112-117. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stepenizuchennosti-voprosa-hozyaystvennotsennyh-priznakov-chereshni> (accessed 10.07.2025).

2. Kuznetsova A.P., Dragavtseva I.A. Studying drought tolerance and heat resistance of fruit crop cultivars under changing climate conditions (on the example of sweet cherry in the Krasnodar Territory. Horticulture and Viticulture. 2023. No. 6. Pp. 18-25. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2023-6-18-25> (In Russ.). URL: <https://www.sadivin.com/jour/article/view/1095> (accessed 02.09.2025).

3. Lukicheva L.A., Chernenko L.A. Frost resistance and drought tolerance of sweet cherry cultivars and breeding forms in the conditions of the steppe Crimea. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2020. No. 85. Pp. 124-129. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44438320> (accessed 02.09.2025).

4. Adaptive sweet cherry cultivars for climate anomalies to be created at the Crimean Experiment Station of VIR. Nauka – TASS. (In Russ.). URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/24251619> (accessed 10.08.2025).

5. Oratovsky M.T. Cross-Pollination and Self-Pollination of Stone Fruit Crops (Sweet Cherry, Plum, Sour Cherry, Apricot and Peach). NKZS USSR, Ukrainian Research Institute of Fruit and Berry Farming, Proceedings of the Steppe Fruit and Berry Experiment Station. Iss. 1. Kyiv; Kharkiv: State Publishing House of Kolkhoz and Sovkhoz Literature of the Ukrainian SSR, 1935. 93 p. (In Ukr.).

Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Proc. of the European Symp., 30 June – 3 July, 1978. Gaas T., Frese L., Regemann F., Lipman E. (Compilers). Braunschweig, Rome, 1999. P. 191-213. URL: https://www.researchgate.net/publication/274138381_Genetic_enhancement_and_base_broadening_efforts (дата обращения 12.08.2025).

7. Помология. В 5 т. Т. 4. Слива, вишня, черешня / науч. ред. В.В. Павлюк. Киев: Урожай, 2004. 272 с.

8. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.

9. Черешня. Новые сорта плодовых и ягодных культур Украины / отв. ред. А.И. Шепельский. Киев, 1966. С. 129-203.

10. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Cerasus* Mill. / А.А. Юшев и др. Ленинград: ВИР, 1989. 48 с.

6. Ortiz R. Genetic enhancement and base-broadening efforts. Implementation of the Global Plan of Action in Europe – Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Proc. of the European Symp., 30 June – 3 July, 1978. Gaas T., Frese L., Begemann F., Lipman E. (Compilers). Braunschweig, Rome, 1999. Pp. 191-213. URL: https://www.researchgate.net/publication/274138381_Genetic_enhancement_and_base_broadening_efforts (accessed 12.08.2025).

7. Pomology. In 5 vol. Vol. 4. Plum, Sour Cherry, Sweet Cherry / scientific ed. V.V. Pavlyuk. Kyiv: Urozhai, 2004. 272 p.

8. Program and Methodology for Variety Study of Fruit, Berry and Nut Crops / Under the general editorship of E.N. Sedov and T.P. Ogoltsova. Orel: VNIISPК, 1999. 608 p. (In Russ.).

9. Sweet Cherry. New Varieties of Fruit and Berry Crops of Ukraine / resp. ed. A.I. Shepelsky. Kyiv, 1966. Pp. 129-203.

10. Broad Unified COMECON Classifier of the Genus *Cerasus* Mill. / A.A. Yushev et al. Leningrad: VIR, 1989. 48 p.

Сведения об авторах:

Толстолик Людмила Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Растениеводство им. проф. В.В. Калитки», директор НИИ растениеводства ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», e-mail: l.tolstolik@mail.ru, 272312, Россия, Запорожская область, г. Мелитополь, пр-кт Б. Хмельницкого, 18

Information about the authors:

Tolstolik Lyudmila Nikolajevna – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Associate Professor of the Department of «Plant Production named after Professor V.V. Kalitka», Director of the Research Institute of Plant Production Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Melitopol State University" e-mail: l.tolstolik@mail.ru 272312, Russia; Zaporizhzhia region, Melitopol, B Khmelnytsky Ave., 18

УДК 633.11“324”:631.84

**КАЧЕСТВО ЗЕРНА ТВЕРДОЙ
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ
ПРИМЕНЕНИИ НЕКОРНЕВОЙ
АЗОТНОЙ ПОДКОРМКИ И
СЕНИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ
КРЫМА**

**QUALITY OF DURUM WINTER
WHEAT GRAIN WITH THE
APPLICATION OF NON-ROOT
NITROGEN APPLICATION AND
SENICATING IN CRIMEAN
CONDITIONS**

Дударев Д.П., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Изотов А.М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Тарасенко Б.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Рогозенко А.В., кандидат сельскохозяйственных наук Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

Dudarev D.P., PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

Izotov A.M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Tarasenko B.A., PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

Rogozenko A.V., PhD in Agricultural Sciences

Institute «Agricultural Technology Academy», V.I. Vernadsky Crimean Federal University.

В статье представлены результаты многолетних исследований по изучению влияния некорневой азотной подкормки и сеникации на содержание белка в зерне твердой озимой пшеницы выращиваемой в Крыму. Установлено, что в условиях Крымского полуострова возрастающие дозы некорневой азотной подкормки водным раствором карбамида в период колошения-цветения твердой озимой пшеницы существенно и закономерно повышают содержание белка в ее зерне. Применение сеникации приводит к существенному повышению белковости зерна твердой озимой пшеницы при ее выращивании на достаточно высоких азотных фонах.

Ключевые слова: твердая озимая пшеница, содержание белка в зерне, некорневая подкормка, сеникация.

This article presents the results of long-term research examining the effects of foliar nitrogen fertilization and senication on grain protein content in hard winter wheat grown in Crimea. It was found that, under the conditions of the Crimean peninsula, increasing doses of foliar nitrogen fertilization with an aqueous urea solution during the heading-flowering period of hard winter wheat significantly and consistently increase grain protein content. Senication significantly increases grain protein content in hard winter wheat grown under relatively high nitrogen conditions.

Key words: hard winter wheat, grain protein content, foliar feeding, senication.

Введение. Твердая озимая пшеница все еще остается относительно новой для Крыма и не очень распространенной культурой несмотря на то, что почвенно-климатические условия полуострова благоприятны для формирования ею зерна с высоким содержанием белка. В Крыму довольно удачно сочетаются относительно плодородные почвы с высокой обеспеченностью теплом вегетационного периода и относительно мягкими зимами. Такой сложившийся комплекс природных условий способствует хорошей перезимовке растений и формированию зерна, обладающего высокими технологическими качествами. Однако технология ее выращивания, в том числе применение специальных агротехнических приемов повышения качества зерна (некорневых азотных подкормок и сеникации) еще не разработана в должной степени. В отличие от мягкой озимой пшеницы, на которой их воздействие на качество зерна не плохо изучено [1, 2, 3, 4, 5], на твердой озимой пшенице их эффективность нуждается в оценке, особенно в период происходящей в Крыму сортосмены. Изучение закономерностей их влияния на белковость зерна будет способствовать стабилизации и увеличению производства крымского высококачественного зерна озимой твердой пшеницы для использования в производстве макаронных изделий и круп высоких потребительских достоинств. Это позволит повысить их конкурентоспособность. Незавершенность разработки агротехнологии твердой озимой пшеницы не позволяет в должной мере реализовать потенциал почвенно-климатических ресурсов территории Крымского полуострова и высокопродуктивных сортов отечественной селекции. Поэтому разработка агротехнологических приемов повышения качества зерна озимой твердой пшеницы является для условий Крыма актуальной проблемой.

Материал и методы исследований. Наши исследования проводились с сортом озимой твердой пшеницы Агат Донской на опытном поле Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» в последние шесть лет. Опыты закладывались методом рандомизированных повторений, в четырехкратной повторности, площадь делянки составляла 60 м². Некорневые азотные подкормки проводились водным раствором карбамида в период колошения-цветения твердой озимой пшеницы. Сеникация выполнялась водным раствором сульфата аммония из расчета 25 кг туков на гектар в период тестообразного состояния зерна. Для обработки растений применялся ранцевый опрыскиватель. Урожай убирался прямым комбайнированием, с каждой делянки отбирались пробы по два килограмма зерна для последующего определения показателей его качества. Данные опыта интерпретировались с применением метода дисперсионного анализа [6].

Результаты и обсуждение. Для озимой твердой пшеницы проблема повышения качества зерна является весьма актуальной. В последние годы она значительно обострилась в связи с рядом объективных и субъективных причин, приведших к снижению белковости производимого зерна пшеницы.

Следует отметить, что рекомендуемые дозы азотных удобрений перед се-

вом и в ранневесеннюю подкормку направлены, в первую очередь, на формирование величины урожая. В большинстве случаев (порядка 2/3 годов) их достаточно и для получения хорошего качества зерна. Однако в отдельные, как правило, урожайные годы, качество зерна бывает недостаточно высоким.

Для решения этой проблемы целесообразно применять специальные агротехнические приемы, направленные на повышение белковости и сопряженных с ней показателей качества зерна – поздней некорневой азотной подкормки и сеникации.

В проведенных нами длительных по времени (в течение последних шести лет) исследованиях было установлено, что в условиях Крымского полуострова возрастающие дозы некорневой азотной подкормки водным раствором карбамида в период колошения-цветения твердой озимой пшеницы существенно и закономерно повышали содержание белка в ее зерне (табл. 1).

По нашему мнению, проведение поздней некорневой азотной подкормки бывает экономически оправдано только в том случае, если этот прием позволит повысить содержание белка в зерне до уровня, который будет соответствовать норме следующего, более высокого товарного класса твердой озимой пшеницы.

Таблица 1. Содержание белка в зерне твердой озимой пшеницы в зависимости от дозы поздней некорневой азотной подкормки (средние за 6 лет)

Доза некорневой азотной подкормки, кг/га д.в.	Содержание белка в зерне, %
0	12,35
20	13,48
40	14,21
НСР ₀₅	0,42

Об ожидаемой эффективности некорневой подкормки можно судить по концентрации общего азота в верхних листьях твердой пшеницы в фазу колошения. Так, если в трех верхних листьях пшеницы в это время содержится в среднем не менее 3,0 % общего азота, то качество зерна ожидается хорошим и некорневая подкормка не нужна. Если общего азота в листьях мало – 1,5 %, то для получения приемлемого качества зерна необходима некорневая подкормка карбамидом в дозе 40 кг/га д.в. При содержании азота в листьях 2,0 % дозу подкормки можно снизить до 30, а при 2,3 % – до 20 кг/га д.в.

Как известно, зерно высокого качества озимая пшеница формирует при условиях, благоприятных не только для накопления в растениях азота, но и для его естественного перемещения (реутилизации) в конце вегетации остатков азота вегетативных органов в зерно. Около 2/3 белка в зерне пшеницы синтезируется за счет азота, реутилизированного растением из его вегетативных органов. Одним из агротехнических приемов, позволяющих усилить реутилизацию азотистых веществ и тем самым повысить качество зерна пшеницы, является сеникация водным раствором сульфата аммония из расчета 25 кг туков на гек-

тар в период тестообразного состояния зерна. В условиях Крыма применение сеникации приводит к существенному повышению белковости зерна твердой озимой пшеницы (табл. 2).

Таблица 2. Влияние сеникации твердой озимой пшеницы на содержание белка в зерне (средние за 6 лет)

Вариант	Содержание белка в зерне, %
Контроль	12,29
Сеникация	13,00
НСР ₀₅	0,25

Эффективен этот прием только при выращивании твердой озимой пшеницы на достаточно высоких азотных фонах, где растения могут создать запас белков в вегетативных органах при содержании азота в листьях в количестве не менее 2,6 %. С увеличением содержания азота в листьях эффективность сеникации повышается.

Выводы. При выращивании твердой озимой пшеницы в условиях Крыма применение специальных приемов повышения качества зерна способствует существенному увеличению содержания белка в зерне.

С повышением дозы некорневой азотной подкормки от 0 до 40 кг/га д.в. закономерно увеличивается содержание белка в зерне твердой озимой пшеницы.

Применение сеникации на посевах твердой озимой пшеницы существенно повышает содержание белка в зерне.

Список использованных источников:

1. Альтергот В.Ф., Махоткина Г.А., Сезенев А.И. Сеникация. Что она дает? – Земледелие – 1972. – № 7. – С. 42-45.

2. Грабовец А.И. Роль некорневых подкормок при возделывании озимых пшеницы и тритикале в условиях засухи / А.И. Грабовец, К.Н. Бирюков // Земледелие. – 2018. – №7 – С. 36-38.

3. Ерошенко Ф.В. Азотные подкормки растений озимой пшеницы в условиях Ставропольского края / Ф.В. Ерошенко, А.А. Ерошенко, Т.В. Симатин, Е.О. Шестакова, Э.С. Давидянц, И.Г. Сторчак, О.В. Семенюк // Земледелие. – 2017. – №8 – С. 18-20

4. Изотов А.М. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от доз азотных удобрений и

References

1. Altergot V.F., Makhotkina G.A., Sezenev A.I. Senication. What does it give? – Agriculture – 1972. – No. 7. – P. 42-45.

2. Grabovets A.I. The role of foliar feeding in the cultivation of winter wheat and triticale under drought conditions / A.I. Grabovets, K.N. Biryukov // Agriculture. - 2018. - No. 7 - P. 36-38.

3. Eroshenko F.V. Nitrogen fertilization of winter wheat plants in the conditions of the Stavropol Territory / F.V. Eroshenko, A.A. Eroshenko, T.V. Simatin, E.O. Shestakova, E.S. Davidyants, I.G. Storchak, O.V. Semenyuk // Agriculture. - 2017. - No. 8 - P. 18-20

4. Izotov A.M. Yield and Grain Quality of Winter Wheat Depending on

приемов повышения качества зерна в условиях Крыма / А.М. Изотов, Б.А. Тарасенко, Д.П. Дударев // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 31 (194) – С. 23-34.

5. Николаев Е.В. Научные и практические основы повышения качества продукции растениеводства / Е.В. Николаев – Симферополь. – 2016. – 164 с.

6. 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

Nitrogen Fertilizer Doses and Methods for Improving Grain Quality in Crimea / A.M. Izotov, B.A. Tarasenko, D.P. Dudarev // News of Agricultural Science of Tavrida. - 2022. - No. 31 (194) - P. 23-34.

5. Nikolaev E.V. Scientific and Practical Foundations for Improving the Quality of Crop Products / E.V. Nikolaev - Simferopol. - 2016. - 164 p.

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

Сведения об авторах:

Дударев Дмитрий Петрович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель директора по учебной работе 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».

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,

Information about the author:

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.

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.

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, директор Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: rogozenko61@list.ru, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

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, Director of the Institute "Agrotechnological Academy" V. I. Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: rogozenko61@list.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe village, Institute "Agrotechnological Academy" V. I. Vernadsky Crimean Federal University.

УДК 631.452:631.6

**ВЛИЯНИЯ ПОЧВОПОКРОВНЫХ
КУЛЬТУР В ТЕХНОЛОГИИ
NO-TILL НА
АГРОХИМИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ В
УСЛОВИЯХ
ПРЕДГОРНО-СТЕПНОЙ ЗОНЫ
КРЫМА**

**INFLUENCE
OF COVER CROPS IN
NO-TILL TECHNOLOGY ON
AGROCHEMICAL INDICATORS
OF SOIL
IN THE
FROST-STEPPE ZONE OF
CRIMEA**

Ильин А.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры земледелия и растениеводства;
Скляр С.И., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры земледелия и растениеводства;
Захарчук П.С., аспирант
Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

Ilyin A.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production
Sklyar S.I., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production
Zakharchuk P.S., graduate student
Institute «Agricultural Technology Academy», V.I. Vernadsky Crimean Federal University.

В статье рассматривается влияние почвопокровных культур и азотных удобрений на агрохимические показатели почвы в условиях предгорно-степной зоны. Применение почвопокровных культур в сочетании с азотными удобрениями (особенно в дозах N_{80} и N_{120}), при формировании достаточной биологической массы почвопокровных и при многолетнем их выращивании в севообороте, может способствовать повышению содержания органического вещества в верхнем слое почвы, но в целом их влияние не существенно. Однако долгосрочный эффект требует учёта климатических условий. Влияние на содержание подвижного фосфора и обменного калия остаётся незначительным при отсут-

The article examines the effect of soil-covering crops and nitrogen fertilizers on soil agrochemical indicators in the foothill-steppe zone. The authors conclude that the use of soil-covering crops in combination with nitrogen fertilizers (especially at doses of N_{80} and N_{120}) demonstrates the potential for increasing the humus content in the topsoil. However, the long-term effect requires consideration of climatic conditions. The impact on the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium remains insignificant in the absence of specialized phosphorus and potassium fertilizers.

ствии специализированных фосфорных и калийных подкормок.

Ключевые слова: No-till, покровные культуры, азотные удобрения, агрохимические показатели, органическое вещество, подвижный фосфор и обменный калий

Keywords: No-till, cover crops, nitrogen fertilizers, agrochemical indicators, organic matter, humus, mobile phosphorus, and exchangeable potassium.

Введение. В современном земледелии особое значение приобретают технологии, направленные на сохранение и восстановление плодородия почв при снижении антропогенной нагрузки на агроэкосистемы. Одной из таких технологий является No-till, которая исключает механическое рыхление и переворачивание почвенных слоёв, что минимизирует эрозию, потерю влаги и нарушение структуры почвы [1].

Ключевую роль в системе No-till играют покровные культуры, выполняющие несколько важных функций: создание защитного растительного покрова, снижающего ветровую и водную эрозию; регулирование водного режима за счёт уменьшения испарения и улучшения инфильтрации влаги; обогащение почвы органическим веществом и биогенными элементами через разложение растительной массы; стимулирование биологической активности почвы благодаря развитию микробных сообществ и почвенной фауны; подавление сорной растительности за счёт конкуренции и аллелопатических эффектов; поддержание активности корневой системы, что способствует структурированию почвенных агрегатов [2-4].

Предгорно-степная зона Крыма – это специфический агроэкологический регион с умеренно континентальным климатом, периодическими засухами, склоновыми ландшафтами, подверженными эрозии, и почвами с ограниченным запасом органического вещества, чувствительными к деградации. В таких условиях применение покровных культур в технологии No-till становится важным фактором для стабилизации агрохимических показателей почвы: содержания гумуса и лабильных органических фракций; динамики доступных форм азота, фосфора и калия; кислотно-основного состояния (pH); биологической активности, отражающей интенсивность минерализационных процессов [5].

Материал и методы исследований. Исследования проводились на опытном поле Института «Агротехнологическая Академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» в предгорно-степной зоне Крыма. Почвенный покров участка состоит преимущественно из южного карбонатного малогумусного чернозема средней мощности, сформированного на темно-бурых глинах. В опыте изучалось влияние трёх факторов:

Фактор А – Предшественники:

A₁ – чечевица,

A₂ – горчица.

Фактор В – Биологические фоны:

В₁ – без посева почвопокровных культур после уборки основной культуры (контроль),

В₂ – промежуточный посев почвопокровных культур после уборки основной культуры.

Фактор С – Минеральные удобрения:

С₁ – без азотных удобрений (контроль),

С₂ – внесение азотных удобрений в дозе N₄₀,

С₃ – внесение азотных удобрений в дозе N₈₀,

С₄ – внесение азотных удобрений в дозе N₁₂₀.

Содержание подвижных соединений фосфора в почве определяли по методу Мачигина в модификации ЦИНАО в слоях: 0-10; 10-20; 20-30 см под озимой пшеницей в фазу колошения в 10 точках на всех делянках каждого повторения опыта (ГОСТ 26205-91); содержание органического вещества в почве по методу Тюрина в модификации ЦИНАО в слоях 0-10; 10-20 и 20-30 см. Пробы отбирались под озимой пшеницей в фазу колошения в 10 точках на каждой элементарной делянке (ГОСТ 26213-91).

Результаты и обсуждение. Ключевым фактором плодородия почвы является органическое вещество, формирующееся из разложившихся растительных остатков под воздействием микроорганизмов и мезофауны. Органическое вещество улучшает агрофизические свойства почвы, увеличивая структурные агрегаты, водопроницаемость и влагоемкость, что снижает эрозию. Оно также содержит активные вещества, стимулирующие рост растений и улучшающие влагообмен, способствуя развитию корневой системы. В процессе разложения органического вещества растения получают углекислый газ для фотосинтеза.

Для поддержания плодородия необходимо вносить азотные удобрения (8-10 кг на тонну остатков), компенсируя недостаток азота и замедляя минерализацию органического вещества. В пахотном слое чернозёмов южных органического вещества обычно 2,4-2,6%, и его снижение ухудшает структуру почвы, снижает биологическую активность, уменьшает питательные элементы и усиливает эрозию.

В 2022 году изученные дозы удобрений в севообороте одинаково влияли на уровень содержания органического вещества во всех слоях почвы, независимо от конкретных вариантов. В среднем по опыту этот показатель составил 2,58%.

Результаты наших исследований за 2023 год показали, что содержание органического вещества в слое почвы 0-30 см в среднем составило 2,79%. Больше всего органического вещества было в верхнем слое почвы 0-10 см, а с увеличением глубины пахотного слоя его количество уменьшалось.

Использование азотных удобрений после покровных культур положительно сказалось на содержании органического вещества (табл. 1).

Таблица 1. Содержание органического вещества под озимой пшеницей, % (2023 год)

Биологические фоны (фактор В)	Дозы удобрения (фактор С)	Слой почвы, см				Среднее для фактора В			
		0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
Без покровных (В ₁)	N ₀ (C ₁)	2,83	2,70	2,67	2,73	2,93	2,79	2,57	2,76
	N ₄₀ (C ₂)	2,86	2,75	2,67	2,79				
	N ₈₀ (C ₃)	2,91	2,75	2,51	2,76				
	N ₁₂₀ (C ₄)	3,02	2,94	2,41	2,80				
Покровные (В ₂)	N ₀ (C ₁)	2,79	2,66	2,41	2,62	3,02	2,82	2,63	2,83
	N ₄₀ (C ₂)	2,97	2,86	2,65	2,83				
	N ₈₀ (C ₃)	3,17	2,92	2,77	2,92				
	N ₁₂₀ (C ₄)	3,16	2,84	2,70	2,87				
НСР	В					F _В < F _{05(В)}			
	С	0,12	F _С < F _{05(С)}						

В 2023 году покровные культуры положительно влияли на содержание органического вещества в верхнем слое почвы (0-10 см), только в сочетании с азотными удобрениями в дозе 80-120 кг действующего вещества (д.в.). Однако доза N₄₀ кг д.в. не оказала значительного влияния на этот показатель. На варианте с N₈₀ содержание органического вещества составляло 3,01-3,17 %, а на варианте с N₁₂₀ — 3,02-3,16 %. Различия по биологическим фонам в 2023 году были несущественными.

В 2024 году, который был засушливым, внесение удобрений не оказало влияния на содержание органического вещества в верхнем слое почвы, так как микробиологические процессы разложения целлюлозы в этом слое были низкими (табл. 2).

Таблица 2. Содержание органического вещества под озимой пшеницей в зависимости от биологических фонов и азотных удобрений, %

Годы исследований	Слой почвы, см	Без покровных (В ₁)				Покровные (В ₂)			
		Z ⁰	Z ⁴⁰	Z ⁸⁰	Z ¹²⁰	Z ⁰	Z ⁴⁰	Z ⁸⁰	Z ¹²⁰
2022	0-10	2,90	2,96	3,02	2,96	2,83	2,90	2,92	2,88
	10-20	2,72	2,76	2,94	2,81	2,85	2,90	2,71	2,82
	20-30	2,60	2,61	2,60	2,60	2,62	2,51	2,65	2,52
	0-30	2,74	2,78	2,85	2,79	2,77	2,77	2,76	2,76
2023	0-10	2,60	2,68	2,73	2,67	2,73	2,81	2,59	2,71
	10-20	2,72	2,63	2,59	2,65	2,59	2,64	2,51	2,58
	20-30	2,40	2,29	2,52	2,40	2,48	2,46	2,38	2,44
	0-30	2,58	2,53	2,62	2,58	2,60	2,63	2,49	2,57
2024	0-10	2,83	2,58	2,83	2,75	2,79	2,65	2,84	2,70
	10-20	2,70	2,85	2,19	2,58	2,66	2,79	2,73	2,73
	20-30	2,67	2,45	2,20	2,44	2,41	2,80	2,46	2,56
	0-30	2,73	2,63	2,41	2,59	2,62	2,75	2,68	2,68
Среднее за 3 года	0-10	2,78	2,74	2,86	2,79	2,78	2,79	2,78	2,78
	10-20	2,71	2,75	2,57	2,68	2,70	2,78	2,65	2,71
	20-30	2,56	2,45	2,44	2,48	2,40	2,59	2,50	2,50
	0-30	2,68	2,65	2,62	2,65	2,63	2,72	2,64	2,66

За три года варианты опыта не оказали существенного влияния на уровень органического вещества во всех исследованных слоях почвы.

В 2022 году содержание подвижного фосфора в верхнем слое почвы (0-10 см) достигало 1,80 мг/100 г. Использование биологических фонов в севообороте одинаково влияло на доступность фосфора как в верхнем (0-10 см), так и в общем (0-30 см) слоях (табл.3).

Таблица 3. Содержание подвижного фосфора под озимой пшеницей, мг/100 г почвы

Дозы удобрений (фактор С)	Биологический фон (фактор В)								Среднее для фактора С			
	Без покровных				С покровными							
	Слой почвы, см											
	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
N ₀ (C ₁)	1,86	1,65	0,93	1,48	1,97	1,66	0,95	1,53	1,92	1,66	0,94	1,50
N ₄₀ (C ₂)	1,85	1,63	0,94	1,47	1,99	1,54	0,91	1,48	1,92	1,59	0,93	1,48
N ₈₀ (C ₃)	1,85	1,49	0,96	1,45	1,91	1,64	1,02	1,52	1,88	1,57	0,99	1,48
N ₁₂₀ (C ₄)	1,89	1,45	0,98	1,44	2,05	1,76	1,01	1,61	1,97	1,61	1,0	1,52
Среднее:	1,86	1,56	0,98	1,46	1,98	1,65	0,97	1,53				

Включение промежуточных культур в севооборот не привело к значительному увеличению содержания подвижного фосфора в верхнем слое почвы на глубине 0-20 см. В течение трех лет наблюдения концентрация подвижного фосфора в пахотном горизонте оставалась неизменной.

Количество калия в почве значительно зависит от её гранулометрического состава. Почвы с тяжелым механическим составом способны удерживать значительно больше калия, чем лёгкие. Помимо минералогического и гранулометрического состава, на способность почвы впитывать калий существенно влияют её влажность, содержание гумуса, кислотно-щелочная реакция, ёмкость поглощения, степень насыщенности основаниями, биологическая активность, а также дозы и формы применяемых калийных удобрений [6,7].

В нашем опыте калийные удобрения не применяли.

В 2023 году средний уровень обменного калия в верхнем слое почвы (0-10 см) составил 25,6 мг/100 г, а в слое 0-30 см – 21,7 мг/100 г. Варианты опыта не оказали значительного влияния на содержание калия (K₂O) в почве (табл. 4).

Таблица 4. Содержание обменного калия под озимой пшеницей, мг/100 г почвы

Дозы удобрений (фактор С)	Биологический фон (фактор В)								Среднее для фактора С			
	Без покровных				С покровными							
	Слой почвы, см											
	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
N ₀ (C ₁)	26,0	22,6	17,8	22,1	26,9	22,4	20,1	23,1	26,5	22,5	19,0	22,6
N ₄₀ (C ₂)	26,1	21,0	18,3	21,8	24,9	20,9	20,3	22,0	25,5	21,0	19,3	21,9
N ₈₀ (C ₃)	27,8	25,4	20,5	24,6	30,6	26,7	21,0	26,1	29,2	26,1	20,8	25,4
N ₁₂₀ (C ₄)	29,1	24,1	22,1	25,1	30,7	24,4	21,4	25,5	29,9	24,3	21,8	25,3
Среднее:	27,3	23,3	19,7	23,4	28,3	23,6	20,7	24,2				

Биологические фоны одинаково воздействовали на содержание обменного калия в верхнем слое почвы.

В течение трех лет исследований среднее содержание K_2O в слое почвы 0-30 см составило 22,6 мг на 100 г почвы. Все изученные варианты оказали одинаковое влияние на уровень этого элемента в пахотном слое ($F < F_{05}$).

Выводы. Применение почвопокровных культур в сочетании с азотными удобрениями (только в дозах N_{80} и N_{120}), при формировании достаточной биологической массы почвопокровных и при многолетнем их выращивании в севообороте, может способствовать повышению содержания органического вещества в верхнем слое почвы, однако долгосрочный эффект требует учёта климатических условий (например, засухи 2024 года). В целом, за три года исследований почвопокровные культуры не оказывали существенного влияния на содержание органического вещества в слоях почвы. При этом влияние на содержание подвижного фосфора и обменного калия остаётся незначительным при отсутствии специализированных фосфорных и калийных подкормок.

Список используемых источников

1. Чекаев, Н.П. Технология No-till — путь к реальным результатам / Н.П. Чекаев, А.Ю. Кузнецов // Продовольственная политика и безопасность — 2015. — № 2 (1). — С. 7–18
2. Степанов, В.В. Внедрение нулевой технологии при возделывании сельскохозяйственных культур / В.В. Степанов, А.О. Соловьев, А.И. Волков // Молодая наука аграрного Дона: традиции, опыт, инновации. — 2018. — Т. 2, № 2. — С. 108–111.
3. Кирюшин В.И. Минимизация

References

1. Chekaev, N.P. No-till technology — the way to real results / N.P. Chekaev, A.Y. Kuznetsov // Food policy and safety — 2015. — № 2 (1). — Pp. 7-18
2. Stepanov, V.V. The introduction of zero technology in the cultivation of agricultural crops / V.V. Stepanov, A.O. Solovyov, A.I. Volkov // Young science of the agrarian Don: traditions, experience, innovations. — 2018. — Vol. 2, No. 2. — pp. 108-111.
3. Kiryushin V.I. Minimization of tillage: prospects and contradictions //

обработки почвы: перспективы и противоречия // Земледелие, 2006. - № 5. - С.12-14,

4. Кирюшин В.И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований // Земледелие. 2013. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-minimizatsii-obrabotki-pochvy-perspektivy-razvitiya-i-zadachi-issledovaniy> (дата обращения: 23.12.2024).)

5. Беляева, О.Н. Система No-till и ее влияние на доступность азота почв и удобрений: обобщение опыта / О.Н. Беляева // Земледелие. — 2013. — № 7. — С. 16–18.

6. Синещеков В.Е. Влияние минимизации основной обработки почвы на предуборочную густоту растений и урожайность яровой пшеницы // Агрохимия, 2017, № 10. - С. 68-72. DOI: 10.7868/S0002188117100088.

7. Сираев М.Г. Совершенствование системы обработки почвы на черноземах Башкортостана / Проблемы Уральских черноземов. - Челябинск, 1993. - С. 62-68.

Agriculture, 2006, No. 5, pp.12-14,

4. Kiryushin V. I. The problem of minimizing tillage: development prospects and research objectives // Agriculture. 2013. No. 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-minimizatsii-obrabotki-pochvy-perspektivy-razvitiya-i-zadachi-issledovaniy> (date of request: 12/23/2024).)

5. Belyaeva, O. N. The No-till system and its effect on the availability of soil nitrogen and fertilizers: a generalization of experience / O. N. Belyaeva // Agriculture. - 2013. — No. 7. — pp. 16-18.

6. Sineshchekov V.E. The effect of minimizing basic tillage on the pre-harvest plant density and yield of spring wheat // Agrochemistry, 2017, No. 10. - pp. 68-72. DOI: 10.7868/S0002188117100088.

7. Siraev M.G. Improvement of the tillage system on the chernozems of Bashkortostan / Problems of the Ural chernozems. Chelyabinsk, 1993. pp. 62-68.

Сведения об авторах:

Ильин Александр Валериевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, 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 «Агротехнологи-

Information about the authors:

Ilyin Alexander Valerievich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production at the Institute «Agrotechnological Academy» of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: nis_katu@mail.ru, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye Village, Institute

ческая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Скляр Степан Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, 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».

Захарчук Павел Сергеевич – аспирант 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»

of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Sklyar Stepan Ivanovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production at the Institute «Agrotechnological Academy» of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: sklyar_stepan@gmail.com, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye Village, Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Zakharchuk Pavel Sergeevich is a postgraduate student at the Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye Village, Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University

УДК [631:634.232]: 66.024.4

**МОДЕЛИРУЮЩИЙ
АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ДАТ
ВЫХОДА ИЗ
ПОКОЯ И НАЧАЛА
ЦВЕТЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ
ЧЕРЕШНИ**

**A MODELING ALGORITHM FOR
CALCULATING THE DATES OF
DORMANCY
BREAK AND THE ONSET OF
FLOWERING IN SWEET CHERRY
TREES**

Караев А.И., доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой «Технические системы в АПК»;

Одинцова В.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра «Технические системы в АПК»;

Радев С.Ю., магистрант, ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет».

Karajev A.I., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Technical Systems in the AIC;

Odintsova V.A., Candidate of Biological Sciences (Ph.D. in Biology), Associate Professor, AIC;

Radev S. Ju., Master's student Complex AIC, FSBEI HE «Melitopol State University».

*Разработан алгоритм прогнозирования фенофаз черешни (*Prunus avium* L.) – выход из покоя и начало цветения в северо-западном Приазовье. Алгоритм на основе моделей CU и GDH показал высокую точность: расхождение с фактической датой цветения 0–3 суток. Установлено, что 30% GDH соответствует дате начала поливов испарительного охлаждения почек. Поливы обеспечивают смещение начала цветения в зону с минимальным риском повреждений почек весенними заморозками и сохранение урожая.*

Ключевые слова: черешня, модели CU (Chill Units) и GDH (Growing Degree Hours), испарительное охлаждение, алгоритм, прогнозирование дат, выход из покоя, начало цветения.

*An algorithm for predicting the phenophases of sweet cherry (*Prunus avium* L.) – dormancy break and the onset of flowering in the north-western Azov region has been developed. The algorithm, based on the CU and GDH models, demonstrated high accuracy, with a deviation of 0–3 days from the actual flowering date. It was found that the 30% GDH level corresponds to the date for initiating evaporative cooling irrigation of the buds. This irrigation shifts the onset of flowering by up into a period with a minimal risk of bud damage from spring frosts, thereby preserving the yield.*

Keywords: sweet cherry, CU (Chill Units) and GDH (Growing Degree Hours) models, evaporative cooling, algorithm, date prediction, dormancy break, onset of flowering.

Введение. Одним из ключевых механизмов адаптации многолетних пло-

довых культур к холодному времени года является период глубокого покоя, характеризующийся минимальной интенсивностью физиолого-биохимических процессов растения [2; 6]. Это сложное адаптивное состояние обеспечивает устойчивость к экстремально низким температурам и синхронизирует годичный цикл развития с сезонными изменениями климата. Для плодовых деревьев, таких как черешня (*Prunus avium* L.), общепризнанна модель трехфазного покоя [9, 8]. Начальная фаза – предварительный покой (предпокой), в течение которого происходят морфофизиологические перестройки, повышающие стресс-толерантность. Затем наступает фаза глубокого (биологического, эндогенного) покоя, когда ростовые процессы невозможны даже в оптимальных условиях. Под воздействием пониженных температур в зимний период растение переходит в состояние вынужденного покоя, при котором рост ингибируется только неблагоприятными внешними факторами [10].

Именно фаза вынужденного покоя имеет критическое значение для плодоводства. С наступлением весеннего потепления и удовлетворением потребности в холоде (яровизации) почки выходят из состояния покоя, их стресс-толерантность резко снижается, и они становятся уязвимыми к возвратным заморозкам. В почвенно-климатических условиях северо-западного Приазовья, для которых характерны неустойчивые погодные условия в период весенней вегетации, вероятность повреждения генеративных органов черешни заморозками достигает 60–70 %, что приводит к потере от 50 до 100 % потенциального урожая [5]. В контексте наблюдаемых климатических изменений, сопровождающихся увеличением частоты и интенсивности экстремальных метеорологических явлений, включая весенние заморозки, риски потерь потенциального урожая существенно возрастают.

Выявленная проблема заключается в том, что традиционный календарный подход к прогнозированию сроков цветения и планированию защитных мероприятий неэффективен в условиях высокой межгодовой изменчивости погодных условий. Это не позволяет точно определить оптимальные сроки для своевременного применения эффективных защитных технологических операций.

В качестве решения сформулирована гипотеза: существует возможность точного прогнозирования дат выхода деревьев черешни из глубокого покоя и перехода к фазе цветения на основе аккумуляции специфических тепловых констант – CU (Chill Units или ЕО – Единиц Охлаждения) и GDH (Growing Degree Hours или ГЧР – Градусо-Часы Роста). Такой прогноз позволит оптимизировать применение высокоэффективного агроприема – испарительного охлаждения почек. Данный прием, реализуемый методом мелкодисперсного дождевания кроны деревьев, позволяет за счет затрат тепла на испарение воды снижать температуру генеративных почек на 8–10 °С, что обеспечивает задержку цветения до 10 суток [3] и смещает его в период с минимальным риском заморозков.

Цель исследований – разработка алгоритма расчета дат выхода деревьев черешни из глубокого покоя и начала цветения для оптимизации проведения

поливов испарительного охлаждения почек.

Задачи исследований:

1. Установить предельные значения CU и GDH для деревьев черешни сорта Крупноплодная в условиях северо-западного Приазовья.
2. Разработать на основе феноклиматографических моделей моделирующий алгоритм прогнозирования даты выхода деревьев из глубокого покоя по модели CU и прогнозирования даты начала цветения по модели GDH.
3. Провести валидацию разработанного алгоритма на основе фенологических наблюдений дат начала цветения.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в два этапа: первый этап (2011–2020 гг.) был выполнен в насаждениях черешни Института орошаемого садоводства, а второй (2023–2025 гг.) проводился в насаждениях учебно-опытного хозяйства ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет» (Запорожская область).

Длительный период наблюдений позволил собрать репрезентативные данные по различным погодным условиям.

Объектом исследований служили деревья черешни (*Prunus avium* L.) сорта Крупноплодная, вступление которых в фазу полного плодоношения и стабильного ежегодного цветения обеспечило надежность фенологических наблюдений. Исследования проводили в типичных для региона почвенно-климатических условиях северо-западное Приазовье. Почвенный покров представлен южными малогумусными среднесуглинистыми черноземами. Климат региона умеренно-континентальный, характеризуется жарким засушливым летом и умеренно холодной зимой с неустойчивым снежным покровом. Среднегодовая температура воздуха составляет +9,8 °C. Сумма активных температур (> +10 °C) достигает 3300–3400 °C, что полностью обеспечивает потребности культуры в тепловой энергии. Годовая сумма осадков – 450–470 мм, что обуславливает необходимость орошения.

Для прогнозирования дат выхода из глубокого покоя и начала цветения использовали феноклиматографические модели, основанные на расчете аккумуляции термических констант [4; 3]. Модель CU применялась для определения количества холода, необходимого для преодоления эндодорманции и перехода в фазу вынужденного покоя. Модель GDH, основанная на косинусоидальной функции (ASYMCUR), использовалась для расчета количества эффективного тепла, требуемого для перехода от выхода из глубокого покоя к фазе начала цветения. Эти модели тесно связаны между собой: дата достижения порогового значения CU является точкой отсчета для начала аккумуляции GDH.

Метеорологические данные, а именно почасовые значения температуры воздуха, получали с Мелитопольской городской метеостанции. Точность измерения температуры составляла ±0,5 °C. Фенологические наблюдения за наступлением фенофаз начала цветения проводили по общепринятым методикам в садоводстве [7].

Статистическая обработка данных включала расчет средних значений, стандартных отклонений и ошибок средних. Для определения значений констант CU

и GDH, специфичных для сорта Крупноплодная в условиях региона, использовали метод наименьших стандартных отклонений от максимального накопления GDH для фиксированного значения CU. Валидацию и калибровку моделей проводили путем сравнения прогнозируемых и фактических дат начала цветения в течение 10 полных годовичных циклов развития деревьев (2011–2020 гг.).

Важным ограничением исследования является то, что полученные значения констант и алгоритмы валидированы для выращивания черешни сорта Крупноплодная в специфичных почвенно-климатических условиях северо-западного Приазовья. Их применение для других сортов черешни и в иных агроэкологических условиях требует проведения дополнительных корректировочных исследований.

Результаты и обсуждение. 1. Определение дат выхода из глубокого покоя и начала цветения деревьев черешни.

В результате 10-летних исследований установлены предельные значения феноклиматографических величин: констант CU и GDH для черешни [5]. Установлено, что для выхода деревьев черешни сорта Крупноплодная из периода глубокого покоя (рис.1), значение константы составляет 1350 CU.

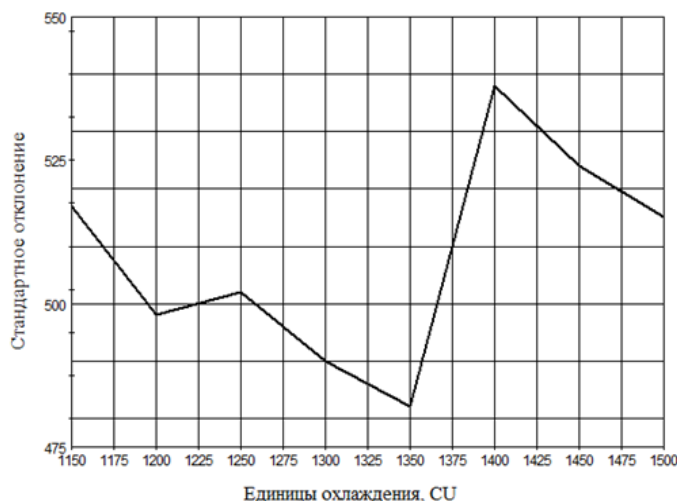


Рисунок 1. Установление предельные значения константы CU черешни сорта Крупноплодная по минимальному значению стандартного отклонения

По среднему значению GDH периода вычисления предельного значения CU рассчитано предельное значение константы 4839 GDH, накопление которого необходимо для начала цветения черешни, что соответствует 100%.

Таким образом, для выхода из периода глубокого покоя деревьям черешни потребуется накопить 1350 CU, а для начала цветения 4839 GDH (табл. 1).

Таблица 1. Предельные значения феноклиматографических показателей черешни сорта Крупноплодная

Название показателя	Фенологическая фаза развития	Предельные значения
Накопление деревьями CU в период глубокого покоя	Начало выхода деревьев из состояния глубокого покоя	1350 CU
Накопление деревьями GDH в период вынужденного покоя и весенней вегетации	Начало цветения деревьев	4839 GDH

Следовательно, для условий северо-западного Приазовья установлены видовые и сортовые константы: 1350 CU для преодоления эндодорманции и 4839 GDH для индукции цветения черешни сорта Крупноплодная.

2. Разработка моделирующего алгоритма

На основании установленных констант CU и GDH разработан моделирующий алгоритм, состоящий из двух последовательных блоков.

Блок 1. Алгоритм расчета даты выхода деревьев из вынужденного покоя

Входные данные и параметры модели:

- предельное значение CU_{thresh} – 1350 CU

- нормативные значения накопления CU от температуры воздуха (табл.2) [10].

Таблица 2. Нормативные значения CU от температуры воздуха

Температура воздуха, T_h (°C)	0	1,1	1,8	3	6	7,5	8,5	9,5	11	14,5	21
CU	0	0,48	0,63	0,95	1	0,95	0,84	0,7	0,5	0	-1

Последовательность вычислений:

а) Расчет почасовой температуры (T_h).

Для каждого дня наблюдения необходимо рассчитать почасовые значения температуры (T_h), которые моделируются на основе суточного минимума (T_{min}) и максимума (T_{max}) по линейной интерполяции:

$$T_h = I_h \frac{T_{max} - T_{min}}{23} + T_{min}, \quad (1)$$

где I_h – индекс часа ($0 \leq I_h \leq 23$);

б) Расчет значений CU_h за час.

Определения CU_h:

1. Если $T_h \leq 0$ °C: CU_h = 0

2. Если $T_h \geq 21$ °C: CU_h = -1

3. Если 0 °C < T_h < 21 °C: CU_h рассчитывается путем линейной интерполяции между ближайшими значениями (табл.3).

Для каждого T_h значение CU_h определяется на основе нормативных значений путем линейной интерполяции между ближайшими табличными значениями:

$$CU_h = CU_{min} + \frac{(T_h - T_{min}) \times (CU_{max} - CU_{min})}{T_{max} - T_{min}} \quad (2)$$

где T_{\min} , T_{\max} – минимальное и максимальное значения температурного диапазона, в который попадает T_h ;

CU_{\min} , CU_{\max} – соответствующие им значения единиц охлаждения;

в) Расчет суммарных единиц охлаждения (CU_{day}) за сутки:

$$CU_{day} = \sum_{h=1}^{24} CU_h ; \quad (3)$$

г) Определение даты входа в покой ($D_{entrance}$).

Дата входа в покой определяется как день, следующий за последними в осеннем периоде сутками с отрицательным значением CU_{day} ;

д) Суммарное накопление за период (ΣCU).

Накопленная сумма ΣCU рассчитывается итеративно для каждого дня (i), начиная с дня входа в покой $D_{entrance}$:

$$\Sigma CU_i = \Sigma CU_{i-1} + CU_{day,i} \quad (4)$$

где ΣCU_{i-1} – накопленная сумма за предыдущие сутки;

е) Определение даты выхода из покоя (D_{exit}).

Дата выхода из покоя соответствует первому дню (i), в который выполняется условие:

$$\Sigma CU_i \geq CU_{thresh}. \quad (5)$$

Блок-схема алгоритма расчета даты выхода из глубокого покоя для блока 1 приведена в табл. 3.

Таблица 3. Блок-схема алгоритма расчета даты выхода из глубокого покоя

№ шага	Блок (Действие/Решение)	Пояснение / Вычисление / Условие	Выход / Переход
1	Начало	Инициализация алгоритма.	→ Шаг 2
2	Загрузка входных параметров	CU_{thresh} Загрузка нормативной таблицы 1.	→ Шаг 3
3	Определение даты входа в покой ($D_{entrance}$)	Проанализировать данные и найти дату, следующую за последними сутками с $CU_{day} < 0$ в осеннем периоде.	→ Шаг 4
4	Установка начальной даты и аккумулятора	Установить текущую дату $D_{current} = D_{entrance}$. Обнулить накопитель: $\sum CU = 0$.	→ Шаг 5
5	Ввод данных за сутки	Для даты $D_{current}$ ввести T_{min} и T_{max} .	→ Шаг 6
6	Расчет почасовой температуры	Для каждого часа h (0...23) рассчитать T_h по формуле (1).	→ Шаг 7
7	Расчет CU за час	Для каждого T_h :	→ Шаг 8
	Решение 7.1	Если $T_h \leq 0$:	$CU_h = 0$
	Решение 7.2	Иначе, если $T_h \geq 21$:	$CU_h = -1$
	Решение 7.3	Иначе, если $0 < T_h < 21$	Рассчитать CU_h по (2)
8	Суммирование CU за сутки	$CU_{day} = \sum_{c=1}^{24} CU_h$ по (3).	→ Шаг 9
9	Аккумуляция CU	$\sum CU_{new} = \sum CU_{old} + CU_{day}$ по (4).	→ Шаг 10
10	Проверка условия завершения	Если $\sum CU_{new} \geq CU_{thresh}$ (Условие 5): Иначе:	→ Шаг 11 (Да) → Шаг 12 (Нет)
11	Фиксация даты выхода из покоя	Зафиксировать дату выхода из покоя: $D_{exit} = D_{current}$.	→ Шаг 13
12	Переход к следующим суткам	$D_{current} = D_{current} + 1$ день. Обновить $\sum CU = \sum CU_{old}$.	→ Шаг 5
13	Конец	Вывод результата: D_{exit} .	

Блок 2. Алгоритм расчета даты начала цветения деревьев

Входные параметры: - дата выхода из глубокого покоя (D_o) – расчетная дата начала аккумуляции эффективного тепла;

- сумма активных температур для начала цветения (SAT_{thresh}) – предельное значение аккумулярованных GDN 4839 для индукции цветения;

- оптимальная температура (T_{opt}) – температура, обеспечивающая максимальную скорость развития (25 °C);

- базовая (пороговая) температура (T_{base}) – нижний температурный порог, ниже которого развитие практически отсутствует (4,5 °C).

- критическая температура (T_{crit}) – верхний температурный порог, выше которого развитие подавляется (36 °C).

Последовательность вычислений:

а) Расчет почасовой температуры (T_h).

Для каждого дня наблюдения, начиная с D_o , почасовые значения температуры (T_h) рассчитываются на основе суточного минимума (T_{min}) и максимума (T_{max}) по линейной интерполяции (1);

б) Расчет эффективных значений GDN за час ($EGH D_h$).

Для каждого T_h рассчитывается вклад в тепловое развитие растения ($EGH D_h$) по кусочно-заданной функции, основанной на косинусоидальной модели:

1. Если $T_h < T_{base}$ или $T_h > T_{crit}$ то $EGH D_h = 0$,

2. Если $T_{base} < T_h \leq T_{opt}$:

$$EGH D_h = \frac{T_{opt} - T_{base}}{2} \times \left[1 + \cos \left(\pi + \pi \cdot \frac{T_h - T_{base}}{T_{opt} - T_{base}} \right) \right], \quad (6)$$

3. Если $T_{opt} < T_h < T_{crit}$:

$$EGH D_h = \frac{T_{opt} - T_{base}}{2} \times \left[1 + \cos \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot \frac{T_h - T_{opt}}{T_{crit} - T_{opt}} \right) \right]; \quad (7)$$

в) Расчет суммарных эффективных ($EGHD_{day}$) за сутки:

$$EGHD_{day} = \sum_{h=1}^{24} EGH D_h; \quad (8)$$

г) Суммарная аккумуляция эффективных ($\Sigma EGH D$) за период.

Накопленная сумма тепла рассчитывается итеративно для каждого дня (i), начиная с D_o :

$$\Sigma EGH D_i = \Sigma EGH D_{i-1} + EGH D_{day,i}, \quad (9)$$

где $\Sigma EGH D_{(i-1)}$ – накопленная сумма за предыдущие сутки;

д) Определение даты начала цветения (D_{flower}).

Дата начала цветения соответствует первому дню (i), в который выполняется условие:

$$\Sigma EGH D_i \geq SAT_{thresh}; \quad (10)$$

е) Расчет процента достигнутого теплового порога (P).

Для любого дня наблюдения i процент завершенности термальной стадии развития рассчитывается как:

$$P_i = \frac{\Sigma EGH D_i \times 100}{SAT_{thresh}}.$$

Блок-схема алгоритма расчета даты начала цветения деревьев черешни для блока 2 приведена в табл. 4.

Таблица 4. Блок-схема алгоритма расчета даты начала цветения

№ шага	Блок (Действие/Решение)	Пояснение / Вычисление / Условие	Выход / Переход
1	Начало	Инициализация алгоритма	→ Шаг 2
2	Загрузка входных параметров	$D_o, SAT_{thresh}, T_{opt}, T_{base}, T_{crit}$	→ Шаг 3
3	Установка начальной даты	Установить текущую дату $D_{current} = D_o$; Обнулить аккумулятор: $\Sigma EGHD = 0$;	→ Шаг 4
4	Ввод данных за сутки	Для даты $D_{current}$ ввести T_{min} и T_{max} .	→ Шаг 5
5	Расчет почасовой температуры	Для каждого часа h (0...23) рассчитать T_h по формуле (1).	→ Шаг 6
6	Расчет $EGHD$ за час	Для каждого T_h ;	→ Шаг 7
	Решение 6.1	Если $T_h < T_{base}$ или $T_h > T_{max}$;	$EGHD_h = 0$
	Решение 6.2	Иначе, если $T_{base} < T_h \leq T_{opt}$;	Рассчитать $EGHD_h$ по (6)
	Решение 6.3	Иначе, если $T_{opt} < T_h < T_{max}$	$EGHD_h$ по (7)
7	Суммирование $EGHD$ за сутки	$EGHD_{day} = \sum_{h=1}^{24} EGHD_h$ по (8).	→ Шаг 8
8	Аккумуляция $EGHD$	$\Sigma EGHD_{new} = \Sigma EGHD_{old} + EGHD_{day}$ по (9).	→ Шаг 9
9	Проверка условия	Если $\Sigma EGHD_{new} > SAT_{thresh}$ по (10); Иначе;	→ Шаг 10 (Да) → Шаг 11 (Нет)
10	Фиксация даты цветения	Зафиксировать дату начала цветения: $D_{flower} = D_{current}$	→ Шаг 12
11	Переход к следующим суткам	$D_{current} = D_{current} + 1$ сутки. Обновить $\Sigma EGHD_{old} = \Sigma EGHD_{new}$.	→ Шаг 4
12	Расчет процента завершения (опционально)	Для любой даты (по 11): $P_i = \frac{\Sigma EGHD_i \times 100}{SAT_{thresh}}$	→ Шаг 13
13	Конец	Вывод результатов: $D_{flower}, \Sigma EGHD, P_i$.	

Табличный формат алгоритма наглядно отображает поток управления, условия ветвления и итерационный процесс накопления тепла. Он легко преобразуется в программный код или используется для ручного расчета. Разработанный алгоритм представляет собой последовательную двухэтапную модель, где выход первого блока (D_{exit}) является входным параметром для второго блока. Это позволяет имитировать физиологический процесс перехода растения от периода глубокого покоя до начала цветения.

Результаты валидации моделирующего алгоритма, основанного на использовании феноклиматографических моделей CU и GDH, полученные сравнением прогнозных (расчетных) и фактических дат начала цветения, представлены в табл. 5.

Таблица 5. Результаты валидации моделей

Культура	Год наблюдений	Расчетная дата выхода из глубокого покоя	Дата начала цветения		Разница между прогнозной и фактической датами начала цветения, сутки
			прогнозная	фактическая	
Черешня, сорт Крупноплодная	2010	16.02.10	24.04	22.04	+2
	2011	06.02.11	28.04	28.04	0
	2012	08.01.12	20.04	22.04	-2
	2013	21.02.13	21.04	22.04	-1
	2014	10.02.14	17.04	18.04	-1
	2015	04.02.15	26.04	25.04	+1
	2016	20.01.16	15.04	14.04	+1
	2017	03.02.17	18.04	20.04	-2
	2018	01.01.18	19.04	19.04	0
	2019	24.02.19	16.04	13.04	+3
	2020	29.01.20	07.04	07.04	0
	2023	19.01	19.04	16.04	3
	2024	22.02	12.04	12.04	0
	2025	20.01	18.04	16.04	2

Верификация алгоритма показала его высокую точность: расхождение между прогнозируемыми и фактическими датами начала цветения составило 0–3 суток. Полученные данные свидетельствуют о репрезентативности моделей.

Накопление CU и GDH деревьями черешни при определении дат выхода из глубокого покоя и начала цветения в 2024 году представлены на рис. 2.

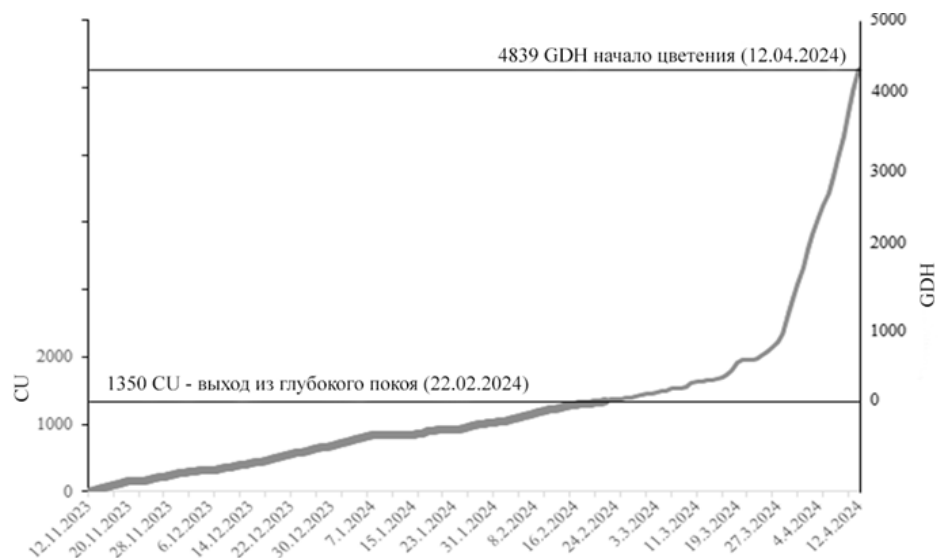


Рисунок 2. Динамика накопления CU и GDH при определении дат выхода из глубокого покоя и начала цветения деревьев черешни в 2024г

Графическое представление (рис.2) демонстрирует динамику накопительных процессов в деревьях черешни сорта Крупноплодная по установленным феноклиматографическим показателям CU и GDH, по константам которых определены даты выхода из периода глубокого покоя и начала цветения.

Выводы. 1. Для деревьев черешни сорта Крупноплодная в условиях северо-западного Приазовья установлены предельные значения феноклиматографических констант: 1350 CU – для выхода из глубокого покоя и 4839 GDH – для начала цветения.

2. На основе установленных констант разработан моделирующий алгоритм, который с точностью до 3 дней прогнозирует даты выхода деревьев из глубокого покоя и начала их цветения.

3. Практическая реализация алгоритма позволяет автоматизировать процесс расчета календарных дат начала поливов испарительным охлаждением почек при термальной стадии развития, соответствующей 30% GDH, что обеспечивает задержку цветения деревьев, смещая его в период с минимальной вероятностью весенних заморозков и способствует сохранению потенциальной урожайности черешни.

4. Разработанный алгоритм создает научную основу для устойчивого производства косточковых культур в условиях меняющегося климата и может быть адаптирован для других сортов черешни в различных почвенно-климатических зонах.

Список использованных источников:

1. Anderson J. L., Richardson E. A., Kesner C. D. Validation of chill unit and flower bud phenology models for 'Montmorency' sour cherry // *Acta Horticulturae*. – 1986. – Vol. 184. – P. 71–78.
2. Campoy J. A., Ruiz D., Egea J. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review // *Scientia Horticulturae*. – 2011. – Vol. 130. – № 2. – P. 357–372.
3. Erez A. Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics // *Temperate Fruit Crops in Warm Climates*. – 2000. – P. 17–48.
4. Fishman S., Erez A., Couvillon G. A. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: computer simulation of processes studied under controlled temperatures // *Journal of Theoretical Biology*. – 1987. – Vol. 126. – № 3. – P. 309–321.
5. Караев А. И., Сушко С., Оди́нцова В. Формирование базы данных для автоматизированного управления физиологическим состоянием плодовых деревьев мелкодисперсным дождеванием // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. – 2016. – Vol. 18. – № 1. – С. 55–59.
6. Luedeling E. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: a review // *Scientia Horticulturae*. – 2012. – Vol. 144. – № 6. – P. 218–229.
7. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР/сост. П.И. Лапин. М., 1975 27с.
8. Нестеров Я. С. Период покоя плодовых культур. – Москва : Сель-

References:

1. Anderson J. L., Richardson E. A., Kesner C. D. Validation of chill unit and flower bud phenology models for 'Montmorency' sour cherry // *Acta Horticulturae*. – 1986. – Vol. 184. – P. 71–78.
2. Campoy J. A., Ruiz D., Egea J. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review // *Scientia Horticulturae*. – 2011. – Vol. 130. – № 2. – P. 357–372.
3. Erez A. Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics // *Temperate Fruit Crops in Warm Climates*. – 2000. – P. 17–48.
4. Fishman S., Erez A., Couvillon G. A. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: computer simulation of processes studied under controlled temperatures // *Journal of Theoretical Biology*. – 1987. – Vol. 126. – № 3. – P. 309–321.
5. Karaev A. I., Sushko S., Odintsova V. Formation of a database for automated management of the physiological state of fruit trees using fine-spray irrigation // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. — 2016. — Vol. 18. — No. 1. — P. 55–59.
6. Luedeling E. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: a review // *Scientia Horticulturae*. – 2012. – Vol. 144. – № 6. – P. 218–229.
7. Karaev A. I., Sushko S., Odintsova V. Formation of a database for automated management of the physiological state of fruit trees using fine-spray irrigation // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. — 2016. — Vol. 18. — No. 1. — P. 55–59.

хозиздат, 1962. – 152 с. – Nesterov Ya. S. Period pokoya plodovykh kul'tur [Dormancy period of fruit crops]. – Moscow : Sel'khozizdat, 1962. – 152 p.

9. Туманов И. И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. – Москва: Наука, 1979. – 352 с

10. Withers P., Cooper C. Dormancy // Encyclopedia of Ecology: in 3 vol. / ed. by B. D. Fath. – Elsevier, 2018. – Vol. 3. – P. 309–314.

8. Nesterov Ya. S. Period pokoya plodovykh kul'tur [Dormancy period of fruit crops]. – Moscow: Selkhozizdat, 1962. – 152 p.

9. Tumanov I. I. Fiziologiya zakalivaniya i morozostoikosti rastenii [Physiology of hardening and frost resistance of plants]. – Moscow: Nauka, 1979. – 352 p.

10. Withers P., Cooper C. Dormancy // Encyclopedia of Ecology: in 3 vol. / ed. by B. D. Fath. – Elsevier, 2018. – Vol. 3. – P. 309–314.

Сведения об авторах:

Караев Александр Игнатьевич – доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», e-mail: akaraiev57@mail.ru, 272312, Запорожская область, г. Мелитополь, пр-кт Б. Хмельницкого, 18;

Одинцова Валентина Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры Технические системы в АПК ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», e-mail: valya.odintsova.60@mail.ru, 272312, Запорожская область, г. Мелитополь, пр-кт Б. Хмельницкого, 18;

Радев Станислав Юрьевич, магистрант ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», e-mail: stacyck@yandex.ru, 272312, Запорожская область, г. Мелитополь, пр-кт Б. Хмельницкого, 18.

Information about the authors:

Alexander Ignatijevich Karajev, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of "Technical Systems in the Agro-Industrial Complex "FSBEI of HE «Melitopol State University» e-mail: akaraiev57@mail.ru, 272312, 18 B. Khmelnytsky Ave., Melitopol, Zaporizhzhia region;

Valentina A. Odintsova, Candidate of Biological Sciences (Ph.D. in Biology), Associate Professor, Head of the Department of "Technical Systems in the Agro-Industrial Complex "FSBEI of HE «Melitopol State University» e-mail: valya.odintsova.60@mail.ru, 272312, 18 B. Khmelnytsky Ave., Melitopol, Zaporizhzhia region;

Radev Stanislav Iur'evich, Master's student Complex "FSBEI of HE «Melitopol State University» stacyck@yandex.ru, 272312, 18 B. Khmelnytsky Ave., Melitopol, Zaporizhzhia region.

УДК 633.11.„324”:631.84

**ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ
УДОБРЕНИЙ НА
УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО
ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ
ПШЕНИЦЫ В
КФХ «КОРОСТИНСКИЙ»
ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**THE EFFECT OF NITROGEN
FERTILIZERS ON
THE YIELD AND GRAIN
QUALITY OF WINTER WHEAT
VARIETIES IN THE FARM
"KOROSTINSKY" OF THE
KHERSON REGION**

Горбунова Е.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства

Шатова М.В. обучающаяся 1 курса магистратуры очной формы обучения

Горбунов В.Р. обучающийся 1 курса бакалавриата очной формы обучения

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

Gorbunova E.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production

Shatova M.V. is a 1st-year full-time master's student

Gorbunov V.R. is a 1st-year full-time undergraduate student

Institute «Agricultural Technology Academy», V.I. Vernadsky Crimean Federal University.

В статье исследуется влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в крестьянско-фермерском хозяйстве «Коростинский» Херсонской области. На основании проведенного исследования можно предложить для производственных условий КФХ «Коростинский» применять дозу азотного удобрения в пределах 40–60 кг действующего вещества на гектар. Именно при внесении N_{60} достигается оптимальное сочетание высокой урожайности, качественных характеристик зерна и экономической эффективности. Это позволит хозяйству достичь максимальной прибыли и стабильных результатов при выращивании исследованных сортов озимой пшеницы.

Ключевые слова: озимая пшеница,

The article examines the effect of nitrogen fertilizers on the yield and quality of winter wheat grain in the Korostinsky peasant farm in the Kherson region. Based on the research conducted, it is recommended to use a nitrogen fertilizer dose of 40-60 kg of active ingredient per hectare for the production conditions of the Korostinsky peasant farm. Applying N_{60} achieves an optimal combination of high yield, grain quality, and economic efficiency. This will allow the farm to achieve maximum profits and stable results in the cultivation of the studied varieties of winter wheat.

Keywords: winter wheat,

продуктивность, урожайность, качественные показатели зерна, азотные удобрения. productivity, yield, grain quality indicators, nitrogen fertilizers.

Введение. Озимая пшеница играет ключевую роль в сельском хозяйстве Херсонской области, составляя около половины общего объема зерновых культур [1]. Однако климатические условия юга степной зоны, характеризующиеся нестабильностью, существенно влияют на урожайность и качество зерна, вызывая значительные колебания в годовых объемах производства. В связи с этим совершенствование агротехнологий для возделывания озимой пшеницы становится приоритетной задачей, способной обеспечить устойчивость и повышение продуктивности аграрного сектора региона. Эта культура имеет стратегическое значение не только для сельского хозяйства, но и для экономического развития области. Внедрение современных агротехнологий, использование новейших сортов и гибридов, а также передовые методы защиты растений и удобрения способствуют повышению эффективности выращивания. Это позволяет региону поддерживать стабильные объемы производства и обеспечивать продовольственную безопасность как на местном, так и на национальном уровнях [2].

Однако в последние годы в Херсонской области наблюдается нестабильность урожайности озимой пшеницы из-за неблагоприятных агроклиматических условий, особенно в засушливых степных районах. Средний уровень продуктивности в этих зонах остается высоким, но подвержен значительным колебаниям. Например, в 2023 году сбор озимой пшеницы составил 1,5 млн тонн, а в 2024 году он снизился до 1,3 млн тонн при посевной площади в 573 тыс. га [3-4]. Эти изменения подчеркивают необходимость совершенствования агротехнологий, повышения устойчивости производства к климатическим рискам и внедрения адаптивных мер для стабилизации урожайности.

Несмотря на достижения в области селекции и агротехники, эффективность существующих методов выращивания озимой пшеницы остается недостаточной. Увеличивающаяся аридизация требует разработки новых решений и технологических инноваций для повышения устойчивости агроэкосистемы к абиотическим стрессам, а также для повышения экономической эффективности производства зерна. Особое внимание уделяется применению азотных удобрений, которые могут значительно улучшить продуктивность и качество зерна в условиях неблагоприятных климатических условий.

Материал и методы исследований. Полевые исследования осуществлялись в 2023-2024 гг. на производственно-опытном участке крестьянско-фермерского хозяйства «Коростинский», находящегося в юго-восточной части Херсонской области, вблизи села Новопокровка Новотроицкой территориальной общины. Экспериментальная работа проводилась в соответствии с методическими рекомендациями Б.А. Доспехова, адаптированными к условиям производственного земледелия.

Общая посевная площадь хозяйства составляет 3 500 га, из которых под возделывание озимой пшеницы отведено 1 840 га, что обусловлено как почвенно-климатическими факторами, так и значимостью данной культуры в структуре посевных площадей хозяйства.

Одновременно в хозяйстве закладывались три однофакторных эксперимента. На разных полях высевались три сорта озимой пшеницы – Кубань, Кольчуга и Арена.

На каждом сорте в 4-кратной повторности изучалось влияние разных вариантов доз азотного удобрения (N_0 – контроль, без удобрений, N_{40} , N_{60} и N_{80} кг/га) на урожайность и качество зерна озимой пшеницы разных сортов.

Посев озимой пшеницы выполняли 16–20 октября сеялкой СЗП-3,6 на глубину 4–6 см при норме высева 5,0 млн всхожих семян/га. Предшественник – чистый пар. Внесение удобрений выполняли сеялкой для внесения минеральных удобрений СУ-12-01.

Результаты и обсуждение. Азотные удобрения играют ключевую роль в системе минерального питания озимой пшеницы, способствуя росту и развитию растений, включая формирование вегетативных и репродуктивных органов [5]. Их внесение в агроценозы стимулирует фотосинтетическую активность посевов, усиливает процессы кушения и способствует развитию мощной корневой системы, что положительно сказывается на урожайности и качестве зерна. В условиях интенсивного сельскохозяйственного производства и дефицита доступных форм азота в почвах использование азотных удобрений становится обязательным технологическим элементом. Эффективность азотного питания варьируется в зависимости от сортовых особенностей озимой пшеницы, применяемых доз удобрений и почвенно-климатических условий. Это подчеркивает необходимость экспериментального изучения влияния различных норм азотных удобрений в реальных производственных условиях.

Результаты проведенных экспериментов демонстрируют положительное влияние азотных удобрений на урожайность озимой пшеницы. Ниже представлены данные по каждому из трех сортов.

Анализ результатов полевых исследований, проведенных в 2023-2024 годах на базе КФХ «Коростинский», установил четкие зависимости влияния азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы сортов Кубань, Кольчуга и Арена.

На основании собранных данных (табл. 1-3) установлено, что применение азотных удобрений значительно повысило урожайность всех изученных сортов. Достоверный прирост урожайности наблюдался при дозе азота 40 кг/га: сорт Кубань увеличил урожайность с 4,96 до 5,76 т/га (на 0,8 т/га или 16,1 %), сорт Кольчуга – с 5,93 до 7,73 т/га (на 1,8 т/га или 30,4 %), сорт Арена – с 6,42 до 7,52 т/га (на 1,1 т/га или 17,1 %). Дальнейшее увеличение дозы азота до 60 кг/га (N_{60}) и 80 кг/га (N_{80}) способствовало увеличению прироста урожая в сравнении с вариантом N_{40} , однако эта прибавка была недостоверной и не дала экономически обоснованного эффекта.

Таблица 1. Эффективность использования азотных удобрений на озимой пшенице сорта Кубань (средние за 2023-2024 годы)

Доза азота, кг/га	Урожайность, т/га			Белок, %			Клейковина, %		
	2023	2024	Ср.	2023	2024	Ср.	2023	2024	Ср.
N ₀	5,10	4,82	4,96	12,2	11,9	12,1	22,6	22,2	22,4
N ₄₀	5,90	5,62	5,76	13,2	12,9	13,1	24,5	24,1	24,3
N ₆₀	6,35	6,07	6,21	14,2	13,9	14,1	26,3	25,9	26,1
N ₈₀	6,40	6,12	6,26	15,0	14,7	14,8	27,8	27,4	27,6
HCP ₀₅	0,72			0,83			2,58		

Таблица 2. Эффективность использования азотных удобрений на озимой пшенице сорта Кольчуга (средние за 2023-2024 годы)

Доза азота, кг/га	Урожайность, т/га			Белок, %			Клейковина, %		
	2023	2024	Ср.	2023	2024	Ср.	2023	2024	Ср.
N ₀	6,15	5,71	5,93	12,4	12,1	12,3	23,2	22,9	23,0
N ₄₀	7,95	7,51	7,73	13,4	13,1	13,3	25,1	24,8	24,9
N ₆₀	8,85	8,41	8,63	14,4	14,1	14,3	26,9	26,6	26,8
N ₈₀	8,71	8,27	8,49	15,1	14,8	15,0	28,4	28,1	28,3
HCP ₀₅	1,15			1,09			2,46		

Таблица 3. Эффективность использования азотных удобрений на озимой пшенице сорта Арена (средние за 2023-2024 годы)

Доза азота, кг/га	Урожайность, т/га			Белок, %			Клейковина, %		
	2023	2024	Ср.	2023	2024	Ср.	2023	2024	Ср.
N ₀	6,66	6,18	6,42	12,7	12,4	12,6	24,0	23,8	23,9
N ₄₀	7,76	7,28	7,52	13,7	13,4	13,6	25,9	25,7	25,8
N ₆₀	8,36	7,88	8,12	14,7	14,4	14,6	27,7	27,5	27,6
N ₈₀	8,41	7,93	8,17	15,5	15,2	15,4	29,2	29,0	29,1
HCP ₀₅	0,87			1,13			2,51		

С увеличением доз азота заметно улучшались качественные показатели зерна. На уровне N₆₀ содержание белка достигло значений, характерных для сильной пшеницы: 14,1 % у сорта Кубань, 14,3 % у сорта Кольчуга и 14,6 % у сорта Арена. При повышении дозы азота до 80 кг/га содержание белка увеличивалось лишь на 0,7-0,8 процентных пункта, что с точки зрения экономической целесообразности было сомнительно. Аналогичная тенденция наблюдалась и в содержании клейковины, которое достигало максимума на варианте N₈₀ (от 27,6 % до 29,1 %), что соответствует высоким хлебопекарным стандартам. Однако разница с оптимальным вариантом N₆₀ была незначительной (около 1,5 %), при этом существенно возрастал риск полегания и увеличивались затраты.

Исследование структуры урожайности сортов озимой пшеницы Кубань, Кольчуга и Арена в период с 2023 по 2024 годы выявило стабильные закономерности в их реакции на различные дозы азотного питания (табл. 4-6).

Таблица 4. Продуктивность озимой пшеницы сорта Кубань
(средние за 2023-2024 годы)

Доза азота, кг/га	Продуктивные стебли, шт/м ²	Зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
N ₀	555	23	0,89	38,5
N ₄₀	610	28	1,05	40,5
N ₆₀	645	30	1,12	41,5
N ₈₀	645	30	1,10	41,0
НСР ₀₅	8,8	2,2	0,08	1,4

Таблица 5. Продуктивность озимой пшеницы сорта Кольчуга
(средние за 2023-2024 годы)

Доза азота, кг/га	Продуктивные стебли, шт/м ²	Зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
N ₀	575	26	1,03	39,8
N ₄₀	640	31	1,15	42,0
N ₆₀	685	33	1,23	43,1
N ₈₀	685	33	1,22	42,8
НСР ₀₅	8,1	2,4	0,09	1,3

Таблица 6. Продуктивность озимой пшеницы сорта Арена
(средние за 2023- 2024 годы)

Доза азота, кг/га	Продуктивные стебли, шт/м ²	Зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
N ₀	565	27	1,12	41,6
N ₄₀	625	32	1,27	43,8
N ₆₀	665	34	1,35	44,9
N ₈₀	665	34	1,33	44,6
НСР ₀₅	8,5	2,5	1,01	1,4

В ходе исследований было обнаружено, что азотные удобрения оказывают положительное влияние на показатели структуры урожая, такие как количество продуктивных стеблей на единицу площади, озёрненность колоса, масса зерна с колоса и масса 1000 зёрен. Сорт Кольчуга продемонстрировал наибольшую густоту продуктивного стеблестоя в варианте без удобрений (575 шт./м²), за ним следовал сорт Арена (565 шт./м²), а сорт Кубань показал наименьший результат (555 шт./м²). При внесении умеренной дозы азота (N₄₀) густота продуктивного стеблестоя увеличилась в среднем на 9–11 %. Наибольший абсолютный прирост был зафиксирован у сорта Кольчуга (65 шт./м² или 11,3 %),

что указывает на его высокую чувствительность к начальным дозам удобрений.

Наибольшая густота стояния растений была достигнута при внесении дозы азота N60. Например, у сорта Кольчуга при этой дозе количество продуктивных стеблей составило 685 шт./м², что на 19,1 % (110 шт./м²) превысило показатели контрольного варианта. У сортов Арена и Кубань увеличение было менее значительным — на 90 и 100 шт./м², соответственно. Повышение дозы азота до 80 кг действующего вещества на гектар не привело к дальнейшему росту густоты стояния, что указывает на достижение растениями предельной густоты в данном агроценозе. Более того, при использовании высокой дозы азота (N₈₀) наблюдалось снижение массы зерна с колоса и массы 1000 зёрен. Это можно объяснить перераспределением питательных веществ в пользу вегетативной части растений, началом полегания и усилением конкуренции за ограниченные ресурсы воды и питательных элементов.

Озерненность колоса показала аналогичную тенденцию: на варианте без внесения удобрений этот показатель был сравнительно низким и варьировался от 23 зерен (у сорта Кубань) до 27 зерен (у сорта Арена). С увеличением дозы азота до N₄₀ и N₆₀ количество зерен в колосе заметно возрастало, достигая максимума при дозе N₆₀ (у Кубани — 30 зерен, у Кольчуги — 33 зерна, у Арены — 34 зерна). Это свидетельствует о значительном улучшении условий для формирования продуктивного колоса за счет оптимизации азотного питания. Дальнейшее повышение дозы азота выше N₆₀ не приводило к увеличению озерненности, что подтверждает достижение биологического оптимума по данному показателю.

Масса зерна с колоса и масса 1000 зерен, важные показатели качества и количества урожая, также имели максимальные значения на варианте с дозой азота N60. Например, у сорта Арена максимальная масса зерна с колоса составила 1,35 г, у сорта Кольчуга — 1,23 г, а у Кубани — 1,12 г. Увеличение дозы азота до N80 вызывало незначительное снижение этих показателей, что подтверждает достижение физиологического и агрономического оптимума и отсутствие экономической целесообразности применения сверхвысоких доз азота.

Выводы. Анализ структурных элементов урожайности показал, что для всех исследованных сортов озимой пшеницы в КФХ «Коростинский» наилучший результат по продуктивным параметрам достигается при использовании дозы азота в 60 кг/га. На этом уровне культура максимально реализует свой потенциал, при этом снижается риск полегания и уменьшаются затраты, связанные с избыточным применением азотных удобрений. Среди сортов наибольшую отзывчивость на азотное питание демонстрируют Кольчуга, Арена и Кубань. Основываясь на этих данных, дальнейшие рекомендации для производства должны учитывать оптимальные дозы азотных удобрений, способствующие получению высоких количественных и качественных показателей урожая, а также рациональному использованию ресурсов и устойчивости технологии выращивания озимой пшеницы в этом регионе.

Список используемых источников и литературы

1. Нетіс І. Т., Макачук О. О. Вплив попередників, добрив і захисту рослин на якість зерна озимої пшениці. — Таврійський науковий вісник. — Херсон, 2004. — Вип. 32. — С. 37–42.

2. Черенков А. В., Нестерець В. Г., Солодущко М. М., Ярошенко С. С., Гирка А. Д. Урожайність озимої пшениці при різних технологіях її вирощування в Степу України. Бюлетень Інституту зернового господарства НААН. Дніпропетровськ, 2009. № 36. С. 3–10.

3. Ветров А. В Херсонской области собрали рекордный урожай пшеницы — более миллиона тонн [Электронный ресурс]. — 2024. — URL: <https://hersonka.ru/news/201576> (дата обращения: 06.10.2025).

4. Костира І. В. Урожайність зерна пшениці озимої та рівень його якості залежно від попередників і системи удобрення в умовах Присивашся. — Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Зрошуване землеробство». — Херсон: Айлант, 2012. — Вип. 58. — С. 51–53.

5. Лебедев А. М., Плюйко Т. Н., Иларионов Е. Л. Приемы повышения урожайности озимой пшеницы. Основные результаты работы Измаильской опытной станции. Днепропетровск, 1970. С. 45–50.

References

1. Netis I. T., Makarchuk A. A. The influence of precursors, fertilizers and plant protection on the grain quality of winter wheat. - The Tauride Scientific Bulletin. - Kherson, 2004. — Issue 32. - pp. 37-42.

2. Cherenkov A.V., Nesterets V. G., Solodushko M. M., Yaroshenko S. S., Girka A.D. productivity of winter wheat with various technologies of its cultivation in the steppe of Ukraine. Bulletin of the Institute of Grain Management of the National Academy of Sciences. Dnepropetrovsk, 2009. No. 36. pp. 3-10.

3. Winds A. A record wheat harvest of more than a million tons was harvested in the Kherson region. - 2024. — URL: <https://hersonka.ru/news/201576> (date of request: 06.10.2025).

4. Kostyrya I. V. the yield of winter wheat grain and its quality level depending on the precursors and the fertilizer system in the conditions of drying. - Interdepartmental thematic scientific collection "Irrigated agriculture". — Kherson: Ailant, 2012. — Vip. 58. — pp. 51-53.

5. Lebedev A.M., Pluyko T. N., Ilarionov E. L. Techniques for increasing the yield of winter wheat. The main results of the Izmail experimental station. Dnepropetrovsk, 1970. pp. 45-50.

Сведения об авторах:

Горбунова Елена Викторовна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и рас-

Information about the authors:

Gorbunova Elena Viktorovna — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of

тениеводства 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».

Шатова Марина Виталиевна – студент 1 курса магистратуры 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

Горбунов Владислав Романович – студент 1 курса бакалавриата 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

Agriculture and Crop Production at the Institute «Agrotechnological Academy» of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: alenaroma12@mail.ru, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye Village, Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Shatova Marina Vitalievna is a 1st-year full-time master's student at the Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye Village, Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Gorbunov Vladislav Romanovich 1st-year full-time undergraduate student at the Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye Village, Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University

УДК 633.31/37: 631.527

**ПОИСК ДОНОРОВ
ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ
ПРИЗНАКОВ ЧИНЫ ПОСЕВНОЙ
НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО
АНАЛИЗА ДЛЯ СОЗДАНИЯ
СОРТОВ С ВЫСОКИМ
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ**

Кибальник О.П., доктор биологических наук, главный научный сотрудник;
Старчак В.И., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы»

Чина посевная – зернобобовая культура, отличающаяся повышенной устойчивостью ко многим стресс-факторам (болезням и вредителям, засухе, похолоданию в начальный период, затоплению, засолению почв и т.д.). Несмотря на положительные биологические особенности, эту культуру следует отнести к малораспространенным, для увеличения ареала произрастания которой необходимы новые сорта, востребованные в сельскохозяйственном производстве. В данной статье представлены результаты кластеризации 81 коллекционного сортообразца чины посевной в среднем за период их возделывания 2022-2023 гг. и последующего испытания рабочей коллекции из 29 сортообразцов (2025 г.) в условиях Саратовской области. Выявлены сортообразцы с оптимальными параметрами высоты растения при созревании (к-12, к-790, к-1514, к-1224,

**SEARCH FOR DONORS OF
ECONOMICALLY VALUABLE
TRAITS OF CHINA SEED ON THE
BASIS OF CLUSTER ANALYSIS
FOR CREATING VARIETIES
WITH HIGH QUALITY OF
PRODUCTS**

Kibalnik O.P., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher;
Starchak V.I., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, FSSBI «Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn»

Lathyrus sativus is a grain legume crop that is highly resistant to many stress factors (diseases and pests, drought, cold weather in the initial period, flooding, salinity of soils, etc.). Despite its positive biological characteristics, this crop is relatively uncommon, and new varieties that are in demand in agricultural production are needed to expand its range. This article presents the results of clustering 81 collection varieties of Lathyrus sativus during the average period of their cultivation in 2022-2023. and subsequent testing of a working collection of 29 varieties (2025) in the conditions of the Saratov Region. Cultivars with optimal parameters of plant height at maturity (k-12, k-790, k-1514, k-1224, k-1388), attachment heights of the lower bean (Mramornay, Elena, k-12, k-790, k-1194, k-1434, k-1514, k-1868, k-1224, k-1321), the interphase period from germination to flowering (k-418, k-745, k-1434,

к-1388), высоты прикрепления нижнего боба (Мраморная, Елена, к-12, к-790, к-1194, к-1434, к-1514, к-1868, к-1224, к-1321), межфазного периода от всходов до цветения (к-418, к-745, к-1434, к-1514, Елена, Жемчужина) и от всходов до молочной спелости (к-12, к-418, к-745, к-781, к-1434, к-1514, к-1868, Елена, Жемчужина). Использование методов многомерной статистики позволило выделить перспективные сортообразцы с заданными селекционными признаками для выведения нового исходного материала, что способствует ускорению селекционного процесса.

Ключевые слова: чина, сортообразец, селекционные признаки, донор, кластеризация

к-1514, Elena, Zhemchuzhina) and from germination to milk ripeness (k-12, k-418, k-745, k-781, k-1434, k-1514, k-1868, Elena, Zhemchuzhina). The use of multivariate statistical methods allowed us to identify promising varieties with specified selection traits for breeding new source material, which helps to accelerate the selection process.

Keywords: china, variety, selection traits, donor, clustering

Введение. Чина посевная – страховая сельскохозяйственная культура многоцелевого значения, которая возделывается как альтернативный источник растительного белка, необходимого для стабилизации кормовой базы животноводства, используется на лекарственные, технические цели [4, 10]. Вместе с тем, включение чины в севооборот снижает потребность в азоте последующих зерновых культур, что делает её важнейшим элементом устойчивой системы земледелия [4, 13]. Данная культура возделывается в таких странах как Индия, Пакистан, Непал, Эфиопия, а также во многих странах Европы, Ближнего Востока, Северной Африки, Чили и Бразилии [12]. Среди других зернобобовых культур чина посевная отличается более высокой устойчивостью к абиотическим и биотическим стресс-факторам и может произрастать на обедненных почвах [3-4, 13].

В настоящее время в государственном реестре селекционных достижений зарегистрировано 5 сортов чины – Елена, Жемчужина, Мраморная, Рачейка и Славянка, причем последний сорт районирован в 2016 г. [2]. Конечно, для расширения ареала распространения культуры необходимы новые более продуктивные и технологичные сорта.

Основное направление селекции – создание скороспелых высокопродуктивных и технологичных сортов с высоким качеством полученной продукции. Поэтому поиску исходного материала с заданными хозяйственно-ценными признаками селекционерами уделяется значительное внимание. В селекции чины посевной часто в качестве исходного материала используют образцы из коллекции генетических ресурсов для выявления доноров с необходимыми

ми хозяйственно-ценными признаками [9]. В коллекции ВИР хранится 2055 образцов, принадлежащих к 47 видам рода *Lathyrus* L., причем на долю чины посевной приходится 883 сортообразца [1].

В связи с оптимизацией базы экспериментальных данных используется кластеризация сортообразцов по мере сходства исследуемых признаков. Кластерный анализ по минимуму евклидовых расстояний позволяет сгруппировать объекты по матрице данных и обеспечить определенную систематизацию по признакам, что является важным фактором при работе с большим количеством сортообразцов и изучаемых селекционных показателей, то есть обеспечивает объективное определение сходств и различий между объектами, их последующее разделение на группы (кластеры), что в итоге позволяет провести всестороннюю комплексную оценку коллекционных образцов [5, 11]. Таким образом, применение методов многомерной статистики способствует ускорению селекционного процесса по выведению нового исходного материала.

Цель исследований: проведение кластеризации коллекции образцов чины посевной по комплексу признаков с последующим подбором наиболее ценных генотипов для дальнейшей целенаправленной селекции сортов с высоким качеством растениеводческой продукции.

Материал и методы исследований. Образцы чины посевной высевали на поле селекционного севооборота ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» и общепринятым методикам полевого опыта в 2022-2023 гг. и 2025 г. [6-7]. Условия возделывания – богарные. Коллекционный материал высеян на однорядковых делянках (площадь делянки 3,5 м², ширина междурядий 70 см), размещение рендомизированное. Посев проведен во второй-третьей декадах мая. Морфометрические измерения и наблюдения проводили систематически на всех этапах вегетации. При фенологических наблюдениях фиксировали: всходы, цветение, техническую спелость бобов. Оценка количественных признаков (высота растений и высота прикрепления нижних бобов и т.д.) проводилась согласно классификатору [8]. Биохимический анализ семян образцов чины посевной проведен на инфракрасном анализаторе Spectra Star XT. Статистическая обработка проводилась при помощи программного обеспечения Agros 2.09 методом кластерного и дисперсионного анализов.

Результаты и обсуждение. Кластеризация сортообразцов чины посевной по минимуму евклидовых расстояний (среднее значение признаков за 2022-2023 гг.) позволила спроектировать дендрограмму, представленную на рисунке 1.

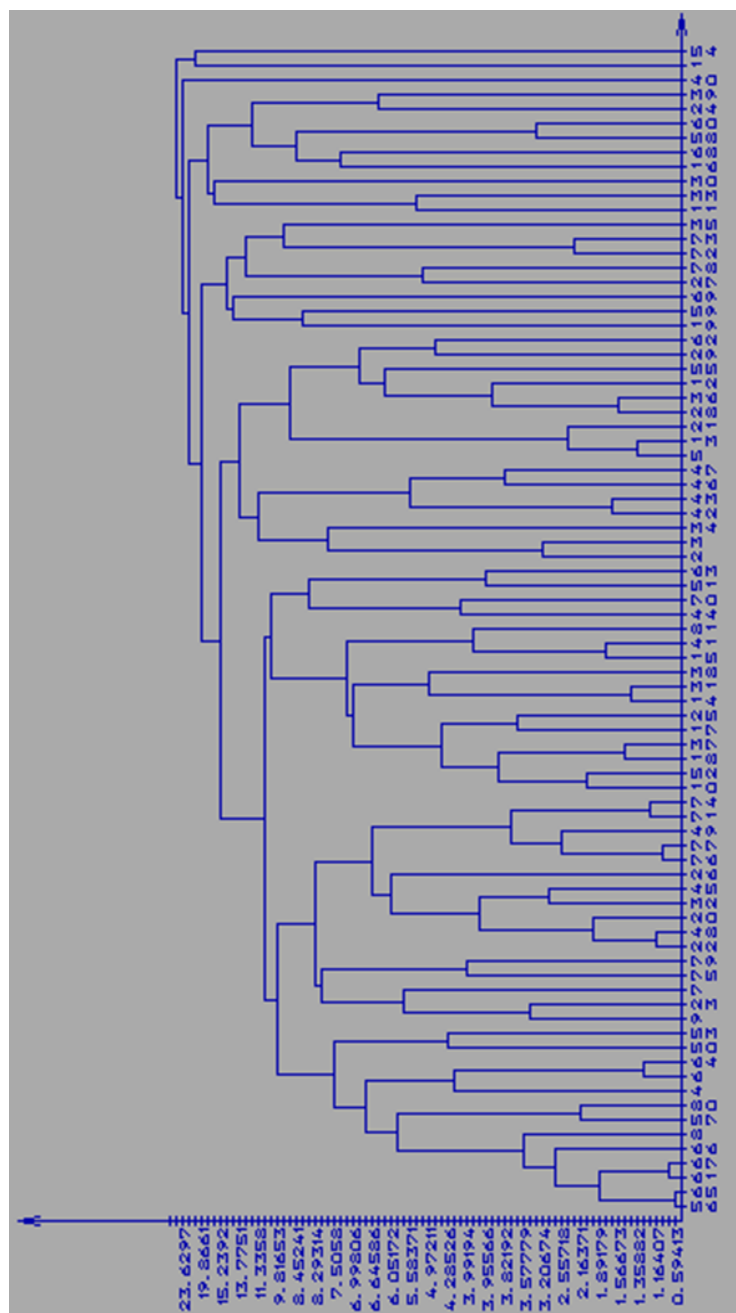


Рисунок 1. Кластеризация сортообразцов чины посевой, среднее за 2022-2023 гг.

Примечание: 1- Рачейка; 2- Мраморная; 3- к-7; 4- к-12; 5- к-17; 6- к-18; 7- к-21; 8- к-25; 9- к-30; 10- к-34; 11- к-35; 12- к-44; 13- к-46; 14- к-74; 15- к-240; 16- к-278; 17- к-293; 18- к-398; 19- к-403; 20- к-407; 21- к-429; 22- к-703; 23- к-704; 24- 780; 25- к-783; 26- к-789; 27- к-790; 28- к-792; 29- к-805; 30- к-809; 31- к-823; 32- к-830; 33- к-834; 34- к-850; 35- к-854; 36- к-898; 37- к-924; 38- к-927; 39- к-956; 40- к-957; 41- к-965; 42- к-987; 43- к-1116; 44- к-1117; 45- к-955; 46- к-1118; 47- к-1121; 48- к-1122; 49- к-1123; 50- к-1126; 51- к-1127; 52- к-1128; 53- к-1129; 54- к-1130; 55- к-1131; 56- к-1133; 57- к-1134; 58- к-1135; 59- к-1136; 60- к-1138; 61- к-1143; 62- к-1146; 63- к-1148; 64- к-1150; 65- к-1151; 66- к-1152; 67- к-1153; 68- к-1168; 69- к-1170; 70- к-1193; 71- к-1194; 72- к-1196; 73- к-1251; 74- к-1289; 75- к-1297; 76- к-1302; 77- к-1392; 78- к-1402; 79- к-1403; 80- к-1409; 81- к-1434.

Исходная матрица экспериментальных данных включает 9×81 параметр. Кластерный анализ по минимуму евклидовых расстояний на 21 шаге итерации позволил выделить 21 кластер. Определение значимости различий между кластерами проведено с использованием дисперсионного анализа методом неорганизованных повторений. Статистическая обработка хозяйственно-ценных параметров сортообразцов чины посевной сгруппированных по кластерам показала достоверные различия между ними. Корректность распределения сортообразцов по кластерам подтверждена результатами дисперсионного анализа (табл. 1).

С наибольшим количеством различий по комплексу исследуемых признаков выделились 1, 2, 4, 8, 11 кластеры. По высоте растений с наибольшим количеством различий (более 50) отличились 1-3, 5, 12 и 21 кластеры: варьирование значение признака составило 59,0-89,0 см. По признаку «высота прикрепления нижнего боба» с наибольшим количеством различий отличились 2, 5, 7, 8 и 17 кластеры: размах варьирования признака составил 12,8-25,0 см. Наибольшим количеством различий образцов чины посевной по массе 1000 зерен характеризовались кластеры 16, 18 и 21: варьирование показателя наблюдалось от 187,4 до 271,8 г. По «урожайности зерна» отличились с наибольшим количеством различий (более 50) кластеры 2, 3, 5, 11, 14, 20 и 21: признак изменяется в интервале 1,07-3,26 т/га. По биохимическим показателям зерна с наибольшим количеством различий по белку выявлены кластеры 2, 7, 8, 11, 13 с размахом варьирования 27,80-30,05%; жиру – 1, 2, 4, 11 и 17 кластеры (0,40-0,80%); золе – 5, 6, 8 и 14 кластеры (3,15-4,80%); клетчатке – 1, 6 и 18 кластеры (7,30-8,10%); БЭВ – 1, 4, 5, 8, 11 и 20 кластеры (57,90-60,70%).

Первый кластер представлен 13 сортообразцами (к-1133; к-1151; к-1143; к-1153; к-1152; к-25; к-1134; к-1409; к-12; к-18; к-1150; к-1126; к-1129). Выделился значительным количеством различий по сравнению с другими кластерами по высоте растения (66,3 см), содержанию белка (28,96%), жира (0,70%), клетчатки (7,60%) и БЭВ (59,49%) в зерне. В кластер включены сортообразцы чины со средними значениями по изучаемым параметрам.

Второй кластер включает 16 сортообразцов (к-30; к-704; к-21; к-1297; к-1403; к-703; к-1122; к-407; к-830; к-955; к-789; к-1302; к-1392; к-1123; к-1194; к-1289). У образцов этой группы отмечены различия по признакам: высота растений и прикрепления нижнего боба, урожайность, а также содержание протеина и жира в зерне. В кластер входят растения высотой в среднем 66,3 см, высоким значением массы 1000 зерен (247,2 г).

Третий кластер состоит из 12 сортообразцов (к-34; к-1128; к-398; к-924; к-293; к-783; к-74; к-823; к-927; к-240; к-965; к-1434) и характеризуется наибольшим количеством различий по высоте растений чины и урожайности зерна. Растения данного кластера отличаются средними значениями по комплексу параметров и высоким значением белка в зерне (29,02%).

Таблица 1. Средние значения селекционно-ценных признаков сортообразцов чины посевой, сгруппированных по кластерам

Кластер	Высота растений, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Масса 1000 зерен, г	Урожайность зерна, т/га	Содержание в зерне, %			
					белок	жир	зола	клетчатка
1	66,3	14,5	223,0	2,23	28,96	0,70	3,25	7,60
2	66,3	16,7	247,2	1,86	28,75	0,75	3,18	7,49
3	70,0	18,3	205,7	1,58	29,02	0,72	3,24	7,51
4	74,3	17,3	211,1	2,32	28,77	0,75	3,20	7,35
5	69,9	16,2	187,4	1,96	29,00	0,60	3,37	7,90
6	77,1	14,2	213,1	1,49	29,12	0,70	3,35	7,70
7	64,3	16,2	194,6	1,07	29,73	0,70	3,47	7,60
8	62,8	16,3	234,9	1,66	29,60	0,72	3,38	7,63
9	72,1	18,0	223,0	2,10	30,05	0,70	3,70	7,35
10	89,0	17,2	244,3	2,34	29,90	0,80	3,50	7,60
11	74,7	18,9	271,8	1,96	29,50	0,75	3,25	7,35
12	69,1	14,7	243,2	2,42	29,90	0,80	3,25	7,30
13	67,6	17,8	211,5	3,26	29,90	0,80	3,30	7,50
14	72,1	23,3	207,9	1,90	29,10	0,60	3,35	7,85
15	70,6	25,0	202,0	1,40	27,80	0,60	3,20	7,70
16	85,6	21,6	224,3	2,34	28,30	0,70	3,15	7,60
17	77,3	16,8	220,4	2,47	28,15	0,70	3,15	7,70
18	69,8	17,5	242,3	2,04	27,95	0,60	3,15	7,85
19	61,3	12,8	211,4	2,78	28,40	0,60	3,40	7,90
20	59,0	14,3	214,6	1,86	29,00	0,50	4,20	7,60
21	67,3	14,7	241,5	1,94	28,90	0,40	4,80	8,10
F _{факт}	4,66*	8,29*	10,71*	5,58*	9,84*	11,22*	22,37*	9,56*
HCP ₀₅	7,30	2,23	17,35	0,47	0,44	0,06	0,14	0,15
								0,49

Примечание: *p≤0,05.

В четвертый кластер сгруппированы 4 сортообразца (к-1117; к-1193; к-1127; к-1148) с относительно высокими значениями по всем изучаемым параметрам: высота растений – 74,3 см, высота прикрепления нижнего боба – 17,3 см, масса 1000 зерен – 211,1 г, урожайность зерна – 2,32 т/га, содержание белка – 28,77%, содержание жира – 0,75%. Кластер выделился количеством различий по признакам содержанию жира и БЭВ в зерне.

Представителями пятого кластера являются 3 сортообразца (Мраморная; к-7; к-850), у которых выявлены различия по высоте растений и прикрепления нижнего боба, урожайности зерна, содержанию золы и БЭВ. В кластер входят растения характеризующиеся высокими значениями по количеству белка (29,00%) и клетчатки (7,90%) в зерне; средними показателями по остальным признакам.

В шестой кластер включены 4 сортообразца (к-987; к-1116; к-1118; к-1121) с высотой при созревании 77,1 см и накоплением белка до 29,12% в зерне (в среднем по группе).

Седьмой кластер состоит из 3 сортообразцов (к-17; к-46; к-429) и выделяется количеством различий по высоте прикрепления нижнего боба. Растения кластера характеризуются низкорослостью (64,3 см), низкой урожайностью (1,07 т/га) и массой 1000 зерен (194,6 г), но высоким содержанием белка в зерне (29,73%).

В восьмом кластере сгруппированы 6 сортообразцов 9к-792; к-898; к-44; к-1131; к-805; к-1146), у которых выявлены различия по высоте прикрепления нижнего боба, содержанию белка, золы и БЭВ в зерне. В кластер входят низкорослые растения (62,8 см) с массой 1000 зерен до 234,9 г и высоким количеством белка в зерне (29,60%).

В девятый кластер входит группа растений, состоящая из 2 сортообразцов (к-403; к-1136), отличающихся повышенным содержанием в зерне белка (30,05%) и золы (3,70%).

Растения чины коллекционного сортообразца к-1170, входящие в десятый кластер, характеризуются высокорослостью (89,0 см), высоким показателем массы 1000 зерен (244,3 г) и содержанием биохимических компонентов в зерне.

Наибольшее количество различий у одиннадцатого кластера, включающего 2 сортообразца к-790; к-1402, отмечены по признакам: урожайность зерна, содержание белка, жира и БЭВ. В кластер включены образцы, характеризующиеся высоким значением массы 1000 зерен (271,8 г) и содержания белка (29,50%) в зерне.

Двенадцатый кластер состоит из 2 сортообразцов (к-1196; к-1251) и выделяется количеством различий по высоте растений. Растения этого кластера характеризуются высотой при созревании 69,1 см, но при этом высокими значениями следующих признаков: масса 1000 зерен (243,2 г), урожайностью зерна (2,42 т/га), содержание белка (29,90%) и жира (0,80%) в зерне.

В тринадцатый кластер входят 1 сортообразец (к-854), характеризующийся относительной низкорослостью (67,6 см), но наибольшей урожайностью (3,26 т/га) с хорошими биохимическими показателями зерна. Наибольшее количество различий наблюдалось у признака «содержание белка в зерне».

Четырнадцатый кластер составляют 2 образца (к-35; к-834), отличающихся высотой растений (72,1 см), высоким значением признака «высота прикрепления нижнего боба» (23,3 см), содержанием белка (29,10%) и клетчатки (7,85%) в зерне. Наибольшее количество различий у кластера наблюдалось по признакам: «урожайность зерна» и «содержание золы в зерне».

В пятнадцатый кластер входит 1 коллекционный образец (к-809), отличающийся высотой растения (70,6 см), высоким прикреплением нижнего боба (25,0 см) и содержанием БЭВ (60,70%) в зерне.

Растения 2 коллекционных образцов чины (к-278; к-1168), входящие в шестнадцатый кластер, характеризуются высокорослостью (85,6 см), высотой прикрепления нижнего боба – 21,6 см, и содержанием БЭВ (60,25%) в зерне. Наибольшее количество различий наблюдалось по признаку «масса 1000 зерен».

У семнадцатого кластера, состоящего из 2 сортообразцов (к-1135, к-1138), выявлены различия по высоте прикрепления нижнего боба и содержанию жира в зерне. Кластер характеризуется растениями с высотой 77,3 см, высокой урожайностью зерна (2,47 т/га), содержанием БЭВ (60,35%).

Образцы восемнадцатого кластера (к-780; к-956) характеризуются наибольшим значением различий признаков масса 1000 зерен (242,3 г) и содержанием клетчатки (7,85%) и БЭВ (60,50%) в зерне чины.

Растения сортообразца (к-957) девятнадцатого кластера характеризуются низкорослостью (61,3 см), высокой урожайностью зерна (2,78 т/га), но и высоким содержанием клетчатки в зерне (7,90%).

У представителя двадцатого кластера (сорт Рачейка) выявлены различия по урожайности зерна и содержанию БЭВ. В кластер входят низкорослые растения (59,0 см), с показателем протеина (29,00%) и высоким значением золы (4,20%) в зерне.

Двадцать первый кластер представлен сортообразцом к-1130 и выделяется наибольшим количеством различий по высоте растений, массе 1000 зерен и урожайности зерна. Растения характеризуются относительной низкорослостью (67,3 см) и высотой прикрепления нижнего боба (14,7 см), но при этом высокими показателем массы 1000 зерен (241,5 г), содержания золы (4,80%) и клетчатки в зерне (8,10%).

Таким образом, группировка сортообразцов по кластерам в значительной мере позволила всесторонне оценить сортообразцы по всей совокупности изучаемых параметров и выделить из них наиболее перспективные для включения в дальнейший селекционный процесс. В качестве доноров признака «высота растений при созревании» целесообразно использовать сортообразцы 3, 4, 6, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17 кластеров (70,0-89,0 см); «масса 1000 зерен» – 2, 10, 11, 12, 18, 21 кластеров (241,5-271,8 г); «урожайность зерна» – 13, 17, 19 (2,47-3,26 т/га); «содержание белка» – 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 20 кластеры (29,00-30,05%). Так, несмотря на значительные различия между выделенными группами, интерес для практической селекции представляют сортообразцы 14 и 16 кластеров с оптимальной высотой при созревании (72,1-85,6 см) и прикрепления нижнего боба (21,6-23,3 см), но формирующие среднюю урожайность

семян (1,90-2,34 т/га) с высоким содержанием в них белка (28,30-29,10%) - к-35; к-834, к-278; к-1168. Представители большинства групп уступают по невысоким показателям высоты прикрепления нижнего боба, что отражается на их технологичности при уборке, поэтому в качестве доноров этого признака рекомендуются сортообразцы 14, 15, 16 кластеров.

В таблице 2 представлены выделенные на основании кластеризации по совокупности селекционных признаков перспективные сортообразцы и добавлены новые. Установлено, что сортообразцы рабочей коллекции существенно не различаются по продолжительности межфазных периодов. Так, период от всходов до начала цветения составил 36-42 суток, от всходов до конца цветения – 49-57 суток и от всходов до молочной спелости семян – 52-61 суток. Отсутствие различий данных образцов свидетельствует о целенаправленном их подборе в рабочую коллекцию. Выявлены коллекционные сортообразцы с более коротким периодом «всходы-молочная спелость» – к-1434 и к-1514 (52-53 суток).

Таблица 2. Характеристика перспективных образцов чины посевной для селекционного процесса, 2025 г.

№	Коллекционный образец	Период (сутки) от всходов до:			Высота растения, см	Высота прикрепления нижнего боба, см
		начало цветения	конец цветения	молочная спелость		
1	Мраморная	40	52	56	64,8	34,7
2	к-12	36	51	55	72,7	25,0
3	к-790	37	50	57	76,0	29,3
4	к-850	36	50	57	64,3	20,7
5	к-957	36	50	57	60,3	22,3
6	к-1150	39	51	58	56,3	18,3
7	к-1194	39	51	56	64,3	30,0
8	к-1451	40	51	56	66,3	19,7
9	к-1464	42	52	58	56,0	16,7
10	к-1434	39	49	53	66,0	24,7
11	к-1505	38	52	57	61,7	21,3
12	к-1514	42	48	52	71,7	27,0
13	к-1868	42	50	54	62,3	26,3
14	Елена	42	49	54	63,7	24,3
15	Жемчужина	42	49	55	64,0	22,7
16	к-418	42	49	53	47,0	12,0
17	к-745	42	49	55	67,3	24,0
18	к-781	41	51	55	62,7	21,7
19	к-801	38	51	58	64,3	23,3
20	к-1187	39	51	56	61,0	23,0
21	к-1209	40	54	59	58,3	15,3
22	к-1211	39	57	61	62,3	20,7
23	к-1224	39	57	61	80,7	27,3
24	к-1321	39	57	61	67,0	29,0
25	к-1388	40	53	57	69,7	23,7
26	к-1389	40	53	57	59,2	23,3
27	к-1483	40	53	57	67,7	23,0
28	к-1116	40	53	57	59,0	15,7
29	к-1365	41	55	59	52,0	16,7
	F _{факт.}	1,26	1,26	1,31	6,95*	28,41*
	НСР ₀₅	-	-	-	7,32	2,61

Примечание: * $p \leq 0,05$.

Высота растения и высота прикрепления нижнего боба характеризуют технологичность сортообразцов. По данным селекционным признакам сортообразцы рабочей коллекции достоверно различались. Так, изменчивость показателей высоты растений составила от 52,0 до 80,7 см, а высоты прикрепления нижнего боба – 15,3-34,7 см (табл. 2). В дальнейший селекционный процесс для условий Нижневолжского региона выделены сортообразцы с высотой растения от 69,7 см (к-12, к-790, к-1514, к-1224, к-1388) и высотой прикрепления нижнего боба от 24,3 см (Мраморная, Елена, к-12, к-790, к-1194, к-1434, к-1514, к-1868, к-1224, к-1321) (табл. 3).

Таблица 3. Доноры основных селекционных признаков чины посевной

Признак	Сортообразец
Период «всходы-цветение»	к-418, к-745, к-1434, к-1514, Елена, Жемчужина (всего 6)
Период «всходы-молочная спелость»	к-12, к-418, к-745, к-781, к-1434, к-1514, к-1868, Елена, Жемчужина (всего 9)
Высота растения	к-12, к-790, к-1514, к-1224, к-1388 (всего 5)
Высота прикрепления нижнего боба	Мраморная, Елена, к-12, к-790, к-1194, к-1434, к-1514, к-1868, к-1224, к-1321 (всего 10)

Выводы. Чина посевная – сельскохозяйственная культура с высоким адаптивным потенциалом для возделывания в засушливых условиях. Ведение селекции новых сортов в основном базируется на использовании в качестве исходного материала коллекционных сортообразцов ВИР. Проведенная нами группировка сортообразцов по кластерам в значительной мере позволила всесторонне оценить используемую коллекцию по комплексу изучаемых параметров и выделить из них наиболее перспективные для применения в дальнейший селекционный процесс. Так, в качестве доноров основных селекционных признаков предлагается включить 6 сортообразцов, характеризующихся оптимальной продолжительностью периода «всходы-цветение»; 9 – периода «всходы-молочная спелость»; 5 – высотой растений при созревании и 10 – высотой прикрепления нижнего боба. Вместе с тем, установлены наиболее ценные некоторые сортообразцы, отличающиеся заданными параметрами по комплексу селекционных признаков – Елена, Жемчужина, к-12, к-418, к-745, к-790, к-1224, к-1434, к-1514, к-1868.

Список использованных источников

1. Вишнякова М.А., Александрова Т.Г., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Егорова Г.П., Семенова Е.В., Сеферова И.В., Суворова Г.Н. Видовое разнообразие коллекции генети-

References

1. Vishnyakova M.A., Alexandrova T.G., Buravtseva T.V., Burlyayeva M.O., Egorova G.P., Semenova E.V., Seferova I.V., Suvorova G.N. Species diversity of the collection of genetic resources of

ческих ресурсов зернобобовых ВИР и его использование в отечественной селекции (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т. 180. – №2. – С. 109-123.

2. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. – 620 с.

3. Джалилова М.Р., Мусаев М.Р., Магомедова А.А., Мусаева З.М., Ашурбекова Т.Н. Влияние режимов орошения и регуляторов роста на продуктивность чины посевной // Проблемы развития АПК региона. – 2022. – №2(50). – С. 54-58.

4. Донской М.М., Донская М.В., Наумкин В.П. Сорт чины Славянка // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №4(36). – С. 55-59.

5. Корнеева С.П. Использование кластерного анализа для повышения эффективности отборов в расщепляющихся гибридных комбинациях // Материалы межрегион. конф. молодых ученых «Молодые ученые сибирского региона – аграрной науке». – Омск, 2004. – С. 127-131

6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть. ФГБУ «Госсорткомиссия». – М., 2019. – 329 с.

7. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / [под ред. Н.И. Корсакова]. – Л., 1975. – 60 с.

8. Мирошниченко И.И. Классификатор рода *Lathyrus* L. – Л., 1975. – 23 с.

9. Наумкин В.П., Донской М.М.

leguminous crops and its use in domestic breeding (review) // Proceedings on applied botany, genetics and breeding – 2019. – V. 180. – No. 2. – P. 109-123.

2. State Register of varieties and hybrids of agricultural plants approved for use: official publication. Moscow: Rosinformagrotech, 2024. – 620 p.

3. Dzhaililova M.R., Musaev M.R., Magomedova A.A., Musaeva Z.M., Ashurbekova T.N. Influence of Irrigation Regimes and Growth Regulators on the Productivity of Field Lathyrus // Problems of Regional Agricultural Development. – 2022. – No. 2(50). – P. 54-58.

4. Donskoy M.M., Donskaya M.V., Naumkin V.P. Lathyrus Slavyanka Variety // Legumes and cereals. – 2020. – No. 4(36). – P. 55-59.

5. Korneyeva S.P. Using Cluster Analysis to Improve the Efficiency of Selection in Splitting Hybrid Combinations // Materials of the Interregional Conference of Young Scientists "Young Scientists of the Siberian Region for Agricultural Science". – Omsk, 2004. – P. 127-131.

6. Methodology for State Variety Testing of Agricultural Crops. Issue One. General Part. FGBU "Gossortkomissiya". – M., 2019. – 329 p.

7. Guidelines for studying the collection of grain legumes / [ed. by N.I. Korsakov]. – L., 1975. – 60 p.

8. Miroshnichenko I.I. Classifier of the genus *Lathyrus* L. – L., 1975. – 23 p.

9. Naumkin V.P., Donskoy M.M. Sources of economically valuable traits for the selection of field lath (*Lathyrus Sativus* L.) in the Oryol region // Grain Farming in Russia. – 2012. – No. 3. – P. 43-47.

Источники хозяйственно-ценных признаков для селекции чины посевной (*Lathyrus Sativus* L.) в условиях Орловской области // *Зерновое хозяйство России*. – 2012. – №3. – С. 43-47.

10. Сазонова И.А., Бычкова В.В., Ерохина А.В., Молчанов А.В., Зайцев С.А. Потенциал зернобобовых культур как высокобелкового компонента в кормопроизводстве // *Аграрный научный журнал*. – 2024. – № 8. – С. 103–107 doi: 10.28983/asj.y2024i8pp103-107

11. Шурхаева К. Д., Фадеева А. Н. Изучение генофонда гороха посевного с применением кластерного анализа // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 1(33). – С. 16–23. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11149.

12. Grela E.R., Rybiński W., Matras J. Variability of phenotypic and morphological characteristics of some *Lathyrus sativus* L. and *Lathyrus cicera* L. accessions and nutritional traits of their seeds // *Genetic Resources and Crop Evolution*. – 2012. – T. 59. – №. 8. – С. 1687-1703.

13. Singh A., Balech R., Barpete S., Gupta P., Bouhlal O., Tawkaz S., Kaul S., Tripathi K., Amri A., Maalouf F., Gupta S., Kumar S. Wild *Lathyrus* – A Treasure of Novel Diversity // *Plants*. – 2024. – T. 13. – №. 21. – С. 3028. *

10. Sazonova I.A., Bychkova V.V., Erokhina A.V., Molchanov A.V., Zaitsev S.A. The potential of leguminous crops as a high-protein component in feed production // *Agrarian Scientific Journal*. – 2024. – No. 8. – P. 103-107 DOI: 10.28983/asj.y2024i8pp103-107

11. Shurhaeva K. D., Fadeeva A. N. Studying the Pea Genotype Using Cluster Analysis // *Legumes and Cereals*. – 2020. – No. 1(33). – P. 16-23. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11149.

12. Grela E.R., Rybiński W., Matras J. Variability of phenotypic and morphological characteristics of some *Lathyrus sativus* L. and *Lathyrus cicera* L. accessions and nutritional traits of their seeds // *Genetic Resources and Crop Evolution*. – 2012. – V. 59. – No. 8. – P. 1687-1703.

13. Singh A., Balech R., Barpete S., Gupta P., Bouhlal O., Tawkaz S., Kaul S., Tripathi K., Amri A., Maalouf F., Gupta S., Kumar S. Wild *Lathyrus* – A Treasure of Novel Diversity // *Plants*. – 2024. – V. 13. – No. 21. – P. 3028.

Сведения об авторах:

Оксана Павловна Кибальник – доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», e-mail:

kibalnik1989@yandex.ru, 410050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, д. 4. Федеральное государственное научное бюджетное учреждение «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» (ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»), т. 8 (8452)-79-49-69

Виктория Игоревна Старчак – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», e-mail: viktorija_starchak@rambler.ru, 410050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, д. 4. Федеральное государственное научное бюджетное учреждение «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» (ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»), т. 8 (8452)-79-49-69

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК. 631.352

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА РОТАЦИОННО-НОЖЕВОГО ТИПА ДЛЯ ОБРЕЗКИ МНОГОЛЕТНИХ РАСТЕНИЙ

Красовский В.В., кандидат технических наук, доцент;
Трофимов И.М., аспирант;
Завалий А.А., доктор технических наук., зав. кафедрой ОТД, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

В статье представлены результаты исследования конструкции ротационно-ножевого режущего аппарата для обрезки виноградных и плодовых насаждений. Проведен комплексный анализ параметров, обеспечивающих высокое качество среза при минимальном энергопотреблении. Методология исследования основана на кинематическом анализе процесса резания с учетом эффекта "протяжки", конечно-элементном моделировании в COMSOL Multiphysics системы "нож-ветка" и оценке адекватности разработанной модели на основе анализа чувствительности к изменению параметров. Установлено, что использование криволинейных ножей с углом заточки 30-35° в сочетании с шарнирным подпружиненным креплением позволяет снизить усилие резания на 35-40% за счет перераспределения напряжений. Получена

THEORETICAL ANALYSIS OF A ROTARY KNIFE TYPE CUTTING TOOL FOR PRUNING PERENNIAL PLANTS

Krasovskiy V.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Trofimov I.M., postgraduate student;
Zavaliy A.A., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»;

The article presents the results of a study of the design of a rotary knife cutting machine for pruning grape and fruit plantations. A comprehensive analysis of the parameters ensuring high cut quality with minimal energy consumption has been carried out. The research methodology is based on a kinematic analysis of the cutting process, taking into account the "broaching" effect, finite element modeling of the "knife-branch" system in COMSOL Multiphysics, and experimental verification of theoretical calculations. It has been found that the use of curved knives with a sharpening angle of 30-35° in combination with a spring-loaded hinge attachment reduces cutting force by 35-40% due to stress redistribution. A quadratic dependence of the maximum voltage on the sharpening angle with a high coefficient of determination

квадратичная зависимость максимального напряжения от угла заточки с высоким коэффициентом детерминации ($R^2=0.9998$). Доказано, что предложенная конструкция обеспечивает чистый ровный срез без повреждений растительных тканей, уменьшает энергопотребление агрегата на 25-30% и увеличивает ресурс рабочего органа в 1,5-2 раза. Результаты работы имеют практическую значимость для проектирования современных энергоэффективных машин для ухода за многолетними насаждениями. Разработанные научно обоснованные рекомендации могут быть использованы при модернизации существующих и создании новых обрезочных агрегатов. Особую ценность представляет комбинация криволинейного профиля ножа с шарнирным подпружиненным креплением, обеспечивающая стабильность процесса резания при различных нагрузках.

Ключевые слова: ротационный режущий аппарат, обрезка садов и виноградников, конечно-элементное моделирование, качество среза, угол заточки лезвия, энергоэффективность, шарнирное крепление ножей, резание с протяжкой, напряжения по Мизесу, сельскохозяйственные машины.

($R^2=0.9998$) is obtained. It is proved that the proposed design provides a clean, even cut without damage to plant tissues, reduces the energy consumption of the unit by 25-30% and increases the tool life by 1.5-2 times. The results of the work are of practical importance for the design of modern energy-efficient machines for the care of perennial plants. The developed scientifically based recommendations can be used in the modernization of existing and the creation of new pruning units. Of particular value is the combination of the curved profile of the knife with a hinged spring-loaded mount, which ensures the stability of the cutting process under various loads.

Keywords: rotary cutting machine, pruning orchards and vineyards, finite element modeling, cut quality, blade sharpening angle, energy efficiency, knife hinge, broaching, Mises stresses, agricultural machinery.

Введение. Обрезка многолетних растений и виноградников – критически важный агротехнический процесс, от которого зависят урожайность, здоровье растений и долговечность насаждений. Современные машины для обрезки используют различные типы режущих инструментов, включая дисковые фрезы, сегментно-пальцевые аппараты и ротационные ножи [1]. Однако ключевой проблемой остаётся баланс между производительностью, качеством среза и энергоэффективностью [2].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью:

– уменьшения повреждений растительных тканей (рваные края, трещины), которые замедляют заживление и повышают риск заболеваний;

- снижения энергозатрат при обработке ветвей разной толщины.
- оптимизации конструкции ножей для увеличения срока их службы.

Цель работы – теоретическое обоснование выбора геометрии и динамики работы ротационно-ножевого инструмента, обеспечивающего чистый срез с минимальным усилием.

В исследовании анализируется влияние угла заточки лезвия на распределение напряжений в ветке (методом конечно-элементного моделирования в COMSOL) [3]. Обсуждается роль скользящего движения ножа («резание с протяжкой») для снижения усилия резания. Предлагаются рекомендации по выбору угла заточки и конструкции ножей на основе расчётов и моделирования.

Научная новизна заключается в комплексном анализе контактных напряжений при резании ветвей с учётом криволинейной формы ножей, шарнирного крепления и пружинного натяжения, что ранее не рассматривалось в контексте агротехнических машин.

Практическая значимость заключается в результатах работы, которые могут быть использованы для проектирования режущих органов обрезочных машин, сочетающих высокое качество среза с низким энергопотреблением.

Методология и методы исследования. Теоретической основой исследования послужил анализ кинематики взаимодействия режущего инструмента с растительным материалом. Как показано на рисунке 1, процесс резания рассматривается как совокупность двух движений: давящего, направленного перпендикулярно поверхности контакта, и режущего (скользящего), осуществляемого под углом к поверхности разрушения. Такая схема позволяет объяснить эффект снижения усилия резания за счет уменьшения эффективного угла врезания при комбинированном воздействии [4]. Режущее движение существенно уменьшает усилие разрушения материала ветки из-за уменьшения угла клина (угла врезания) врезающегося в материал лезвия. При вдавливающем движении ножа под действием усилия F угол врезания равен углу заточки лезвия β , нож врежется в тело ветки со скоростью V_n . При одновременном движении ножа вглубь тела ветки со скоростью V_τ и вдоль тела ветки со скоростью V нож врежется в тело ветки под углом φ , что приводит к уменьшению угла врезания до величины $\beta\varphi$. Чем больше угол φ , тем меньше усилие разрушения тела ветки.

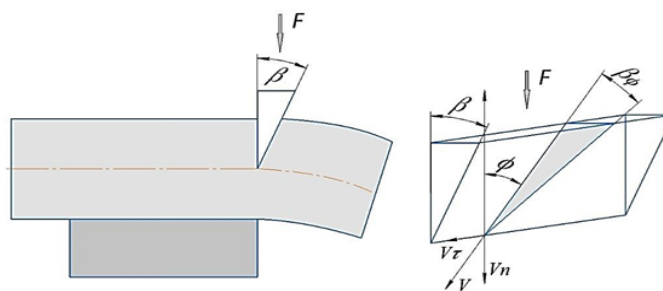


Рисунок 1. Схема взаимодействия лезвия ножа и ветки, опирающейся на опору

Для количественной оценки напряженно-деформированного состояния системы "нож-ветка" разработана трехмерная конечно-элементная модель в среде COMSOL Multiphysics (рисунок 2). Модель учитывает анизотропные свойства растительного материала и особенности контактного взаимодействия. Одна сторона ветки моделировалась как жестко закрепленная, что соответствует условиям реального технологического процесса, когда ветка фиксируется между режущим инструментом и опорным элементом [5].

На нож действует сила F , направленная вертикально вниз. Особенностью модели является описание условий контакта поверхностей ножа (передняя наклонная, задняя вертикальная и цилиндрическая поверхность кромки лезвия) с поверхностями тела ветки. Допущением используемой модели является отсутствие учёта касательных напряжений на контактирующих поверхностях. Такое допущение возможно, так как в реальных условиях резания свободная часть ветки не зажимает тело ножа, а отходит от него из-за действующей силы тяготения. Все контактирующие поверхности смазываются выделяющейся из ветки влагой.

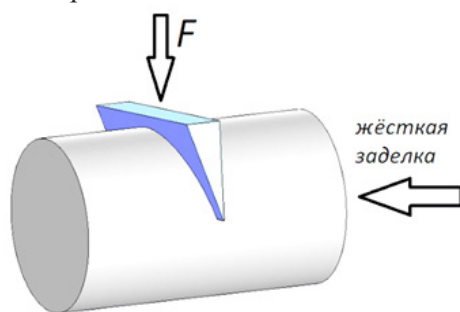


Рисунок 2. 3D модель контакта ветки и ножа

Физические параметры модели включали:

1. Для режущего инструмента - легированную сталь AISI 4340 с модулем упругости 205 ГПа;
2. Для растительного материала - древесину с влажностью 12% и модулем упругости 9.58 ГПа.

Особое внимание уделено моделированию режущей кромки, диаметр которой принят равным 0.05 мм, что соответствует реальным условиям эксплуатации. Диапазон углов заточки лезвия варьировался от 5° до 40° с шагом 10°, что позволило проследить влияние этого параметра на распределение напряжений.

Методика анализа результатов включала:

1. Визуализацию полей напряжений по Мизесу в различных сечениях;
2. Построение графиков распределения напряжений вдоль линий реза;
3. Определение функциональных зависимостей между геометрическими параметрами инструмента и возникающими напряжениями.

При этом учитывались особенности поведения растительных тканей при механическом воздействии, включая эффект смазки контактных поверхностей выделяющейся влагой. Такая комплексная методика позволила получить достоверные дан-

ные о напряженном состоянии как инструмента, так и обрабатываемого материала.

Результаты и обсуждения.

Анализ напряженного состояния системы "нож-ветка".

Результаты конечно-элементного моделирования демонстрируют сложную картину распределения напряжений в зоне контакта режущего инструмента с растительным материалом. На рисунке 3 представлены характерные распределения эквивалентных напряжений по Мизесу, показывающие, что максимальные напряжения концентрируются [6]:

1. В непосредственной близости от режущей кромки;
2. На передней поверхности ножа (рисунок 4а);
3. В поверхностном слое ветки глубиной до 2 мкм (рисунок 5).

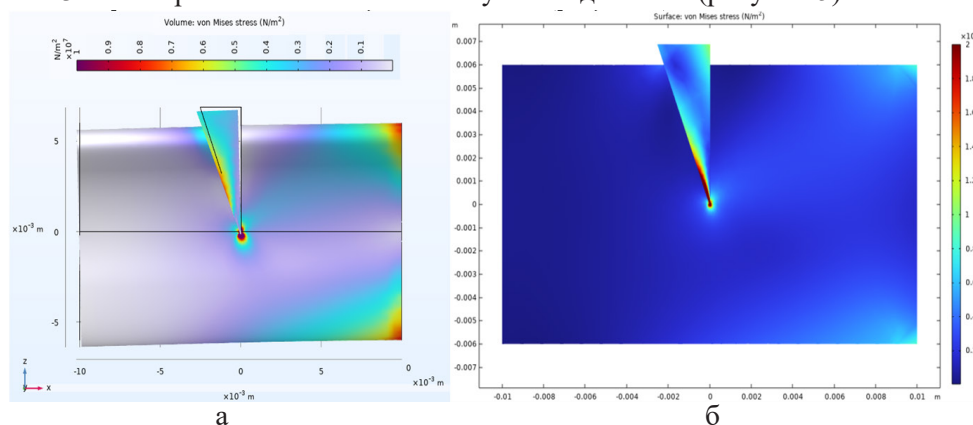


Рисунок 3. Распределение напряжений по Мизесу на поверхностях ветки и ножа (а) и в осевом сечении ветки (б)

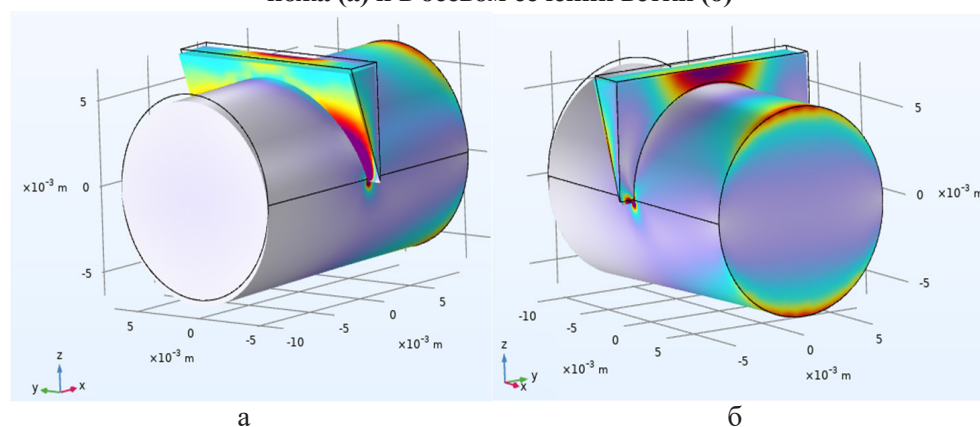


Рисунок 4. Распределение напряжений по Мизесу на передней (а) и задней (б) поверхностях ножа

На рис. 5 приведены графики изменения эквивалентных по Мизесу напряжений в материале ветки в зоне контакта с режущей кромкой лезвия ножа (линия 1 – $Z=0$; линия 2 – $Z=-1$ мкм; линия 3 – $Z=-2$ мкм).

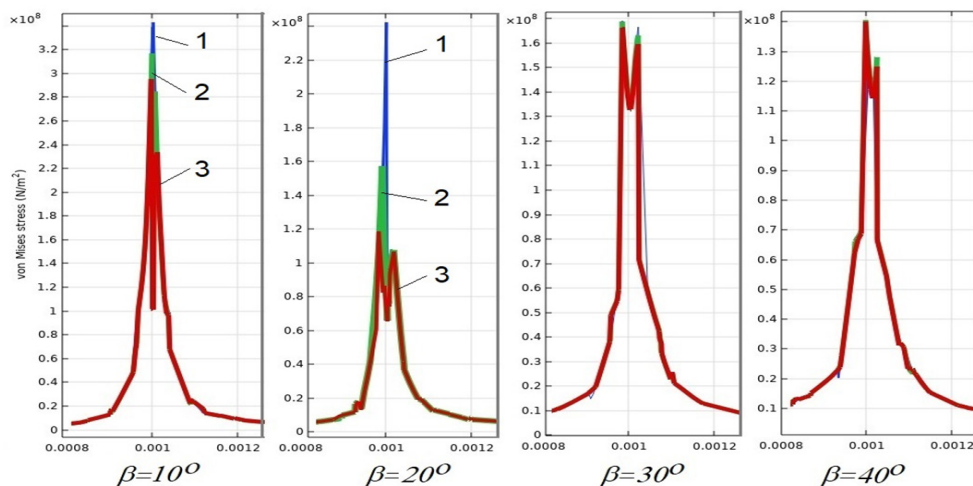


Рисунок 5. Изменение в материале ветки в зоне контакта с режущей кромкой лезвия ножа

При этом обнаружено существенное различие в напряженном состоянии передней и задней поверхностей ножа (рисунок 4), что объясняется асимметричностью процесса резания. Разница напряжений достигает 25-30% для углов заточки 20-30°, создавая предпосылки для деформации инструмента.

Влияние угла заточки на процесс резания.

Экспериментально установленная зависимость максимального контактного напряжения от угла заточки (рисунок 6) имеет нелинейный характер. Особенно показательно сравнение двух диапазонов:

- при углах 5-20° наблюдается резкий рост напряжений (до $3.4 \cdot 10^8$ Па при 10°);
- в диапазоне 30-40° кривая выходит на "плато" ($1.4-1.7 \cdot 10^8$ Па).

На рисунке 6 приведена зависимость максимального напряжения в зоне контакта от угла заточки лезвия ножа.

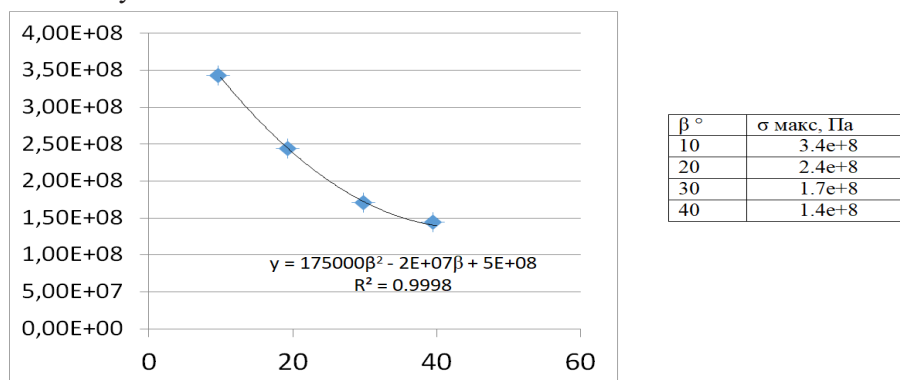


Рисунок 6. Зависимость максимального напряжения в зоне контакта от угла заточки лезвия ножа

Методами регрессионного анализа [7] установлена квадратичная зависимость максимального контактного напряжения от угла заточки лезвия (рисунок 6):

$$\sigma_{max} = 175000\beta^2 - 2 \times 10^7\beta + 5 \times 10^8, \quad (1)$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0.9998$, что свидетельствует о высокой точности аппроксимации экспериментальных данных. Данная зависимость позволяет прогнозировать нагрузочные характеристики инструмента при проектировании.

Подтверждаются теоретические предпосылки о нецелесообразности использования ножей с углом заточки менее 30° для обработки древесных материалов. Причина заключается в сочетании двух факторов:

1. Чрезмерной концентрации напряжений в инструменте;
2. Неоправданно высоких энергозатратах на резание.

Механизм скользящего резания.

Теоретический анализ (рисунок 1) и результаты моделирования позволяют предложить следующий механизм резания с протяжкой:

1. Первоначальный контакт криволинейной режущей кромки с веткой создает зону локального смятия;
2. По мере движения ножа происходит перераспределение напряжений от нормальных к тангенциальным;
3. Пластическая деформация развивается вдоль волокон древесины;
4. Разрушение происходит за счет сдвиговых деформаций.

Преимущества такого механизма подтверждаются:

1. Снижением максимальных напряжений на 40-45% по сравнению с "перерубанием";
2. Уменьшением зоны повреждения растительных тканей;
3. Более стабильным процессом резания.

Практические рекомендации.

На основании проведенного исследования можно сформулировать следующие рекомендации для конструкторов режущих аппаратов:

1. Оптимальный угол заточки лезвий - $30-35^\circ$;
2. Криволинейный профиль режущей кромки предпочтительнее прямолинейного;
3. Шарнирное крепление ножей с пружинным натяжителем обеспечивает:
 - автоматическую адаптацию к толщине ветки;
 - стабилизацию угла атаки;
 - компенсацию ударных нагрузок.

Полученные результаты хорошо согласуются с классическими работами Глебова (1933) и Розенберга (1945) по динамике резания, развивая их применительно к современным сельскохозяйственным машинам. Особенно важным представляется подтверждение эффекта "кинематического заострения", позволяющего снизить энергопотребление на 25-30% без потери качества обработки.

Выводы. 1. Теоретически и экспериментально подтверждена эффективность резания с протяжкой, обеспечивающего снижение усилия резания на 35-40% по сравнению с традиционным перерубанием ветвей. Установлена квадратичная зависимость усилия резания от угла заточки ножа:

$$\sigma_{\max} = 175000\beta^2 - 2 \times 10^7\beta + 5 \times 10^8 \quad (R^2 = 0.9998).$$

2. Конечно-элементный анализ выявил концентрацию напряжений на режущей кромке и передней поверхности ножа. Разница напряжений на передней и задней кромках достигает 25-30%, что ограничивает применение углов заточки менее 30° из-за риска деформации лезвия.

3. Рекомендован оптимальный диапазон углов заточки 30-40°, обеспечивающий:

- минимальное повреждение растительных тканей;
- снижение энергопотребления на 25-30%;
- увеличение ресурса инструмента в 1,5-2 раза.

4. Перспективным направлением совершенствования конструкции является комбинация:

- криволинейного профиля лезвия;
- шарнирного подпружиненного крепления;
- скользящего движения с углом $\varphi > 15^\circ$.

Полученные результаты создают научную основу для проектирования энергоэффективных режущих систем нового поколения для сельскохозяйственных машин.

Список использованных источников:

1. Сантос и др. (2022). "Роботизированные системы обрезки: обзор (2015-2022)". Интеллектуальные сельскохозяйственные технологии, 3, 100115. DOI: [10.1016/j.atech.2022.100115] (<https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100115>)

2. Ли и др. (2021). "Оптимизация энергопотребления в системах ротационной резки". Energy, 231, 120878. DOI: [10.1016/j.energy.2021.120878] (<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120878>)

3. Чжан и др. (2022). "Усовершенствованное моделирование контактов в COMSOL для сельскохозяйственных режущих инструментов". Разработка биосистем, 223, 178-191. DOI: [10.1016/j.biosystemseng.2022.08.012]

References:

1. Santos et al. (2022). "Robotic pruning systems: an overview (2015-2022)". Intelligent Agricultural Technologies, 3, 100115. DOI: [10.1016/j.atech.2022.100115] (<https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100115>)

2. Li et al. (2021). "Optimization of energy consumption in rotary cutting systems". Energy, 231, 120878. DOI: [10.1016/j.energy.2021.120878] (<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120878>)

3. Zhang et al. (2022). "Advanced contact modeling in COMSOL for agricultural cutting tools." Development of Biosystems, 223, 178-191. DOI: [10.1016/j.biosystemseng.2022.08.012] (<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.08.012>)

(<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.08.012>)

4. Оборин Л.А. Анализ углов резания бытовых ножевых инструментов. – Техничко-технологические проблемы сервиса. 2010. № 3 (13). С. 73-76.

5. Chen & Wang (2021). "Динамический анализ процесса обрезки винограда с использованием высокоскоростной визуализации". Компьютеры и электроника в сельском хозяйстве, 185, 106135. DOI: [10.1016/j.compag.2021.106135] (<https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106135>)

6. Оливейра и др. (2020). "Распределение напряжений в секаторах: МКЭ и экспериментальная проверка". Журнал террамеханики, 91, 11-21. DOI: [10.1016/j.jterra.2020.04.003] (<https://doi.org/10.1016/j.jterra.2020.04.003>)

7. Кумар и Патель (2023). "Подходы к машинному обучению для прогнозирования усилий резания в сельскохозяйственных инструментах". Искусственный интеллект в сельском хозяйстве, 7, 15-27. uDOI: [10.1016/j.aiia.2023.02.002] (<https://doi.org/10.1016/j.aiia.2023.02.002>)

4. Oborin L.A. Analysis of cutting angles of household knife tools. – Technical and technological problems of the service. 2010. No. 3 (13). pp. 73-76.

5. Chen & Wang (2021). "Dynamic analysis of the grape pruning process using high-speed visualization." Computers and Electronics in Agriculture, 185, 106135. DOI: [10.1016/j.compag.2021.106135] (<https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106135>)

6. Oliveira et al. (2020). "Stress distribution in sectors: FEM and experimental verification". Journal of Terramechanics, 91, 11-21. DOI: [10.1016/J.jterra.2020.04.003] (<https://doi.org/10.1016/j.jterra.2020.04.003>)

7. Kumar and Patel (2023). "Machine learning approaches for predicting cutting forces in agricultural tools." Artificial Intelligence in Agriculture, 7, 15-27. uDOI: [10.1016/j.aiia.2023.02.002] (<https://doi.org/10.1016/j.aiia.2023.02.002>).

Сведения об авторах:

Красовский Виталий Викторович – доцент кафедры общетехнических дисциплин, Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: vitaliy-krasovskiy@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

Трофимов Илья Михайлович –

Information about the authors:

Krasovskiy Vitaliy Viktorovich – Associate professor of the department of general technical disciplines, Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: vitaliy-krasovskiy@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.grarnoye.

Ilya Mikhailovich Trofimov – Postgraduate student of the Department

аспирант кафедры технических систем в агробизнесе Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: iliyaxz@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

Завалий Алексей Алексеевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой общетехнических дисциплин Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: zavalym@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

of Technical Systems in Agribusiness at the Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky KFU, e-mail: iliyaxz@mail.ru , 295492, village of Agrarnoye, Institute of "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V.I.Vernadsky".

Zavaliy Alexey Alekseevich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of General Technical Disciplines at the Institute of Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky KFU, e-mail: zavalym@mail.ru , 295492, village of Agrarnoye, Institute of "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V.I.Vernadsky".

УДК 631.361.6

**РАСЧЁТНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА
СЕМЯН В ТЕЛЕ ШИШКИ
ИНФРАКРАСНЫМ
ИЗЛУЧЕНИЕМ**

**COMPUTATIONAL
STUDY OF THE HEATING
OF SEEDS IN THE BODY
OF A CONE BY INFRARED
RADIATION**

Завалий А.А., доктор технических наук, доцент;

Воложанинов С.С., кандидат технических наук, доцент;

Шиян О.В., кандидат физико-математических наук, доцент;

Волобуев Д.Д., аспирант; Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского».

Zavalay A.A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;

Volozhaninov S.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Shiyan O.V., Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor;

Volobuev D.D., postgraduate student; Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University».

Целью расчётного исследования нагрева семян в теле шишки инфракрасным излучением является определение диапазонов режимных параметров работы устройства циклического импульсного нагрева шишек. В результате моделирования процесса нагрева тела шишки в условиях сопряжённого лучисто-конвективно-кондуктивного теплообмена установлено, что для реализации обработки шишек тепловым потоком инфракрасного излучения в устройстве циклического импульсного нагрева шишек, в котором ширина поддона составляет 1000 мм, диапазонами режимных параметров являются тепловая мощность источника инфракрасного излучения 800 – 1000 Вт, скважность действия теплового излучения на поверхность шишек не более 10 %, скорость движения поддона с шишками на качество обработки шишек не влияет.

The purpose of the computational study of the heating of seeds in the body of cones by infrared radiation is to determine the ranges of operating parameters of the cyclic pulse heating device cones. As a result of modeling the process of heating the body of a cone under conditions of coupled radiant-convective-conductive heat exchange, it was found that to process cones with a thermal flow of infrared radiation in a device for cyclic pulsed heating of cones, in which the pan width is 1000 mm, the operating parameter ranges are the thermal power of the infrared radiation source 800-1000 W, the range of thermal radiation the surface of the cones is not more than 10%, the speed of movement of the pallet with cones does not affect the quality of processing cones.

Ключевые слова: семена, инфракрасное излучение, температура.

Keywords: seeds, infrared radiation, temperature.

При производстве посевного материала хвойных растений семена извлекают из шишек в процессе их сушки. Сушку шишек осуществляют преимущественно в конвективных сушильных устройствах, например, барабанного типа [1 - 3].

Представляется перспективным осуществлять сушку шишек с последующим выделением семян в устройствах инфракрасной сушки. В [4] описано устройство циклического импульсного нагрева шишек, размещённых на сетчатом поддоне, установленном на тележке, совершающей возвратно-поступательные движения под линейным инфракрасным излучателем. Схема такого устройства представлена на рисунке 1.

Шишки на сетчатом поддоне размещаются в один слой, при движении поддона шишки встряхиваются и переворачиваются, обеспечивая тем самым равномерный нагрев своей поверхности потоком теплового излучения. При нагреве чешуйки шишки раскрываются, освобождая семена. Семена выпадают на поверхность, расположенную под сетчатым поддоном, после чего собираются для дальнейшей обработки.

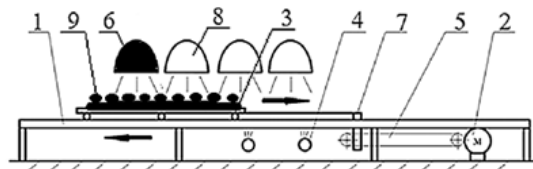


Рисунок 1. Схема устройства инфракрасной сушки шишек хвойных растений

1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – тележка; 4 – сопло; 5 – цепная передача; 6 – ультрафиолетовый излучатель; 7 – рычаг; 8 – инфракрасные излучатели (нихромовые спирали в трубках кварцевого стекла); 9 – обрабатываемые шишки

Для обеспечения высокого качества семян они не должны подвергаться механическим ударным и истирающим воздействиям, температура нагрева семян не должна превышать граничного значения, составляющего по сведениям [5, 6] 40 °С. Нагрев семян должен быть плавным, препятствующим появлению на поверхности семян микротрещин, вызванных температурными деформациями и быстрым испарением влаги из тела семян. Такой режим тепловой обработки позволяет осуществить циклический импульсный инфракрасный нагрев, обеспечивающий также низкие потери тепловой энергии в устройстве сушки, так как весь поток теплового излучения поступает непосредственно на поверхность обрабатываемых шишек. В процессе обработки инфракрасным излучением наблюдается выраженный бактерицидный эффект [4, 7], обеспечивающий защиту поверхности семян от патогенных микроорганизмов, расположенных на поверхностях чешуек шишки.

Целью расчётного исследования нагрева семян в теле шишки инфракрасным излучением является определение диапазонов режимных параметров ра-

боты устройства циклического импульсного нагрева шишек.

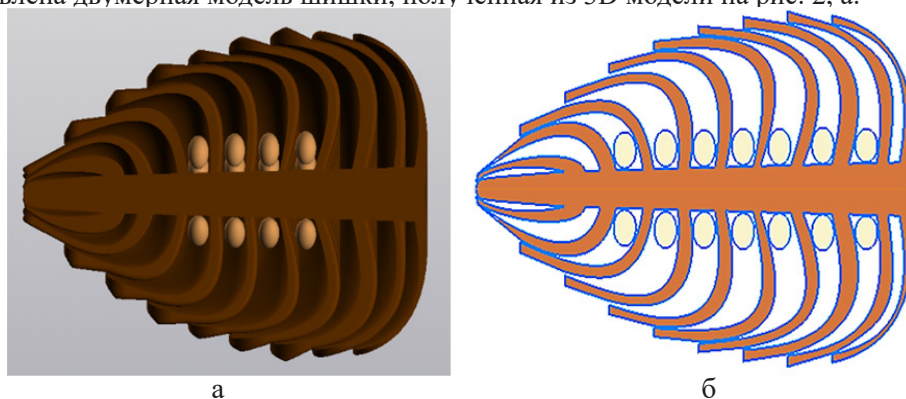
Режимными параметрами процесса сушки являются тепловая мощность источника инфракрасного излучения, скорость движения поддона с шишками и скважность действия теплового излучения на поверхность шишек. Скважность теплового действия в сочетании со скоростью движения поддона и шириной инфракрасного излучателя дают возможность определить конструктивные параметры устройства – длину поддона и, соответственно, длину перемещения поддона под излучателем.

Исходными данными для анализа являются:

- варьируемая тепловая мощность источника инфракрасного излучения;
- ширина нижнего среза отражателя источника излучения;
- высота положения нижнего среза отражателя источника излучения над

поверхностью шишек. Чем меньше высота положения нижнего среза отражателя источника излучения над поверхностью шишек, тем меньше тепловых потерь устройства. Поэтому нижний срез источника излучения необходимо располагать как можно ниже над поверхностью шишек, но при этом обеспечить свободное перемещение шишек под отражателем с учётом возможного изменения их положения (поворота или подскока в момент встряхивания).

Инструментом расчётного анализа нагрева тела шишки и расположенных в ней семян инфракрасным излучением служит CFD программа теплового и газодинамического анализа ANSYS Fluent [8, 9]. На рисунке 2, а представлена 3D модель шишки, подлежащая расчётному тепловому анализу. Задача нагрева шишки решалась в двумерной постановке, что в первую очередь связано с вычислительными ресурсами использованного для расчёта компьютера. На рисунке 2, б представлена двумерная модель шишки, полученная из 3D модели на рис. 2, а.



а

б

Рисунок 2. Модели сосновой шишки

а – разрез 3D модели шишки; б - 2D модель шишки

Корректность использования двумерной модели определяется следующим:

- семена, изображённые на 2D модели, подвергаются наибольшему тепловому воздействию, поступающему сверху вниз от источника инфракрасного излучения;
- 2D модель определяет тепловой поток в теле шишки как двумерный: сверху вниз и слева-направо (справа-налево), что приводит к решению с более

высокими значениями температуры, чем при использовании 3D модели. Таким образом, использование 2D модели даёт оценку нагрева шишки «сверху».

Геометрия расчётной области задачи нагрева шишки представлена на рисунке 3.

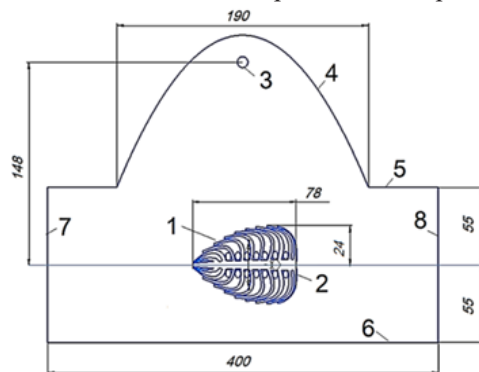


Рисунок 3. Геометрия расчётной области задачи нагрева шишки

На рисунке 3 цифрами обозначены: 1 – чешуйки шишки; 2 – семена шишки; 3 – источник инфракрасного излучения диаметром 8 мм; 4 – зеркальный отражатель; 5, 6 – стенки, поглощающие тепловое излучение (степень черноты $\varepsilon = 1$); 7 – сечение входа потока воздуха; 8 – сечение выхода потока воздуха. Расчётная область разбита на треугольные конечные элементы стороной 0,5 мм, общее количество конечных элементов расчётной области 312360. Расчётная область включает в себя газовую среду со свойствами воздуха при атмосферном давлении ($\rho = 1,28 \text{ кг/м}^3$, $C_p = 1005 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, $\lambda = 0,02485 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$) и твёрдые тела (чешуйки и семена) со свойствами дерева сосны ($\rho = 700 \text{ кг/м}^3$, $C_p = 2310 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, $\lambda = 0,173 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, степень черноты поверхностей $\varepsilon = 1$).

Граничные условия задачи:

- удельная мощность источника излучения 40000 Вт/м^2 (соответствует мощности 1 кВт трубчатого излучателя диаметром 8 мм и длиной 1000 мм);
- на всех границах (позиции 4, 5, 6 на рис. 3) условия конвективного теплообмена 3-го рода с внешней стороны границы (температура окружающей среды 300 К, коэффициент теплоотдачи 5 – 10 $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$);
- скорость движения воздуха в сечении входа (позиция 7 на рис. 3) 0,5 м/с, температура воздуха 300 К.

Начальные условия нестационарной задачи нагрева семян в теле шишки:

- начальная температура тела шишки и семян 300°К ;
- начальная температура граничных поверхностей стенок 300°К .

Расчётный шаг по времени решения нестационарной задачи 1 с. В ходе решения сохранялись промежуточные решения через каждые 10 с времени решения задачи.

Для решения задачи использована модель турбулентного течения с использованием k- ε модели турбулентности и модель дискретных ординат (DO) для теплового излучения. Для выбора параметров дискретизации модели DO приняты значения, использованные в [8, 9].

Оценку изменения температуры в теле шишки и семенах определяли по сечениям 1, 2, 3, распределение потока теплового излучения, падающего на поверхность шишки, по сечению 4 (см. рис. 4).

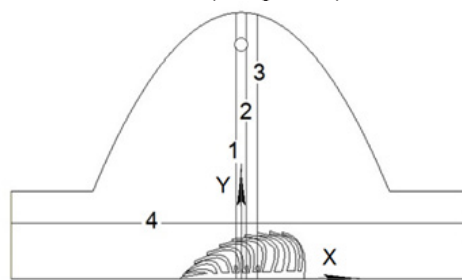


Рисунок 4. Сечения расчётной области

Сечения 1, 2 и 3 пересекают области семян в зоне, близкой к вертикальному сечению размещения источника излучения, координата X которого равна 0. Сечение 1 имеет координату $X = -3,5$ мм; сечение 2 – $X = 3,5$ мм; сечение 3 – $X = 10,5$ мм. Сечение 4 расположено на высоте 35 мм от осевой линии шишки, совпадающей с осью OX .

Для определения сходимости нестационарного решения к решению стационарной задачи задача нагрева решена в стационарной постановке. На рисунке 5 представлены поля температуры, потока теплового излучения и скорости движения воздуха в расчётной области.

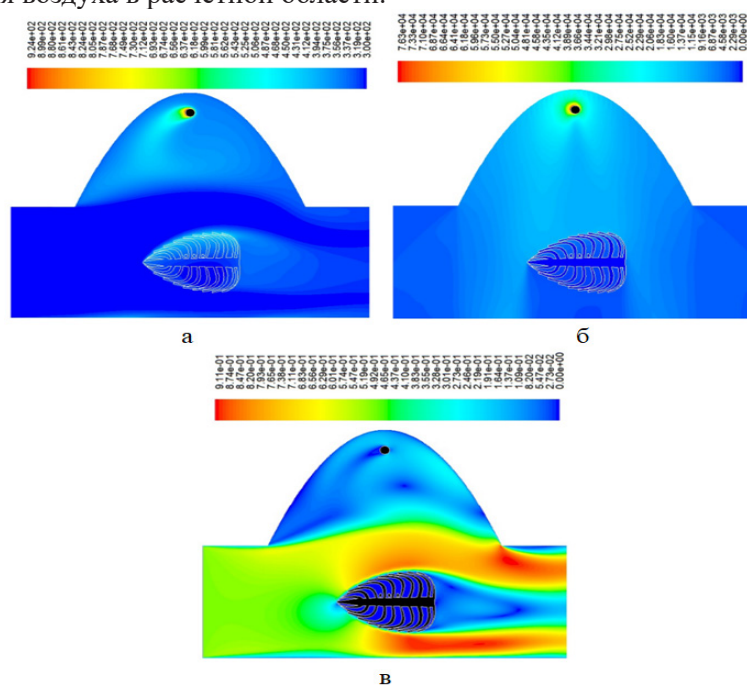


Рисунок 5 – Результаты решения стационарной задачи нагрева шишки
а - поле температуры (время нагрева 600 с), К; б - поле потока теплового излучения (время нагрева 600 с) Вт/м²; в - поле скорости воздуха, м/с

На рис. 6 представлено распределение потока теплового излучения в сечении 4 (см. рис. 4). Вертикальными линиями выделена область положения тела шишки под источником излучения. Значение потока теплового излучения в диапазоне координаты X от -39 мм до 39 мм составляет 15600 ± 750 ($\pm 9\%$) Вт/м².

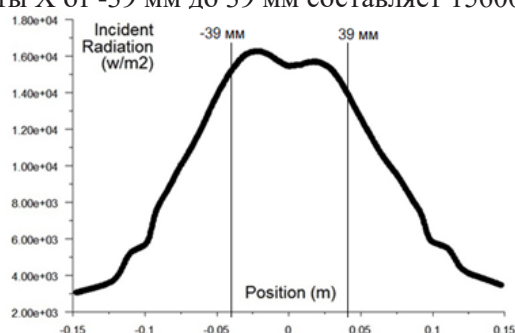


Рисунок 6. Распределение потока теплового излучения в сечении 4

На рис. 7 представлена динамика нагрева тела шишки в сечении $X = 0$ мм. Как следует из графика на рисунке 7, после 60 минут нагрева наступает стационарный тепловой режим. Решения нестационарной задачи (линии «60min» и «76min») совпадают с линией «stat», полученной при решении стационарной задачи сложного теплообмена.

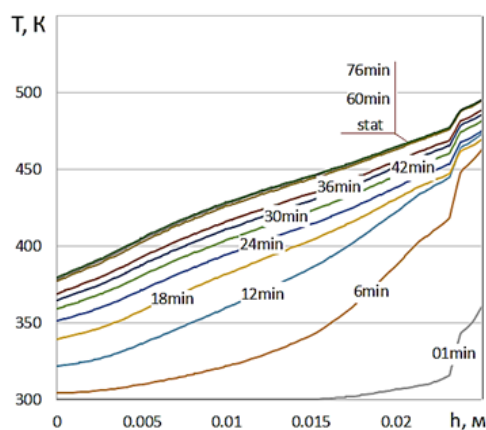


Рисунок 7. Динамика нагрева тела шишки в сечении $X = 0$ мм

На рисунке 8 представлена динамика нагрева тела шишки в сечениях расположения семян (сечения 1, 2, 3 на рис. 4). На графике (см. рис 8) указаны вертикали 1 и 2, отражающие диапазон координат размещения семян в теле шишки.

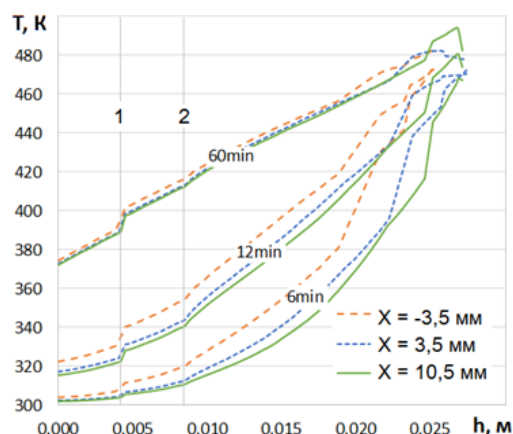


Рисунок 8. Динамика нагрева тела шишки в сечениях 1, 2 и 3

Из графиков, показанных на рисунке 8 следует, что семена шишки нагреваются до допустимой температуры в первые 5 – 10 минут. На рисунке 9 представлены графики изменения температуры тела шишки в наиболее нагреваемом сечении 1 (см. рис. 4) в течение первых 10 минут нагрева.

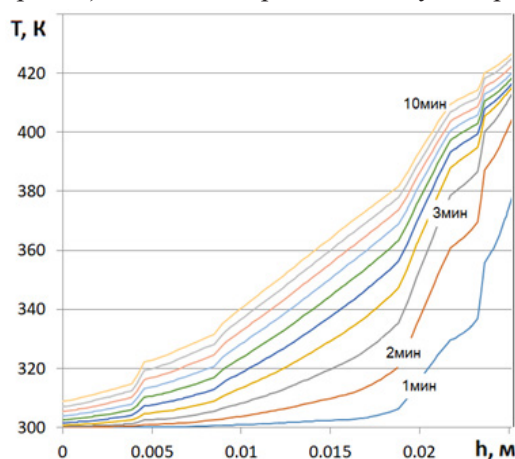


Рисунок 9. Изменение температуры тела шишки в наиболее нагреваемом сечении 1 (см. рис. 4) в течение первых 10 минут нагрева

На рисунке 10 представлены графики изменения температуры тела семени в сечении 1, а в таблице 1 численные значения температуры тела семени.

В таблице 1 в ряду Δt указаны значения максимальной разницы температур по высоте семени.

Таким образом, для выбранной геометрии взаимного расположения шишки и источника излучения и тепловой мощности источника излучения время нагрева семени шишки до допустимого уровня не превышает 10 минут. При этом поверхность чешуек шишки нагревается более чем на 100 °С.

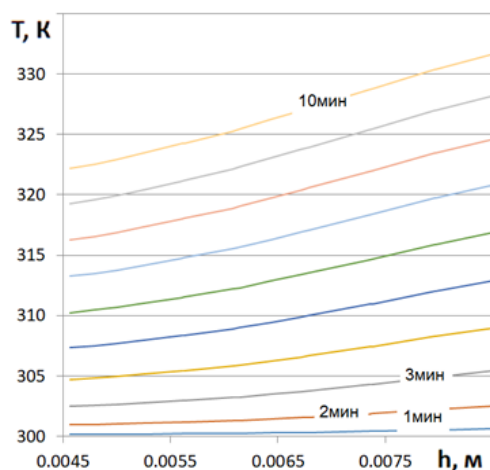


Рисунок 10. Изменения температуры тела семени в сечении 1

Таблица 1. Значения температуры семени в сечении 1, К

h, м	1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин	6 мин	7 мин	8 мин	9 мин	10 мин
0,00456	300,18	300,99	302,54	304,73	307,36	310,25	313,26	316,28	319,26	322,18
0,00479	300,18	301,01	302,60	304,84	307,52	310,46	313,51	316,57	319,59	322,53
0,00500	300,19	301,04	302,67	304,95	307,69	310,68	313,77	316,87	319,92	322,90
0,00524	300,20	301,09	302,78	305,14	307,95	311,01	314,17	317,33	320,42	323,43
0,00561	300,22	301,17	302,96	305,42	308,34	311,51	314,75	317,99	321,15	324,22
0,00563	300,22	301,18	302,97	305,44	308,37	311,55	314,80	318,04	321,20	324,28
0,00608	300,25	301,30	303,22	305,83	308,89	312,19	315,55	318,88	322,12	325,26
0,00615	300,26	301,33	303,27	305,91	309,00	312,31	315,69	319,04	322,29	325,44
0,00644	300,30	301,45	303,50	306,25	309,45	312,85	316,31	319,72	323,03	326,22
0,00672	300,33	301,57	303,73	306,59	309,89	313,39	316,92	320,40	323,76	326,99
0,00679	300,34	301,60	303,78	306,68	310,00	313,53	317,08	320,57	323,94	327,19
0,00735	300,42	301,87	304,29	307,41	310,94	314,63	318,32	321,93	325,39	328,72
0,00738	300,43	301,89	304,32	307,45	310,99	314,69	318,38	321,99	325,46	328,79
0,00796	300,54	302,22	304,91	308,28	312,02	315,88	319,70	323,42	326,97	330,37
0,00796	300,54	302,22	304,91	308,29	312,03	315,89	319,72	323,44	326,99	330,39
0,00850	300,64	302,52	305,42	308,99	312,89	316,87	320,79	324,59	328,20	331,64
Δt	0,46	1,54	2,88	4,26	5,52	6,62	7,54	8,30	8,94	9,46

Для того чтобы чешуйка шишки открылась, то есть деформировалась в достаточной для выпадения семени степени, необходимо, чтобы из неё испарилась влага, так как испарение влаги приводит к деформации и короблению чешуек. Быстрый нагрев чешуек не приведёт к быстрому выходу влаги из их тела, чешуйки останутся закрытыми, семена останутся в теле шишки, дальнейшее тепловое действие на шишку приведёт к перегреву семян и утрате ими

репродуктивной способности. Для снижения интенсивности теплового воздействия на тело шишки и увеличения его времени действия тепловое воздействие должно быть циклическим. Анализ циклического теплового воздействия инфракрасного излучения на поверхность шишки выполним решением нестационарной задачи нагрева в одномерной постановке для слоя тела толщиной, равной толщине шишки в сечении 1:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \right), \quad (1)$$

где $a = \lambda / (C \cdot \rho)$ – температуропроводность тела, м²/с; λ – теплопроводность тела, Вт/(м·К); C – теплоёмкость тела Дж/(кг·К); ρ – плотность тела, кг/м³.

Граничными условиями решения уравнения (1) являются условия теплового баланса на поверхностях слоя:

$$\begin{aligned} -\lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=0} &= \alpha_1 \cdot (t_{f1} - t(x=0, \tau)) + q_{l1} - q_{w1}; \\ -\lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=L} &= \alpha_2 \cdot (t_{f2} - t(x=L, \tau)) - q_{w2}, \end{aligned} \quad (2)$$

где α_1 и α_2 – коэффициент конвективной теплоотдачи на поверхностях слоя сырья 1 и 2 соответственно, Вт/(м²·К); t_{f1} и t_{f2} – температура воздуха, омывающего поверхности 1 и 2 соответственно; $t(x=0, \tau)$ – температура на поверхности 1 слоя сырья; $t(x=L, \tau)$ – температура на поверхности 2 слоя сырья; q_{l1} – тепловой поток излучения на поверхность 1, Вт/м²; q_{w1} и q_{w2} – тепловые потоки испарения влаги с поверхностей 1 и 2 соответственно, Вт/м².

При решении задачи величины тепловых потоков на испарение q_{w1} и q_{w2} примем равными 0.

Для решения уравнения (1) с граничными условиями (2) применим алгоритм численного решения краевой задачи для дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных с использованием метода прогонки [10 - 12]. Для задания импульсов инфракрасного теплового потока используем гармоническую функцию для задания периода и функцию Хэвисайда для задания ступенчатого теплового воздействия с заданной скважностью.

При решении задачи циклического нагрева определим изменение температуры в слое нагреваемого тела, соответствующем положению семян в теле шишки. В соответствии с данными сечения 1 высота семени составляет 4 мм, семя расположено между координатами 4,5 и 8,5 мм по высоте при максимальной координате высоты шишки в сечении 25,22 мм.

Исходными данными для решения уравнения (1) являются теплофизические свойства тела (плотность ρ , теплоёмкость C , теплопроводность λ), коэффициент конвективной теплоотдачи на поверхности тела α_1 и α_2 , тепловой поток инфракрасного излучения q_{l1} , температура омывающего тело воздуха t_{f1} и t_{f2} . Величины коэффициента конвективной теплоотдачи на поверхности тела α_1 и α_2 , теплового потока инфракрасного излучения q_{l1} , температуры омывающего тело воздуха t_{f1} и t_{f2} возьмём из решения, полученного в ANSYS Fluent.

На рисунке 11 приведены значения коэффициента конвективной теплоотдачи на поверхности шишки в области сечения 1. Среднее значение коэффициента теплоотдачи составляет $5,55 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

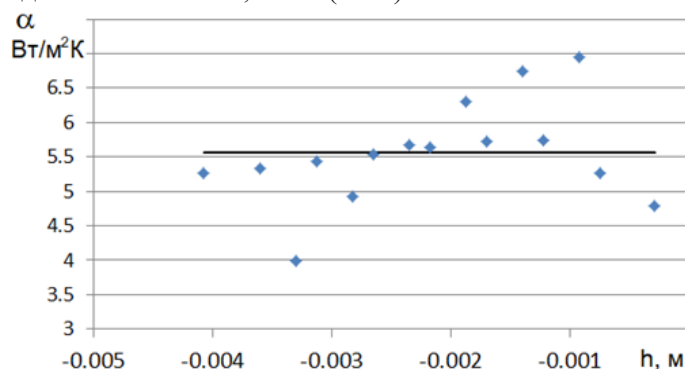


Рисунок 11. Значения коэффициента конвективной теплоотдачи на поверхности шишки в области сечения 1

На рисунке 12 приведены значения теплового потока инфракрасного излучения, падающего на поверхность шишки в области сечения 1. Среднее значение теплового потока составляет $1717 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Температура омывающего тело шишки воздуха равна 300 К . Для того чтобы решение уравнения (1) для случая непрерывного нагрева было близко к решению, полученному в ANSYS Fluent, необходимо задать теплофизические свойства нагреваемого тела, учитывающие, что слой тела содержит чешуйки, семена и воздух.

На рисунке 13 приведено сравнение решения, полученного в ANSYS Fluent, и решения уравнения (1) с граничными условиями (2) методом прогонки в программе Mathcad для значений теплофизических свойств нагреваемого тела $\rho = 500 \text{ кг}/\text{м}^3$, $C_p = 1200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, $\lambda = 0,143 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ и средних значений коэффициента теплоотдачи и потока теплового излучения в соответствии с данными рисунка 11 и рисунка 12.

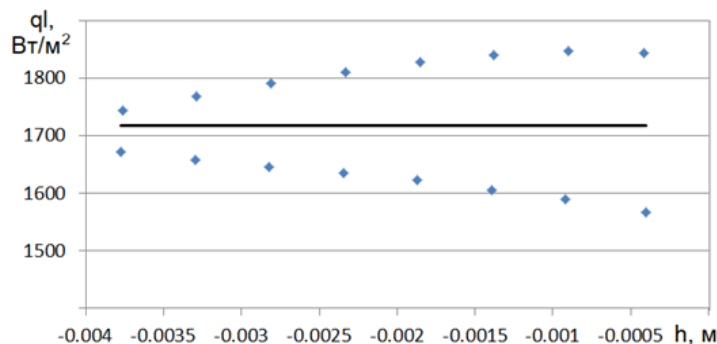


Рисунок 12. Значения теплового потока инфракрасного излучения, падающего на поверхность шишки в области сечения 1

Хорошее совпадение результатов расчёта позволяет использовать решение уравнения (1) для оценки нагрева слоя тела при циклическом нагреве. Расчётное моделирование циклического инфракрасного нагрева семян в теле шишки выполним для диапазонов скорости движения тележки с размещёнными на ней шишками и скважности инфракрасного нагрева, представленных в таблице 2.

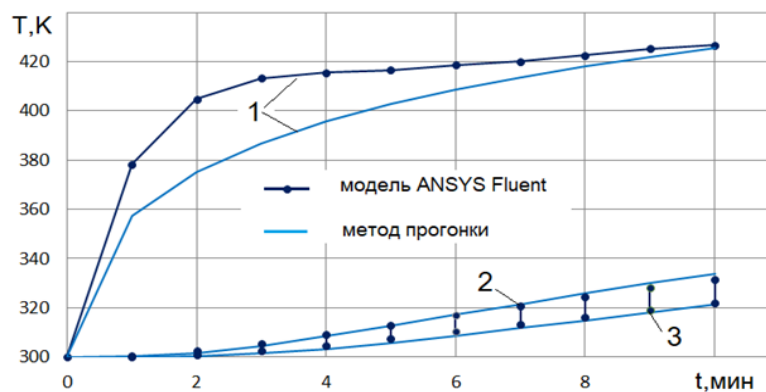


Рисунок 13. Сравнение расчёта нагрева шишки и слоя тела
1 – температура поверхности слоя; 2 – температура верхней границы семени;
3 – температура нижней границы семени

Таблица 2. Диапазоны скорости движения тележки и скважности инфракрасного нагрева

Скорость, м/с	Pulse ₂	Скважность, %			
		10	14	26	31
		Pulse ₁			
0,07	0,3	0,95	0,9	0,7	0,5
0,2	0,9	0,95	0,9	0,7	0,5
0,4	1,8	0,95	0,9	0,7	0,5

На рисунке 14 приведены диаграммы импульсного теплового воздействия.

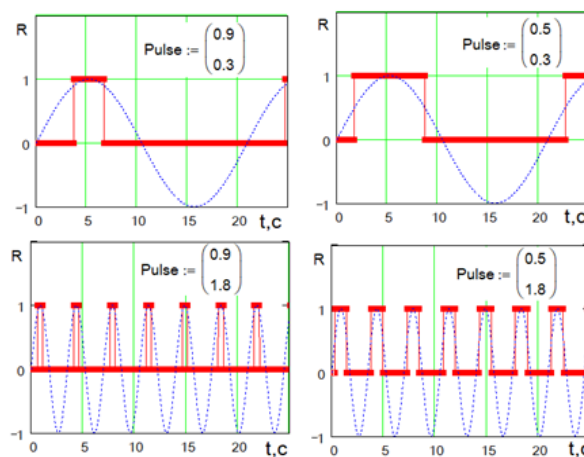


Рисунок 14. Диаграммы импульсного теплового воздействия

На рисунке 15 приведены диаграммы циклического нагрева слоя тела для диапазонов скорости движения тележки и скважности инфракрасного нагрева, указанных в таблице 2.

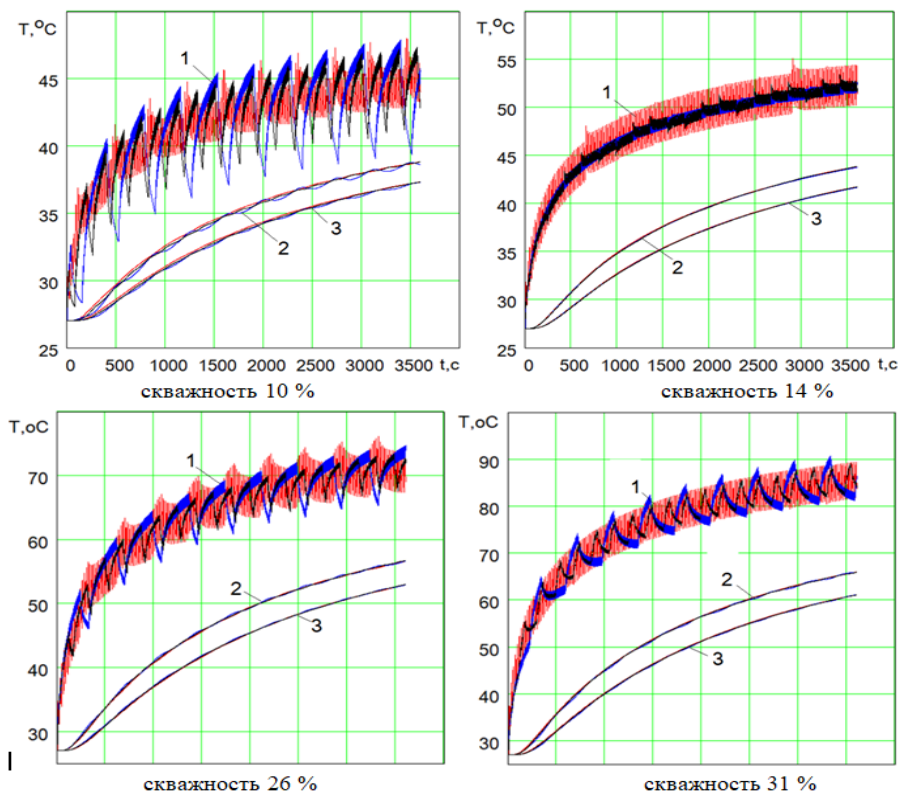


Рисунок 15. Диаграммы циклического нагрева слоя тела шишки

1 – температура поверхности слоя; 2 – температура верхней границы семени;
3 – температура нижней границы семени

Анализ диаграмм, изображённых на рисунке 15, показывает, что скорость перемещения поддона с шишками на изменение температуры шишек не влияет, существенное влияние на изменение температуры оказывают величина падающего на поверхность шишек потока теплового излучения и скважность действия потока теплового излучения.

Выбранная для анализа нагрева шишек величина потока теплового излучения близка к предельно допустимой, так как при скважности 10 % температура семян приближается к допустимому максимуму. Уменьшить величину потока теплового излучения позволит увеличение расстояния от источника излучения до поверхности шишек.

Таким образом, для реализации обработки поверхности шишек тепловым потоком инфракрасного излучения в устройстве циклического импульсного нагрева шишек, в котором ширина поддона составляет 1000 мм, диапазонами режимных параметров являются:

- тепловая мощность источника инфракрасного излучения: 800 – 1000 Вт;
- скажность действия теплового излучения на поверхность шишек: не более 10 %;
- скорость движения поддона с шишками на качество обработки шишек не влияет.

Список использованных источников:

1. Обзор технологических комплексов сушки шишек и извлечения семян хвойных пород деревьев Горелов М.В., Бастрон Т.Н., Мальчик Р.В. Вестник КрасГАУ. 2017. № 3 (126). С. 79-85.
2. Лесные культуры: уч. пособие / П.М. Малаховец САФУ им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. 222 с.
3. Казаков, В.И. Механизация заготовки семян хвойных пород / В. И. Казаков, Н. Е. Проказин, Е. Н. Лобанова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 9-2(20-2). – С. 27-31. – DOI 10.12737/16423.
4. Получение и подготовка к хранению семян хвойных растений в устройстве инфракрасной сушки / С.С. Воложанинов, А.А. Завалий, В.В. Разумный [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2021. – № 27(190). – С. 87-114.
5. Разработка СВЧ-установки для предпосевной обработки семян и сушки шишек хвойных пород деревьев Шахматов С.Н., Горелов М.В., Баранова М.П., Иванов А.Н. В сборнике: Энерго- и ресурсосбережение - XXI век. материалы XII международной научно-практической интернет-конференции. 2016. С. 133-139.
6. Обзор технологических комплексов сушки шишек и извлечения семян хвойных пород деревьев Горелов

References:

1. Review of technological complexes for drying cones and extracting seeds of coniferous trees Gorelov M.V., Bastron T.N., Boy R.V. Bulletin of KrasGAU. 2017. № 3 (126). pp. 79-85.
2. Forest cultures: a textbook / P.M. Malakhovets NArFU named after M.V. Lomonosov. Arkhangelsk: CPI NArFU, 2012. 222 p.
3. Kazakov, V.I. Mechanization of harvesting coniferous seeds / V.I. Kazakov, N.E. Prokazin, E.N. Lobanova // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. - 2015. – Vol. 3, No. 9-2(20-2). – pp. 27-31. – DOI 10.12737/16423.
4. Obtaining and preparing for storage of coniferous seeds in an infrared drying device / S.S. Volozhaninov, A.A. Zavaliy, V.V. Razumny [et al.] // News of agricultural science of Taurida. – 2021. – № 27(190). – Pp. 87-114.
5. Development of a microwave installation for pre-sowing seed treatment and drying of coniferous cones Shakhmatov S.N., Gorelov M.V., Baranova M.P., Ivanov A.N. In the collection: Energy and resource conservation - XXI century. materials of the XII International scientific and practical Internet conference. 2016. pp. 133-139.
6. Review of technological complexes for drying cones and extracting seeds of coniferous trees Gorelov M.V., Bastron T.N., Boy R.V. Bulletin of KrasGAU.

М.В., Бастрон Т.Н., Мальчик Р.В. Вестник КрасГАУ. 2017. № 3 (126). С. 79-85.

7. Воздействие ультрафиолетового облучения на всхожесть семян сосны крымской (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) / А.Н. Салтыков, А.А. Завалий, С.С. Воложанинов [и др.] // II Международная научно-практическая конференция: тезисы, г. Донецк - г. Ялта, 21–25 октября 2024 года. – Симферополь: ИТ "АРИАЛ", 2024. – С. 83.

8. Компьютерное моделирование типовых гидравлических и газодинамических процессов двигателей и энергетических установок в ANSYS Fluent: учеб. пособие / Л.С. Шаблий, А.В. Кривцов, Д.А. Колмакова. – Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2017 – 108 с.: ил.

9. Миньков Л.Л., Моисеева К.М. Численное решение задач гидродинамики с помощью вычислительного пакета Ansys Fluent : учеб. пособие. – Томск : STT, 2017. – 122 с.

10. Солодов, А. П. Электронный курс теплообмена // Открытое образование. 2013. № 1 (96). С. 8 – 16.

11. Солодов, А.П. Электронный курс. Тепломассообмен в энергетических установках. – URL: http://tw.t.mpei.ac.ru/solodov/HMT-eBook_2009/index.htm (дата обращения: 25.11.2021). – Текст : электронный.

12. Макаров, Е. Инженерные расчёты в Mathcad 15: Учебный курс / Е. Макаров. – СПб.: Питер, 2011. – 400 с.

2017. № 3 (126). pp. 79-85.

7. The effect of ultraviolet radiation on germination of seeds of Crimean pine (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) / A.N. Saltykov, A.A. Zavaliy, S.S. Volozhaninov [and others] // II International Scientific and Practical Conference: abstracts, Donetsk - Yalta, October 21-25, 2024. Simferopol: IT "ARIAL", 2024, p. 83.

8. Computer modeling of typical hydraulic and gas dynamic processes of engines and power plants in ANSYS Fluent: textbook. manual / L.S. Shabliy, A.V. Krivtsov, D.A. Kolmakova. Samara: Samar Publishing House. University, 2017 – 108 p.: ill.

9. Minkov L.L., Moiseeva K.M. Numerical solution of hydrodynamic problems using the computing package Ansys Fluent : textbook. stipend. Tomsk : STT, 2017. 122 p.

10. Solodov, A. P. Electronic course of heat exchange // Open education. 2013. No. 1 (96). pp. 8-16.

11. Solodov, A.P. Electronic course. Heat and mass transfer in power plants. – URL: http://tw.t.mpei.ac.ru/solodov/HMT-eBook_2009/index.htm (date of request: 11/25/2021). – Text : electronic.

12. Makarov, E. Engineering calculations in Mathcad 15: A training course / E. Makarov. – St. Petersburg: Peter, 2011. – 400 p.

Сведения об авторах:

Завалий Алексей Алексеевич - доктор технических наук, доцент, заведующий

Information about the authors:

Zavaliy Alexey Alekseevich - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

ший кафедрой общетехнических дисциплин Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», e-mail: zavalym@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Воложанинов Сергей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общетехнических дисциплин Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», e-mail: s.volozhaninov@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Шиян Ольга Владимировна - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», e-mail: olgshiyana@yandex.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Волобуев Дмитрий Дмитриевич – аспирант кафедры общетехнических дисциплин Института «Агротехнологической академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: volobyev99@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Head of the Department of General Technical Disciplines of the Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky CFU», e-mail: zavalym@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarian village, Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky CFU».

Volozhaninov Sergey Sergeyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines of the Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: s.volozhaninov@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarian village, Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University».

Shiyan Olga Vladimirovna - Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines of the Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: olgshiyana@yandex.ru, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarian village, Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University».

Volobuev Dmitry Dmitrievich – postgraduate student of the Department of General Technical Disciplines of the Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: volobyev99@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarian village, Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University».

УДК 631.316.02

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ВЕРХНЕУСТАНОВЛЕННЫХ
НАРАЛЬНИКОВ НА
УПРУГИХ ГРАБЛИНАХ
РАБОЧИХ
ОРГАНОВ КУЛЬТИВАТОРОВ**

**JUSTIFICATION OF THE
PARAMETERS OF UPPER
CULTIVATING RAKE ON
ELASTIC RAILS OF THE
WORKING BODIES OF
CULTIVATORS**

Бабицкий Л.Ф., доктор технических наук, профессор, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»;

Кратюк Д.В. магистр, министр сельского хозяйства Республики Крым;

Мищук С.А. к.т.н., доцент, Институт «Агротехническая академия», ФГБУ ВО «КФУ им В.И. Вернадского».

Babitsky L.F., Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky CFU»;

Kratuk D.V., Master's degree, Minister of Agriculture of the Republic of Crimea;

Mischuk S.F. Candidate of Technical Sciences, Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky CFU».

На основе анализа работы существующих конструкций рабочих органов культиваторов для поверхностной обработки почвы возникает необходимость повышения качества рыхления верхнего слоя почвы и вычесывания подрезанных сорняков для получения мелкокомковатой структуры. Приведено теоретическое обоснование параметров, предложенных верхнеустановленных рыхлительных упругих граблей с наральниками. Получены теоретические зависимости по определению оптимального количества упругих рыхлителей с наральниками, их ширины и шага расстановки с учетом оптимального значения коэффициента расстановки.

Ключевые слова: обоснование, параметры, расстановка, рабочий орган, почва, культиватор, наральник, упругие граблины.

Based on an analysis of existing cultivator designs for shallow tillage, it is necessary to improve the quality of topsoil loosening and weed removal to achieve a fine-grained structure. A theoretical justification for the parameters of the proposed top-mounted elastic rakes with tines is presented. Theoretical relationships are derived for determining the optimal number of elastic rakes with tines, their width, and spacing, taking into account the optimal spacing coefficient.

Keywords: justification, parameters, spacing, working element, soil, cultivator, tine, elastic rakes.

Введение. Выполнение технологических операций поверхностной обработки почвы предусматривает создание в засушливых зонах наиболее благоприятных условий для роста и развития культурных растений, путем применения малоэнергоёмких рабочих органов, обеспечивающих при обработке почвы оптимальные условия для прорастания семян и дальнейшего развития растений [1].

Существующие конструкции рабочих органов культиваторов, в их большинстве, имеют низкие показатели крошения верхнего слоя почвы и вычесывания подрезанных сорняков.

Так известный рабочий орган культиватора с С-образной упругой стойкой, которая в верхней части выполнена в виде витой цилиндрической пружины с полусферическими выступами на нижней поверхности верхнего витка и на верхних поверхностях нижнего и среднего витков, сложный в технологическом изготовлении С-образной упругой стойки с витой цилиндрической пружиной в верхней части и недостаточно вычесывает подрезанные сорняки [2].

Используется также почвообрабатывающее орудие, имеющее рабочий орган в виде стойки со стрелчатой лапой и установленным на стойке дисковым рыхлящим ножом в верхней части, который разрезает пласт перед лапой в вертикальной плоскости и дополнительно его рыхлит [3]. Имеется возможность вертикального перемещения по стойке в зависимости от глубины обработки.

Недостаток такого почвообрабатывающего орудия: недостаточная надёжность крепления дискового рыхлящего ножа на лапе, низкие показатели крошения подрезанного пласта почвы и вычесывания сорняков.

Наиболее близким к решаемой проблеме является известный рабочий орган культиватора, включающий свободно вращающийся дисковый нож, установленный впереди стойки культиваторной лапы с возможностью регулировки глубины погружения в почву, при этом дисковый нож прикреплен непосредственно к стойке культиваторной лапы, причем дисковый нож выполнен в виде сферического диска на оси, угол атаки равен половине угла раствора культиваторной лапы [4].

Однако он имеет технологически сложную конструкцию, установка диска с углом атаки создает дополнительное тяговое сопротивление и крутящий момент, который приводит к нарушению геометрии расположения конструктивных элементов относительно друг друга, а также не вычесываются подрезанные сорняки.

Материал и методы исследований. С целью повышения качества крошения почвы и вычесывания подрезанных сорных растений путем дополнительного рыхления верхнего подрезанного слоя почвы, предлагается рабочий орган культиватора с рыхлительными граблинами, оснащенными наральниками.

При теоретическом обосновании параметров предложенного рабочего органа используются методы механики сплошных сред, теоретической механики и теории механизмов и машин, а также контактная задача теории упругости.

Результаты и обсуждения. Предложена конструкция рабочего орга-

на культиватора, которая содержит стойку и закрепленную на ней в нижней части стрелчатую лапу, при этом к горизонтально закрепленному на задней части стойки дугообразному сектору регулируемому по высоте, вертикально консольно установлены по форме дуги сектора с положительной выпуклостью кривизны в направлении движения, упругие заостренные рыхлительные граблины с наральниками, выполненные по форме логарифмической спирали в продольно вертикальной плоскости с отрицательной выпуклостью кривизны в направлении движения.

Рабочий орган культиватора представлен графически: вид сбоку (рисунок 1а), вид сверху (рисунок 1б).

Рабочий орган культиватора (рисунок 1а) содержит жесткую стойку 1, универсальную стрелчатую лапу 2, горизонтальный дугообразный сектор 3 с положительной выпуклостью кривизны в направлении движения (рисунок 1б), упругие консольно закрепленные заостренные рыхлительные граблины 4, выполненные по форме логарифмической спирали (рисунок 1а) с наральниками 5, отверстия 6, крепежные болты 7.

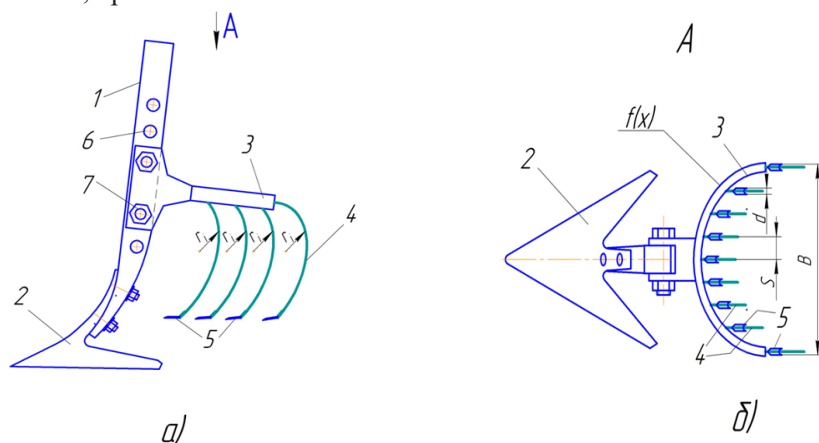


Рисунок 1. Рабочий орган культиватора с верхнерыхлительными наральниками на упругих граблинах: а) вид сбоку, б) вид сверху

Размещение наральников 5 с упругими рыхлительными граблинами 4 должно обеспечить равномерное воздействие их на почву по всей ширине захвата сход почвы и растительных остатков. В такой постановке для определения формы расположения наральников на упругих рыхлительных граблинах по ширине захвата используем основное интегральное уравнения контактной задачи [5] в виде:

$$\int_0^x p(t) dt + \beta \int_{\frac{x}{2}}^{\frac{B}{2}} p(t) \ln \frac{1}{|t-x|} dt = \beta f(x), \quad (1)$$

$$\beta = \frac{\nu G}{k}, \quad (2)$$

где ν - деформационный показатель почвы [6];

G - модуль сдвига почвы;

f - коэффициент трения рабочего органа о почву;
 $p(t)$ - функция внутри интервала $(-d, d)$;
 $f(x)$ - функция, описывающая форму рабочего органа;
 x - текущая координата;
 B - ширина рабочего органа (рисунок 1б).

Наилучшее крошение почвы при смыкании зон деформации от соседних наральников будет обеспечено при равномерном распределении концентраций напряжений по ширине рабочего органа $p(t)=const$. При этом условие решения уравнения (1) имеет вид:

$$f(x) = \nu p(t) \left\{ \left(x + \frac{B}{2} \right) \left[\ln \left| x + \frac{B}{2} \right| - 1 \right] - \left(x - \frac{B}{2} \right) \left[\ln \left| x - \frac{B}{2} \right| - 1 \right] + \frac{xf}{\nu G} \right\} \quad (3)$$

Здесь $p(t)$ характеризует разрушающее критическое усилие на почву [7] после пластического течения и определяется по выражению:

$$p(t) = P_{кр} = \frac{2}{\pi^2 \nu}, \quad (4)$$

Дугообразный сектор размещения упругих рыхлительных граблин с наральниками должен быть выполнен по форме логарифмической кривой, описываемый уравнением (1), что обеспечит равномерное воздействие их на почву по всей ширине захвата. По такой же логарифмической кривой вида (3) должна выполняться форма наральников с шириной захвата каждого равной d (рисунок 1б).

Упругие рыхлительные граблины должны быть расположены по ширине захвата рабочего органа так, чтобы зоны деформации почвы от их наральников смыкались, но не накладывались. Такое расположение характеризуется коэффициентом их расстановки k равным отношению полуширины наральников $d/2$ к шагу их размещения S (рисунок 1б).

Наши предыдущие исследования зубчатых почвообрабатывающих рабочих органов показали [7] что оптимальное значение коэффициента расстановки k находится в пределах 0.23...0.25. При коэффициенте расстановки k равным 0.25 получаем следующее соотношение шага S расположения наральников по форме логарифмической кривой с их шириной d в виде:

$$S = 2d \quad (5)$$

Тогда ширина захвата рабочего органа с упругими рыхлительными граблинами с наральниками представится в виде:

$$B = nd + (n-1)d$$

или

$$B = d(2n-1) \quad (6)$$

Откуда количество упругих рыхлительных граблин с наральниками определится по выражению:

$$n = \frac{B+d}{2d} \quad (7)$$

Для прерывистых (зубчатых) почвообрабатывающих лезвий Швейкиным А.П. [8] с использованием исследований Зеленина А.Н. [9] по определению глубины максимальных давлений, получено выражение для определения оптимальной ширины зуба прерывистого лезвия в виде:

$$d = \frac{0.75h}{2} \quad (8)$$

где h – средняя глубина обработки.

Тогда, подставляя выражение (8) в уравнение (7), получим выражение для определения количества упругих рыхлительных граблин n с наральниками, в зависимости от глубины h обработки почвы, в следующем виде:

$$n = \frac{b+0.37h}{0.75h} \quad (9)$$

Это уравнение получено с учетом приведенного выше оптимального коэффициента расстановки k наральников на упругих рыхлительных граблинах, равны 0.25.

Полученные уравнения позволяют определять оптимальное количество n наральников на упругих рыхлительных граблинах, их ширину d и их шаг расстановки S . Так для культиватора КПЭ-3,8 при ширине рабочего органа B равном 410 мм и установленной глубине h обработки почвы рыхлительными граблинами с наральниками равной 0,1 м. оптимальные параметры, определенные по формулам (5), (8), (9) составляют: шаг расстановки S наральников на рыхлительных граблинах — 75 мм., ширина d наральников — 37 мм, а их количество n равно 6.

Взаимосвязь бокового профиля рыхлительного рабочего органа с качеством обработки почвы установлена Осадчим А.П. [10]. В соответствии с установленной им закономерностью боковая форма упругих рыхлительных граблин должна выполняться по форме логарифмической спирали вида:

$$r_i = r_0 e^{\theta_i \operatorname{tg} \varphi}, \quad (10)$$

где r_i – текущий радиус – вектор;

r_0 – начальный радиус – вектор;

e – основание натурального логарифма;

θ_i – текущий полярный угол;

φ – угол трения почвы о граблины и наральники.

Такая форма бокового профиля упругих рыхлительных граблин с наральниками удовлетворяет требованиям концентрации усилий в одной точке, что по данным академика Желиговского В.А. [11], способствует эффективному крошению почвы.

Технологический процесс работы культиватора с предложенными рабочими органами представляет линейное поступательное движение почвообрабатывающего агрегата, подрезание и первичное рыхление пласта почвы на глубину до 16 см. Далее подрезанный пласт одновременно обрабатывается упругими заостренными рыхлительными граблинами 4, с наральниками 5, выполненными по форме логарифмической спирали g_i , что дает дополнительное рыхление верхнего пласта почвы и вычесывание подрезанных сорных растений. Рыхлительные граблины 4 могут устанавливаться на глубину до 2/3 глубины обработки стрелчатой лапы 2, посредством перестановки по отверстиям

6 стойки 1, стрелчатой лапы 2, крепежных болтов 7 (рисунок 1а).

Исследования показали, что оснащение рабочих органов культиваторов верхними упругими граблями с наральниками позволяет повысить степень крошения поверхностного слоя почвы на 8...9 %, что улучшает качество предпосевной обработки почвы.

Выводы. В технологиях поверхностной обработки почвы, на рабочих органах культиваторов, следует применять верхние рыхлители, позволяющие улучшить качество предпосевной обработки почвы. В качестве таких верхних рыхлителей предлагаются упругие грабли с наральниками. Размещение наральников с упругими рыхлительными граблями должно обеспечивать равномерное воздействие их на почву по всей ширине захвата, которая достигается их расположением по форме полученной логарифмической кривой. Количество упругих рыхлителей, оптимальный шаг их расстановки и ширина наральников определяются по полученным теоретическим зависимостям с учетом оптимального значения коэффициента расстановки, равного 0.25, отражающего соотношение ширины наральников к ширине их расположения.

Список использованных источников

1. Краснов И.Н. Подготовка семян к посеву в засушливых условиях. Монография/ И.Н. Краснов, А.В. Касьяненко, И.А. Кравченко, Ю.И. Аршенин; под ред. И.Н. Краснова. – Зерноград: Азово – Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», 2021. – 260 с.

2. Патент № 2605337 Российская Федерация, МПК A01B 35/22, A01B 23/02, Рабочий орган культиватора/ Бабицкий Л.Ф., Соболевский И.В. – №2015125471/13; заявл. 26.06.2015; опубл. 20.12.2016. Бюл. №35.

3. А.с. № 895298 SU, МПК A01B 35/18, Почвообрабатывающее орудие/ А.М. Вагиров, Н.Н. Мамедов и др. опубл. 07.01.1982. Бюл. №1.

4. Патент № 2758935 Российская Федерация, МПК A01B 49/02, A01B 35/20 Рабочий орган культиватора/ Д.Д. Нехорошев, Н.Д. Нехорошев, Д.А. Нехорошев, заявл. 08.04.2021; опубл. 03.11.2021. Бюл. № 31.

References:

1. Krasnov, I.N. Preparing seeds for sowing in arid conditions. Monograph / I.N. Krasnov, A.V. Kasyanenko, I.A. Kravchenko, Yu.I. Arshenin; edited by I.N. Krasnov. – Zernograd: Azovo-Chernomorsky Engineering Institute, Donskoy SAU, 2021. – 260 p.

2. Patent No. 2605337, Russian Federation, IPC A01B 35/22, A01B 23/02, Cultivator working element / Babitsky, L.F., Sobolevsky, I.V. – No. 2015125471/13; declared June 26, 2015; published December 20, 2016. Bulletin No. 35.

3. A.s. No. 895298 SU, IPC A01B 35/18, Tillage implement / A.M. Vagirov, N.N. Mamedov et al. published 07.01.1982. Bulletin No. 1.

4. Patent No. 2758935 Russian Federation, IPC A01B 49/02, A01B 35/20 Working element of a cultivator / D.D. Nekhoroshev, N.D. Nekhoroshev, D.A. Nekhoroshev, declared 08.04.2021; published 03.11.2021. Bulletin No. 31.

5. Штаерман И.Я., Контактная задача теории упругости. / И.Я. Штаерман. — М— Л.: Гостехиздат, 1949. — 270 с.
6. Бабицкий Л.Ф. Біонічні напрямки розробки ґрунтообробних машин. /Л.Ф. Бабицкий, — К: Урожай, 1998. — 164 с.
7. Бабицкий Л.Ф. Земледельческая бионика: Монография/ Л.Ф. Бабицкий, — Симферополь, — ООО «Антиква», 2024. — 248 с.
8. Швейкин А.П. Теоретические основы проектирования прерывистых (зубчатых) почворежущих лезвий // Сборник аспирантских работ/ Саратовский институт механизации сельского хозяйства. / А.П. Швейкин, — Саратов. Приволжское книжное издательство, 1967. — с. 3 — 11.
9. Зеленин А.Н. Физические основы резания грунтов. / А.Н. Зеленин — М: Академия наук СССР, 1960. — 363 с.
10. Осадчий А.П. Об оптимальных величинах при снятии и крошении пласта почвы // Земледельческая механика. / А.П. Осадчий — М: Машиностроение, 1966. — Т.9. — с.239 — 255.
11. Желиговский В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов. В.А. Желиговский. — Тбилиси: — Издательство Грузинского ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственного института, 1960. — 146 с.
5. Shtaerman I.Ya., Contact problem of the theory of elasticity. Shteerman. — М— L.: Gostekhizdat, 1949. — 270 p.
6. Babitsky L. F. Bionic direct developments of soil-cultivating machines. /L. F. Babitsky, — K: Urozhai, 1998. — 164 p.
7. Babitsky L. F. Agricultural bionics: Monograph / L. F. Babitsky, — Simferopol, — ООО "Antikva", 2024. — 248 p.
8. Shveikin A. P. Theoretical foundations of the design of intermittent (serrated) soil-cutting blades // Collection of postgraduate works / Saratov Institute of Agricultural Mechanization. / A. P. Shveikin, — Saratov. Privolzhskoe Book Publishing House, 1967. — p. 3 — 11.
9. Zelenin A.N. Physical Principles of Soil Cutting. / A.N. Zelenin — Moscow: USSR Academy of Sciences, 1960. — 363 p.
10. Osadchiy A.P. On Optimum Values for Removing and Crumbling a Soil Layer // Agricultural Mechanics. / A.P. Osadchiy — Moscow: Mashinostroyeniye, 1966. — Vol. 9. — pp. 239 — 255.
11. Zheligovsky V.A. Elements of the Theory of Tillage Machines and Mechanical Technology of Agricultural Materials / V.A. Zheligovsky. — Tbilisi: — Publishing House of the Georgian Order of the Red Banner of Labor Agricultural Institute, 1960. — 146 p.

Сведения об авторах

Бабицкий Леонид Федорович д.т.н., профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, Института «Агротехническая

Information about the authors:

1. Leonid Fedorovich Babitsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness,

академия», ФГБУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского», e-mail: kaf-meh@rambler.ru, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»;

Кратюк Денис Васильевич магистр, министр сельского хозяйства Республики Крым; e-mail: minagro@msh.rk.gov.ru, 295034, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 81;

Мищук С.А. к.т.н., доцент, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, Института «Агротехническая академия», ФГБУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского», e-mail: missa2009@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского»

Institute of Agrotechnical Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: kaf-meh@rambler.ru, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe, Institute of Agrotechnological Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University;

Denis Vasilyevich Kratyuk, Master of Science, Minister of Agriculture of the Republic of Crimea; e-mail: minagro@msh.rk.gov.ru, 295034, Republic of Crimea, Simferopol, Kyiv St., 81;

Mishchuk S.A. PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Institute of Agrotechnical Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, e-mail: missa2009@mail.ru, 295492, Agrarnoe, Institute of Agrotechnological Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 636.7.09:591.4:616.36-073.43

**ДИНАМИКА
ЭХОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ПЕЧЕНИ И ИХ
ВЗАИМОСВЯЗИ У
ПОЛОВОЗРЕЛЫХ СОБАК****DYNAMICS OF LIVER
ECHOMORPHOLOGICAL
PARAMETERS AND THEIR
INTERRELATIONS IN ADULT
DOGS**

Артамин А. П., аспирант кафедры анатомии и физиологии животных;

Лемешенко В. В., доктор ветеринарных наук, профессор, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского».

Artamin A. P., Postgraduate student of the Department of Animal Anatomy and Physiology;

Lemeshchenko V. V., Doctor of Veterinary Science, Professor, Institute "Agrotechnological Academy" of FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University».

Исследовали эхоморфологию печени у половозрелых собак с использованием УЗ-аппарата "AcuVista VT98c" (конвексный датчик R 60, 2,5-5 МГц). Животных разделили на 3 группы: ранний (8 мес.–1,5 года), средний (2,5–5 лет) и поздний (более 8 лет) половозрелый возраст. Установили, что междолевые вырезки и желчный пузырь чётче визуализировались у старших собак. Эхоморфометрические параметры варьировали индивидуально. Толщина печени коррелировала с обхватом груди и живой массой в течении всего половозрелого этапа, а с длиной туловища — только у более старших собак.

Ключевые слова: эхоморфология, печень, половозрелый период, собаки.

The liver echomorphology was evaluated in adult dogs using an "AcuVista VT98c" ultrasound machine equipped with a convex transducer R 60 (2.5–5 MHz). The animals were categorized into three groups based on age: early (8 months–1.5 years), middle (2.5–5 years), and late (more 8 years) maturity periods. The study demonstrated that interlobar fissures and the gallbladder were visualized more distinctly in older dogs. Echomorphometric parameters exhibited individual variations. Liver thickness showed correlation with both chest circumference and body weight throughout the sexually mature stage, while its correlation with body length was observed only in older animals.

Keywords: ultrasonography, liver morphology, maturity stage, dogs.

Введение. Печень является одним из крупнейших жизнеобеспечивающих органов у млекопитающих, в том числе у собак, выполняющим множество жизненно

необходимых функций, включая активное участие в метаболизме [5]. В связи с этим диагностика ее состояния играет ключевую роль в ветеринарной практике. Ультразвуковое или эхографическое исследование печени является одним из наиболее доступных неинвазивных и информативных методов визуализации, позволяющий оценить ее структурно-функциональные особенности [1, 3, 4, 8].

Развитие неинвазивных методов в ветеринарной практике позволяет выявить даже незначительные изменения структуры паренхиматозных органов, что обусловлено широким распространением патологий печени у собак, требующих квалифицированной диагностики [7, 8, 10]. При этом многие заболевания печени имеют неспецифические клинические признаки, что затрудняет их диагностику [7, 9, 10].

Современная эхоморфология печени базируется преимущественно на исследованиях, проведенным у человека, и несколько меньше у домашних животных. Авторы описывают структуру печени как однородную, мелкозернистую, имеющую среднюю эхогенность, сопоставимую с таковой коркового вещества почки [2]. Следует отметить, что у плотоядных, в отличие от человека, эхоморфология печени описана недостаточно, что затрудняет точность диагностики и разработки стандартов ультразвукового исследования.

Цель исследований – определить динамику ультразвуковой морфологии печени у половозрелых собак.

Материал и методы исследований. Исследовали сонографические особенности морфологии печени собак в возрасте от 8 месяцев до 1,5 лет ($n=4$), от 2,5 до 6 лет ($n=4$) и 8-9 лет ($n=3$) в с. Первомайское Республики Крым и г. Старобельск Луганской Народной Республики. Исходя из возраста, половозрелых собак разделили на 3 группы: предпубертатный или ранний половозрелый возраст (8 месяцев – 1,5 года), полной половой зрелости или средний половозрелый возраст (2,5 года – 5 лет) и угасание репродуктивной функции или поздний половозрелый возраст (более 8 лет).

У собак измеряли живую массу при помощи весов «wiki VET PM1E», а также обхват груди за лопатками и косую длину туловища при помощи гибкой ленты по общепринятой методике [6]. Для исследования животных использовали прибор для ультразвуковой диагностики «AcuVista VT98c» с конвексным датчиком R 60, в В-режиме реального времени с частотой 2,5-5 МГц. Результаты исследований сохраняли в памяти устройства. Морфометрические показатели определяли на сонограммах с помощью встроенного программного обеспечения УЗИ-аппарата. Анализ сонограмм проводили по общепринятой методике [1, 2]. Перед исследованием выдерживали животных без еды в течение 7 часов. Исследование проводили в дорсо-вентральном положении животного, подготавливали ультразвуковое окно над эпигастрием брюшной полости с помощью машинки для стрижки. На поверхность кожи наносили контактный ультразвуковой гель «Медиагель» средней вязкости (бесцветный).

Учитывая анатомо-топографические особенности печени собак, датчик

располагали в супраабдоминальной позиции - в области мечевидного хряща грудины и на участке вдоль последнего ребра и реберной дуги. Для получения сонограмм печени, на которых впоследствии проводили измерение линейных размеров и площади участка органа, датчик располагали над областью мечевидного хряща брюшной полости под углом, при котором визуализировалась наибольшая часть органа. Проекция ультразвукового луча в такой позиции позволяет визуализировать практически все доли печени и большую часть внутренних органов брюшной полости, вследствие относительно малых размеров животных. Результаты исследований обрабатывали статистически.

Результаты исследований и обсуждение. У всех исследованных животных печень выявляется в правом и левом подреберьях и в области мечевидного отростка, прилегая к брюшным стенкам, краниальнее желудка. Она прикрыта реберной дугой и простирается краниально до уровня седьмого ребра. Справа грудная клетка полностью прикрывает орган латерально, но слева латеральная доля продолжается несколько за каудовентральный край реберной дуги. На сонограммах печень визуализируется как средней эхогенности сектор с округлым основанием, противоположащим точке приложения датчика. Основание сектора ультразвукового изображения печени сформировано линией диафрагмы: тонкой, неустойчивой полосой повышенной эхогенности, образующейся при контакте органа с диафрагмой (рис. 1).

Поверхность печени, граничащая с внутренними органами в случае низкого газообразования в тощей кишке тонкая, неустойчивая, имеет несколько более высокую эхогенность, чем паренхима органа. В некоторых случаях органы, прилежащие к печени, не дифференцируются, визуализируясь в виде сплошного гиперэхогенного конуса, направленного основанием к печени, что, вероятно, объясняется повышением газообразования в кишечнике. В случае же расположения кишечника, просвет которого содержит газы между датчиком и печенью визуализировать орган вследствие возникающих артефактов не представляется возможным. Паренхима печени проявляет крупнозернистую эхогенность среднего уровня, одинаковую в различных участках органа. В основном эхогенность паренхимы печени сходна с таковой паренхимы правой почки (рис. 2).

Однородность эхо-паттерна печени перекрывают анэхогенные печеночные и портальные вены. Ответвления воротной вены можно проследить ворот печени, куда заходит сама воротная вена. Печеночные вены имеют в сравнении с портальной системой несколько менее эхогенные, тонкие стенки и в отдельных случаях их можно выявить до входа в каудальную полую вену.

Динамика эхоморфометрических показателей печени и статей тела собак указывает на линейное увеличение последних на фоне возрастания линейных параметров печени к среднему половозрелому возрасту со снижением в последующем при формировании стойких сильных корреляций (таблица 1-4). У собак раннего половозрелого возраста междолевые вырезки не просматривались, доли печени на сонограмме достоверно не дифференцировались. Желч-

ный пузырь ни у одной собаки раннего половозрелого возраста не визуализировался. За линией диафрагмы у одной собаки раннего половозрелого возраста отмечалось формирование артефакта зеркального отображения, имеющего вид зеркально отражённого, но более тусклого и менее чёткого сонографического изображения структур, прилежащих к диафрагме, в первую очередь печени. Значения минимальной ширины печени, максимальной толщины печени и площади печени на сонограммах различных животных значительно варьировались и составляли в среднем $87,00 \pm 20,00$ мм, $77,00 \pm 31,00$ мм и $9504,25 \pm 2102,75$ мм² соответственно. Значения максимальной ширины печени были более однородными и составляли $155,50 \pm 12,50$ мм.

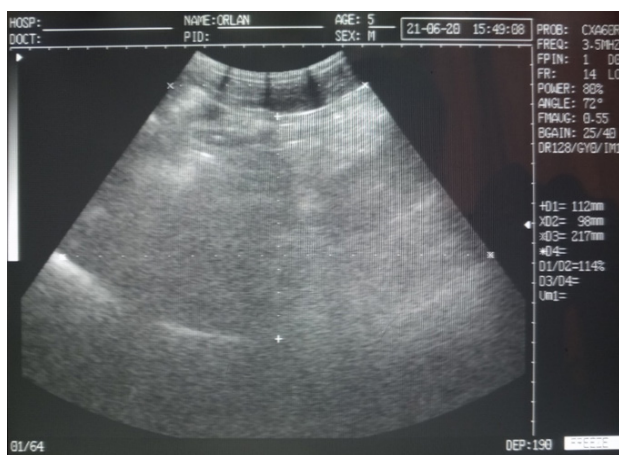


Рисунок 1. Сонограмма печени собаки среднего половозрелого возраста (5 лет). 1-печень. 2- междолевая вырезка. 3-линия границы печени и диафрагмы.



Рисунок 2. Сонограмма печени собаки позднего половозрелого возраста (9 лет). 1-печень. 2-правая почка.

Таблица 1. Особенности эхоморфометрических параметров печени и статей тела у собак раннего половозрелого периода онтогенеза.

№	Животные, возраст	Эхоморфометрические параметры печени				Статьи тела животного			Соотношение морфометрических параметров		
		максимальная толщина, мм	минимальная ширина, мм	максимальная ширина, мм	площадь, мм ²	косая длинна туловища, см	обхват груди за лопатками, см	живая масса, кг	косая длинна туловища	максимальная толщина печени/ обхват груди за лопатками	максимальная толщина печени/ живая масса
1	Джинна, 1 год	108	102	163	11607	52	59	13	2,08	1,83	8,31
2	Стрелка, 1 год	74	92	157	8987	48	51	11	1,54	1,45	6,73
3	Белка, 1,5 года	57	67	159	8661	50	48	11,5	1,14	1,19	4,96
4	Чернушка, 8 месяцев	69	87	143	8762	38	47	10,6	1,82	1,47	6,51
Среднее значение		77,00±	87,00±	155,50±	9504,25±	47,00 ±	51,25±	11,53±	1,64±0,50	1,50±0,33	6,68±
		31,00	20,00	12,50	2102,75	9,00	7,75	1,48			1,72

Таблица 2. Особенности эхоморфометрических параметров печени и статей тела у собак среднего половозрелого возраста

№	Животные, возраст	Эхоморфологические параметры печени				Статьи тела животного			Соотношение морфометрических параметров			
		максимальная толщина, мм	минимальная ширина, мм	максимальная ширина, мм	площадь, мм ²	косая длинна туловища, см	обхват груди за лопатками, см	живая масса, кг	максимальная толщина печени/ косая длинна туловища	максимальная толщина печени/ обхват груди за лопатками	максимальная толщина печени/ живая масса	максимальная толщина печени/ живая масса
1	Лана, 2,5 года	104	86	127	3473	57	63	16,7	1,82	1,65	6,23	6,23
2	Циграва, 5 лет	138	64	138	7760	82	76	28	1,68	1,82	4,93	4,93
3	Орлан, 5 лет	112	98	217	7685	68	64	23	1,65	1,75	4,87	4,87
4	Берга, 5 лет	115	103	236	6230	66	64	19	1,74	1,80	6,05	6,05
Среднее значение		117,25± 20,75	87,75± 23,75	179,5± 56,5	6287± 2814	68,25± 13,75	66,75± 9,25	21,7± 6,3	1,72±0,11	1,76±0,11	5,41± 0,54	5,41± 0,54

Таблица 3. Особенности эхоморфометрических параметров печени и статей тела у собак позднего половозрелого периода онтогенеза

№	Животные, возраст	Эхоморфологические параметры				Стати тела животного			Соотношение морфометрических параметров			
		печени				косая длинна туловища, см	обхват груди за лопатками, см	живая масса, кг	максимальная толщина печени/ косая длинна туловища	максимальная толщина печени/ обхват груди за лопатками	максимальная толщина печени/ живая масса	максимальная толщина печени/ живая масса
1	Лайма, 8 лет	максимальная толщина, мм	минимальная ширина, мм	максимальная ширина, мм	площадь, мм ²	60,00	71,00	26,00	1,73	1,46	4,00	4,00
2	Кальма, 9 лет	127,00	117,00	195,00	2463,00	91,00	91,00	39,00	1,40	1,40	3,26	3,26
3	Хазар, 8 лет	114,00	76,00	149,00	1861,00	76,00	80,00	33,00	1,50	1,43	3,45	3,45
Среднее значение		115,00±12,00	93,33±23,67	164,33±30,67	4370,33±4416,67	75,67±15,67	80,67±10,33	32,67±6,67	1,52±0,21	1,43±0,04	3,52±0,48	3,52±0,48

Таблица 4. Средние значения эхоморфометрических параметров печени и статей тела у собак раннего, среднего и позднего половозрелого периода онтогенеза.

№	Возрастная группа	Эхоморфологические параметры печени				Статьи тела животного			Коэффициент корреляции			Средний возраст, лет
		максимальная толщина, мм	минимальная ширина, мм	максимальная ширина, мм	площадь, мм ²	косая длинна туловища, см	обхват груди за лопатками, см	живая масса, кг	максимальная толщина печени/ косая длинна туловища	максимальная толщина печени/ обхват груди за лопатками	максимальная толщина печени/ живая масса	
1	8 мес.-2 года	77,00	87,00	155,50	9504,25	47,00	51,25	11,50	0,40	0,95	0,80	1,5
2	2-6 лет	117,25	87,75	179,50	6287,00	68,25	66,75	21,70	0,97	0,97	0,90	4,4
3	более 6 лет	115,00	93,30	164,30	4370,30	75,70	80,70	32,70	0,99	0,99	0,99	8,3
	Среднее значение	102,00±45,00	89,00±28,00	166,60±69,00	6934,200±4672,8,00	63,7,00±17,7,00	64,9,00±26,1,00	21,00±18,00	0,85	0,85	0,76	4,3

Значения максимальной толщины печени (показателя, наименее зависящего от положения и направления датчика) и обхвата груди за лопатками, а также максимальной толщины печени и живой массы животных значительно коррелировали ($r=0,95$ и $r=0,80$ соответственно). В то же время показатели максимальной толщины печени и косой длинны туловища значимой корреляции не обнаруживали ($r=0,40$). Отношение максимальной толщины печени к обхвату груди за лопатками, а также максимальной толщины печени к живой массе животных составляли $1,50 \pm 0,33$ и $6,68 \pm 1,72$, соответственно. Отношение максимальной толщины печени к косой длине туловища составляло $1,64 \pm 0,50$. Таким образом у собак указанной группы печень обладала однородным эхо-паттерном, который перекрывали только анэхогенные структуры портальной системы печени. Из эхоморфометрических параметров наименее вариабельна максимальная толщина печени, устойчиво и значимо коррелирующая с показателями обхвата груди за лопатками и живой массы.

У собак среднего половозрелого возраста междолевые вырезки имели вид светлых несколько изогнутых полос повышенной эхогенности и отчётливо выявлялись только у 25% животных группы. У остальных собак группы междолевые вырезки не просматривались и только при внимательном исследовании возможно было различить границы соседних долей печени по тонкой линии слабого изменения эхогенности (см. рис.1). Желчный пузырь визуализировался только у двух животных из группы в виде грушевидной структуры с С-образно изогнутой шейкой и гипозоногенным содержимым (рис. 3, 4). Стенки желчного пузыря на сонограммах на различных участках могли быть видны как тонкие линии повышенной эхогенности или не различаться, что соответствует описанному в литературе феномену акустического усиления [1, 2]. Значения минимальной ширины печени, максимальной ширины печени и площади печени на сонограммах различных животных значительно варьировались и составляли $87,75 \pm 23,75$ мм, $179,5 \pm 56,5$ мм и 6287 ± 2814 мм² соответственно. Значения максимальной толщины печени были более однородны и составляли $117,25 \pm 20,75$ мм. Показатели максимальной толщины печени и косой длинны туловища, максимальной толщины печени и обхвата груди за лопатками, а также максимальной толщины печени и живой массы животных значительно коррелировали ($r=0,97$, $r=0,97$ и $r=0,90$ соответственно). Отношение максимальной толщины печени к обхвату груди за лопатками, а также максимальной толщины печени к косой длине туловища составляли в среднем $1,76 \pm 0,11$ и $1,72 \pm 0,11$ соответственно. Отношение максимальной толщины печени к живой массе животных составляло в среднем $5,41 \pm 0,54$. Таким образом у собак среднего половозрелого возраста на сонограммах печени были в различной степени определены границы долей печени, а желчный пузырь визуализировался у половины животных. Границы между соседними долями печени в основном были плохо различимы. Из эхоморфометрических параметров наименее вариабельна максимальная толщина печени, устойчиво и значимо коррелирующая с показателями обхвата груди за лопатками, косой длинны туловища и живой массы.



Рисунок 3. Сонограмма печени собаки раннего половозрелого возраста (1 год). 1-печень. 2-линия границы печени и диафрагмы



Рисунок 4. Сонограмма печени собаки среднего половозрелого возраста (5 лет). 1-желчный пузырь. 2-вентральный край печени. 3-линия границы печени и диафрагмы

У собак старшего половозрелого возраста междольевые вырезки отчётливо визуализировались у всех животных и имели вид продолговатых, относительно умеренно широких гипоехогенных секторов либо узких гиперэхогенных полос, объясняющихся, вероятно, наложением друг на друга краёв соседних долей печени. Желчный пузырь визуализировался у всех животных группы в виде грушевидной структуры с гипоехогенным содержимым (рис. 5). Часто желчный пузырь визуализировался в виде круга или овала когда звуковой луч был направлен перпендикулярно к нему (рис. 6). Стенки желчного пузыря на сонограммах на различных участках могли быть видны как тонкие линии повышенной эхогенности или не различаться. Значения минимальной ширины печени, максимальной ширины печени и площади печени на сонограммах различных животных

значительно варьировались и составляли $93,33 \pm 23,67$ мм, $164,33 \pm 30,67$ мм и $4370,33 \pm 4416,67$ мм² соответственно. Значения максимальной толщины печени были более однородны и составляли в среднем $115 \pm 12,00$ мм. Показатели максимальной толщины печени и косой длинны туловища, максимальной толщины печени и обхвата груди за лопатками а также максимальной толщины печени и живой массы животных показывали значительную корреляцию ($r=0,99$, $r=0,99$ и $r=0,99$ соответственно). Отношение максимальной толщины печени к обхвату груди за лопатками а также максимальной толщины печени к косой длине туловища составляли $1,43 \pm 0,04$ и $1,52 \pm 0,21$ соответственно. Отношение максимальной толщины печени к живой массе животных варьировало значительно и составляло $3,52 \pm 0,48$. Таким образом у собак старшего половозрелого возраста на эхограммах печени у всех животных чётко определялись границы соседних долей печени и желчный пузырь. Эхоморфометрические параметры варьировались в широких пределах. Максимальная толщина печени показывала высокий коэффициент корреляции с показателями обхвата груди за лопатками, косой длинны туловища и живой массой.



Рисунок 5. Сонограмма печени собаки позднего половозрелого возраста (8 лет). 1-желчный пузырь в поперечном сечении. 2-междолевая вырезка. 3-вентральный край печени



Рисунок 6. Сонограмма печени собаки позднего половозрелого возраста (9 лет). 1-желчный пузырь. 2-сосцевидный отросток печени.

В целом в выборке живая масса животных варьировалась значительно и составляла $21,00 \pm 18,0$ кг, в то время как показатели косой длинны туловища и обхвата груди за лопатками были более однородны и составляли $63,7,00 \pm 17,7,00$ см и $64,9,00 \pm 26,1,00$ см соответственно. Эхоморфологические параметры печени также значительно различались у различных животных. Максимальная толщина печени, минимальная и максимальная ширина печени составляли соответственно $102,00 \pm 45,00$ мм, $89,00 \pm 28,00$ мм и $166,6,0 \pm 69,00$ мм. Площадь печени на сонограмме составляла $6934,2,00 \pm 4672,8,00$ мм². В то же время максимальная толщина печени и косая длинна туловища максимальная а также толщина печени и обхват груди за лопатками показывали значимую корреляцию ($r=0,85$), а максимальная толщина печени и живая масса животных показывали несколько меньший коррелировали несколько слабее ($r=0,76$).

Выводы. Топография и эхоморфология печени у собак в течении половозрелого этапа постнатального периода онтогенеза сходна. Междолевые вырезки и желчный пузырь выявлялись чаще и более отчётливо у животных старшего и в меньшей степени среднего половозрелого возраста нежели у собак раннего половозрелого возраста. Эхоморфометрические параметры печени у животных всех возрастных групп демонстрируют значительную вариабельность. Показатели максимальной толщины печени и обхвата груди за лопатками, а также максимальной толщины печени и живой массы животных значительно коррелировали у животных всех возрастных групп, в то время как значения максимальной толщины печени и косой длинны туловища — только у собак среднего и старшего половозрелого возраста.

Список использованных источников

1. Барр Ф. Ультразвуковая диагностика собак и кошек — Москва:

References:

1. Barr F. Ultrasound Diagnostics of Dogs and Cats . Moscow: "Aquarium",

«Аквариум», 1999. – 16-45 с.

2. Зорин Я. П. Основы анализа ультразвукового изображения. Часть 1 / Я. П. Зорин, М. Г. Бойцова, Н. А. Карлова // Лучевая диагностика и терапия. – 2014. – № 3 (5). – С. 88–97.

3. Криштофорова, Б. В. Методические приемы сонографии печени и ее экстраорганных вен у телят новорожденного периода / Б.В. Криштофорова, В.В. Лемешенко // Актуальные проблемы ветеринарной медицины: Научные труды Крымского государственного аграрного университета. Ветеринарные науки. – Вып. 74 – Симферополь, 2002. С. 70-74.

4. Криштофорова, Б. В. Сонографические особенности печени и её вен у неонатальных телят / Б. В. Криштофорова, В. В. Лемешенко // Наук. вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини ім. С. З. Гжицького. – Т. 6 (№ 1). – Ч. 1. – Львов, 2004. С. 78 – 83.

5. Лемешенко, В.В. Морфологическая незавершённость печени, как фактор адаптогенеза у новорождённых животных / В.В. Лемешенко // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – № 1 (164). – Симферополь, 2015. С. 122–132.

6. Мазавер, А. П. Племенное дело в служебном собаководстве. — Москва: ДОСААФ, 1954. — с. 82-112

7. Фокина, А.В. К вопросу о пользе проведение УЗИ-диагностики у собак с субклиническими патологиями печени / А.В. Фокина Т.О. Марюшина // Международный научный журнал "Флагман науки". – 2024. – № 6 (17). – С. 83–88.

8. Цыганский, Р.А. Количествен-

1999. Pp. 16–45.

2. Zorin Ya. P., Boytsova M. G., Karlova N. A. Fundamentals of Ultrasound Image Analysis. Part 1. // Radiation Diagnostics and Therapy, 2014, no. 3 (5), pp. 88–97.

3. Krishtoforova B. V., Lemeshchenko V. V. Methodological Approaches to Liver Sonography and Its Extraorgan Veins in Newborn Calves // Current Problems of Veterinary Medicine: Scientific Works of the Crimean State Agrarian University. Veterinary Sciences, issue 74, Simferopol, 2002, pp. 70–74.

4. Krishtoforova B. V., Lemeshchenko V. V. Sonographic Features of the Liver and Its Veins in Neonatal Calves // Scientific Bulletin of the S.Z. Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, vol. 6, no. 1, part 1, Lviv, 2004, pp. 78–83.

5. Lemeshchenko V. V. Morphological Incompleteness of the Liver as a Factor of Adaptogenesis in Newborn Animals // News of Agricultural Science of Tavrida, no. 1 (164), Simferopol, 2015, pp. 122–132.

6. Mazover A. P. Breeding in Service Dog Breeding. Moscow: DOSAAF, 1954. Pp. 82–112.

7. Fokina A. V., Maryushina T. O. On the Usefulness of Ultrasound Diagnostics in Dogs with Subclinical Liver Pathologies // International Scientific Journal "Flagship of Science", 2024, no. 6 (17), pp. 83–88.

8. Tsygansky R. A. Quantitative Indicators of Echogenicity of the Digestive Canal Structures in Dogs // Bulletin of Kursk State Agricultural

ные показатели экзогенности структур пищеварительного канала у собак / Р.А. Цыганский // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2. – С. 113–121.

9. Warren-Smith, T. C.M.R. Отсутствие связи между ультразвуковой картиной паренхиматозного поражения печени у собак и гистологическим диагнозом / T. C.M.R. Warren-Smith, S. Andrew, P. Mantis and C.R. Lamb [and all] // Journal of Small Animal Practice, Российское издание. – 2012. – V. 3 – P. 21–27.

10. Schwartz S.G., Mitchell S.L., Keating J.H. & Chan D.L. Liver lobe torsion in dogs: 13 cases (1995–2004) // Journal of the American Veterinary Medical Association, 2006, 228, 242–247.

Academy, 2018, no. 2, pp. 113–121.

9. Warren-Smith, T. C.M.R. Отсутствие связи между ультразвуковой картиной паренхиматозного поражения печени у собак и гистологическим диагнозом / T. C.M.R. Warren-Smith, S. Andrew, P. Mantis and C.R. Lamb [and all] // Journal of Small Animal Practice, Российское издание. – 2012. – V. 3 – P. 21–27.

10. Schwartz S.G., Mitchell S.L., Keating J.H. & Chan D.L. Liver lobe torsion in dogs: 13 cases (1995–2004) // Journal of the American Veterinary Medical Association, 2006, 228, 242–247.

Сведения об авторах:

Артамин А. П., аспирант кафедры анатомии и физиологии животных, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», e-mail: hugabubel@mail.ru, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского».

Лемешенко В. В., доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии и физиологии животных, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», e-mail: lemeshenko@mail.ru, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского».

Information about the authors:

Artamin A. P., Postgraduate student of the Department of Animal Anatomy and Physiology, Institute “Agrotechnological Academy” of FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»; e-mail: hugabubel@mail.ru, Simferopol, Agraroye, Institute “Agrotechnological Academy” of FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University».

Lemeshchenko V. V., Doctor of Veterinary Science, Professor, Head of the Department of Animal Anatomy and Physiology, Institute “Agrotechnological Academy” of FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: lemeshenko@mail.ru, Simferopol, Agraroye, Institute “Agrotechnological Academy” of FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University».

УДК 619:616.995:636.4

**КОРРЕКЦИЯ
ПОСТТРАПЕВТИЧЕСКОЙ
ИММУНОСУПРЕССИИ ПРИ
ТЕРАПИИ
АССОЦИАТИВНОЙ
БРОНХОПНЕВМОНИИ У ЯГНЯТ**

Лукьянов Р.Ю., кандидат ветеринарных наук;

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»

Изучено влияние иммуностимулятора метилурацил на гуморальные показатели иммунитета ягнят, больных ассоциативной микробно-гельминтной бронхопневмонией, при комплексной терапии, включающей антибиотик и антгельминтик. Результаты исследований показали, что использование метилурацила в стандартной терапии дало не только более выраженный клинический эффект, но и обеспечило устойчивую защиту от повторного заражения. У ягнят, получавших метилурацил, быстрее нормализовались показатели гуморального ответа – содержание общего белка в крови выросло до уровня физиологической нормы, снизился уровень циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови, восстановились бактерицидная и фагоцитарная активность сыворотки.

**CORRECTION OF
POSTTRAPEUTIC
IMMUNOSUPPRESSION IN THE
TREATMENT OF ASSOCIATIVE
BRONCHOPNEUMONIA IN
LAMBS**

Lukianov R.Y., candidate of veterinary sciences;

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»

The effect of the immunostimulant methyluracil on humoral immunity parameters in lambs with associative microbial-helminthic bronchopneumonia was studied during combination therapy, including an antibiotic and an anthelmintic. The study results showed that the use of methyluracil in standard therapy not only resulted in a more pronounced clinical effect but also ensured sustained protection against reinfection. Lambs receiving methyluracil experienced a faster return to normal humoral response parameters: total protein levels in the blood increased to normal physiological levels, the level of circulating immune complexes in the serum decreased, and serum bactericidal and phagocytic activity was restored. Without the immunomodulator, the body was unable to cope with the effects of therapy: immunity recovered

Без иммуномодулятора организм не справлялся с последствиями терапии: иммунитет восстанавливался медленно, оставляя животных уязвимыми к повторному заражению. Метилурацил компенсировал иммуносупрессивное действие антгельминтика, что позволило на протяжении 4-х месяцев избежать повторного инвазирования ягнят диктиокаулами. Таким образом применение комплексной схемы лечения ассоциативной бронхопневмонии (ивермек с энроксилом в комбинации с метилурацилом) ускоряет нормализацию в организме ягнят гуморальных показателей иммунитета - уровня общего белка в сыворотке крови, БАСК, концентрации ЦИК и профилактирует их повторное заражение личинками *Dictyocaulus filaria*.

Ключевые слова: ягнята, бронхопневмония, гуморальный иммунитет, диктиокаулы, антгельминтик энроксил, антибиотик ивермек, метилурацил

slowly, leaving the animals vulnerable to reinfection. Methyluracil offset the immunosuppressant effect of the anthelmintic, preventing reinfection of lambs with *Dictyocaulus filariae* for four months. Thus, the combined treatment regimen for associative bronchopneumonia (ivermectin+enroxil in combination with methyluracil) accelerates the normalization of humoral immunity parameters in lambs — total serum protein levels, BASK, and CIC concentrations—and prevents reinfection with *Dictyocaulus filariae* larvae.

Keywords: sheep, lambs, bronchopneumonia, humoral immunity, dictyocauls, anthelmintic enroxil, antibiotic ivermec, methyluracil

Введение. Ассоциативная бронхопневмония у овец, этиологически обусловленная синергизмом бактериальных патогенов и личинок *Dictyocaulus filaria*, остаётся одной из наиболее клинически значимых патологий у молодняка. Она протекает с выраженной респираторной симптоматикой и высоким риском летального исхода, что обуславливает не только экономические, но и зоотехнические потери [1, 2].

Проведённые нами терапевтические испытания при данной патологии подтвердили клиническую эффективность комбинированного применения антгельминтиков и антибиотиков. Однако параллельный иммунологический мониторинг показал, что несмотря на клиническое улучшение, иммунный статус животных не восстанавливался. Более того, в ряде случаев отмечалась тенденция к дальнейшей иммунодепрессии. Это свидетельствует о формировании посттерапевтической иммуносупрессии, которая не является следствием первичной инфекции, а скорее это побочный эффект терапии.

Механизм данного явления, по нашему мнению и данным других исследова-

дователей [3], связан с иммунотоксическим потенциалом применяемых химиотерапевтических агентов. Антгельминтики, воздействуя на паразитов, одновременно индуцируют функциональное перенапряжение иммунной системы, истощая компенсаторно-адаптационные резервы. В результате формируется «иммунный вакуум» - состояние при котором организм остаётся уязвимым как к реинфекции гельминтозной этиологии, так и к вторичным бактериальным и вирусным инфекциям.

В этих условиях ключевое значение приобретает стратегия фармакологической иммунокоррекции – целенаправленное восстановление и модуляция иммунного ответа посредством препаратов с доказанным иммуномодулирующим действием. Такая коррекция не является вспомогательной – она становится неотъемлемым элементом комплексной терапии, направленной не только на элиминацию возбудителя, но и на восстановление иммунной компетентности организма. В качестве иммуностимуляторов в ветеринарной практике используется широкий арсенал препаратов, которые действуют на различные звенья иммунного ответа [4].

Таким образом, терапия ассоциативных респираторных патологий у молодняка мелкого рогатого скота должна выходить за рамки этиотропного подхода. Только интеграция антимикробной, антигельминтной и иммунокорригирующей стратегий позволяет не просто купировать симптомы, но и обеспечить устойчивое восстановления гомеостаза, минимизируя риски рецидивов и вторичных осложнений.

Цель работы – изучить иммуномодулирующий потенциал метилурацила в отношении гуморального иммунитета ягнят при терапии ассоциативной бронхопневмонии.

Материал и методы исследований. Опыт был проведён в хозяйстве, где наблюдалась эпизоотическая напряжённость по диктиокаулёзу. В исследование включили ягнят, у которых диагностировали бронхопневмонию – по клинической картине (кашель, одышка, угнетённое состояние) и лабораторному подтверждению (в фекалиях методом Шильникова и модификационной методикой Г.А. Котельникова и В.М. Хренова выявили личинки *Dictiocaulus filarial*). Терапевтический протокол включал трёхкомпонентную схему: антибиотик энроксил (в/м; 2,5 мг/кг, дважды с двухсуточным интервалом, повтор через 2 недели), антигельминтик ивермек (в/м, 0,2 мг/кг активного вещества, однократно), эуфилин 2,4 % (в/м, 2 мг/кг, дважды в сутки на протяжении недели). В эксперимент вошли 28 ягнят, разделённых поровну на 2 группы: контрольная (n=14) лечилась по стандартной схеме, опытная (n=14) – к стандартной схеме добавляли иммуностимулятор метилурацил (внутрь, 1,5 мг/кг, ежедневно в течение 4 дней). Мониторинг эффективности проводили до начала терапии, а затем через 2 недели, месяц, 2 месяца после первого введения препаратов. При этом регистрировали живую массу, отбирали кровь для оценки гуморальных показателей иммунитета, проводили ларвоскопию кала. Дополнительно анализ фекалий повторили через

4 месяца, чтобы понять способна ли данная терапия не только вылечить, но и предотвратить повторное заражение гельминтами в отдалённой перспективе.

Результаты исследований и обсуждение. Как показали проведённые исследования, включение метилурацила в терапевтическую схему обеспечило 100 % элиминацию гельминтов к концу второй недели исследований – у всех ягнят обеих групп личинки диктиокаул в кале отсутствовали. Однако по прошествии 4-х месяцев картина изменилась. В контрольной группе (без иммуностимулятора) реинвазию регистрировали у 22,2 % животных (интенсивность заражения составила $1,9 \pm 0,1$ лич./пробе), тогда как в опытной – паразитов не обнаруживали. Это свидетельствует о том, что метилурацил не только усиливает посттерапевтическую защиту, но и подавляет реинвазию за счёт повышения иммунной резистентности, вероятно, за счёт нивелирования иммуносупрессивного эффекта биомектина.

Эффективность терапии подтверждена и зоотехнически. За три месяца среднесуточный прирост живой массы в контрольной группе составил $164,3 \pm 7,4$ г, в опытной $206,4 \pm 3,7$ г ($p \leq 0,05$). Комплексное лечение с иммуномодулятором не только ускорило выздоровление, но и минимизировало риск летальных осложнений, обеспечив устойчивый рост.

Изучив динамику гуморальных показателей иммунитета животных, мы установили, что при использовании ивермека и энроксила с метилурацилом концентрация ЦИК на 15-е сутки снижалась и в дальнейшем находилась на очень низком уровне по сравнению с контролем ($p \leq 0,01$) (табл. 1).

Таблица 1. Динамика гуморального иммунитета у ягнят с ассоциативной пневмонией на фоне различных терапевтических схем

Группа жив-х	Сутки иссл-й	Показатель					
		Общий белок, г/л	Альбумины, %	Глобулины, %	ЦИК, мг/мл	БАСК, %	ФАСК, %
1	до лечения						
	через 15 сут.						
	через 30 сут.						
2	до лечения						
	через 15 сут.						
	через 30 сут.						
3	до лечения						
	через 15 сут.						
	через 30 сут.						

Примечание: * – $P < 0,01$, ** – $P < 0,05$ по сравнению с контрольной группой

Комплексное лечение ягнят с бронхопневмонией опытной группы сопровождалось нормализацией концентрации общего белка на 30-е сутки после

начала лечение. В дальнейшем наблюдали постепенное повышение содержания этого показателя на 60-е сутки ($68,5 \pm 2,9$ г/л). В это время уровень белка в группе был значительно выше ($p \leq 0,001$), чем у животных, которым вводили антибиотик и антгельминтик без метилурацила.

Показатели содержания альбуминов, глобулинов и фагоцитарной активности сыворотки крови у ягнят опытной группы на протяжении опыта значительно превышали показатели контрольных животных.

Бактерицидная активность сыворотки крови ягнят в опытной группе была существенно выше по сравнению с контролем. Восстановление данного показателя регистрировали уже на 30-е сутки исследований.

Таким образом, наилучшие результаты при лечении ягнят с ассоциативной бронхопневмонией диктиокаулёзно-микробной природы получены при использовании ивермека с энроксилем в сочетании с метилурацилом. Метилурацил как иммуномодулятор, способствовал нормализации и повышению иммунного статуса больных животных, который проявлялся увеличением концентрации общего белка сыворотки крови, бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК), уменьшением уровня циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК). В комплексе лекарственные препараты оказывали более мягкое влияние на иммунную систему организма. Они обеспечивали практически полное восстановление нарушенного иммунодефицита благодаря восстановлению баланса иммунологических показателей. Наши данные согласуются с исследованиями других авторов [5].

После применения только ивермека с энроксилем показатели гуморального иммунитета у больных животных восстанавливались очень медленно. Такие обработки не имеют профилактического эффекта и способствуют в дальнейшем повышению восприимчивости животных к повторным заражениям гельминтами. С целью устранения негативного влияния паразитов и антгельминтиков на иммунологический статус организма животных необходимо параллельно с антгельминтной и антибиотикотерапией применять и иммуномодуляторы (в нашем случае метилурацил). При этом не только не происходит снижения иммунологической резистентности, но и животные достаточно длительное время остаются свободными от гельминтов.

Выводы. Применение комплексной схемы лечения ассоциативной бронхопневмонии (ивермек с энроксилем в комбинации с метилурацилом) ускоряет нормализацию в организме ягнят гуморальных показателей иммунитета - уровня общего белка в сыворотке крови, БАСК, концентрации ЦИК.

Список использованных источников:

1. Мальцев, К.Л. Легочные стронгилятозы животных в Центральной зоне Европейской части РФ: эпизоотология, меры борьбы : автореф. дис. докт. вет. наук. – Н.Новгород,

References:

1. Mal'cev, K.L. Legochnye strongilyatozy zhivotnykh v Central'noj zone Evropejskoj chasti RF: ehpi-zootologiya, mery bor'by : avtoref. dis. dokt. vet. nauk. – N.Novgorod,

2006. – 43 с.

2. Соловьёв, Д.А. Диктиокаулёз овец: прижизненная и посмертная диагностика, комплексная терапия : автореф. дис. канд. вет. наук. - Н. Новгород, 2005. – 24 с.

3. Козьявин, В.Н. Иммуноterapia и иммунопрофилактика диктиокаулеза крупного рогатого скота : автореф. дис. канд. вет. наук. - Н. Новгород, 2003. – 22 с.

4. Даугалиева, Э.Х. Регуляция иммунных процессов в профилактике и терапии гельминтозов животных / Э.Х. Даугалиева, К.Г. Курочкина, В.Н. Козьявин // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: мат. докладов научн. конф. Москва, 2001. - С. 78.

5. Плачева, Д.В. Стимуляция репаративной регенерации кожи оксиметилурацилом : автореф. дис. канд. мед. наук. - Уфа, 2004. – 28 с.

2006. – 43 s

2. Solov'yov D.A. Diktiokaulyoz ovec: przhiznennaya i posmertnaya diagnostika, kompleksnaya terapiya : avtoref. dis. kand. vet. nauk. - N. Novgorod, 2005. – 24 s.

3. Kozyavin, V.N. Immunoterapiya i immunoprofilaktika diktiokauleza krupnogo rogatogo skota : avtoref. dis. kand. vet. nauk. - N. Novgorod, 2003. – 22 s.

4. Daugalieva, E.H.KH. Regulyaciya immunnykh processov v profilaktike i terapii gel'mintozov zhivotnykh / E.H.KH. Daugalieva, K.G. Kurochkina, V.N. Kozyavin // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami: mat. dokladov nauchn. konf. Moskva, 2001. - S. 78.

5. Placheva D.V. Stimulyaciya reparativnoj regeneracii kozhi oksimutluracilom : avtoref. dis. kand. med. nauk. - Ufa, 2004. – 28 s.

Сведения об авторах:

Лукьянов Руслан Юрьевич – кандидат ветеринарных наук, ассистент кафедры внутренней патологии животных Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: ruslan_11111@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Лукьянова Галина Александровна – доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Института «Агротехнологическая

Information about the authors:

Lukianov Ruslan Yurievich – candidate of veterinary sciences, assistant of chair of the Institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: ruslan_11111@mail.ru, institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Lukianova Galina Alexandrovna - Doctor of Veterinary Science, Professor, professor by a department microbiology, epizootology and veterino-sanitary expertis, Institute “Agrotechnology academi” FSAEI

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» 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».

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 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: [616.34-002:636.7]

**РЕЗУЛЬТАТЫ
КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ГАСТРОЭНТЕРИТА У СОБАК**

**RESULTS
OF CLINICAL AND
BIOCHEMICAL STUDIES OF
GASTROENTERITIS IN DOGS**

Лизогуб М.Л., кандидат биологических наук;

Кувда Н.Н., кандидат ветеринарных наук, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Lizogub M.L., Candidate of Biological Sciences,

Kuevda N.N., Candidate of Veterinary Sciences, Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»;

Статья содержит результаты исследований этиологии, клинических симптомов, морфологических и биохимических изменений крови собак, больных гастроэнтеритом. Проведенные исследования больных животных установили клинические признаки гастроэнтерита: рвота, понос, плохой аппетит и отказ от корма. Морфологические показатели крови больных животных сопровождалась тромбоцитозом, абсолютным лимфоцитозом и токсическими изменениями нейтрофилов. Определён механизм нарушения гомеостаза у больных собак – дегидратация.

Ключевые слова: собаки, плазма крови, гастроэнтерит, биохимические показатели, обезвоживание.

The article contains the results of studies of etiology, clinical symptoms, morphological and biochemical changes in the blood of dogs with gastroenteritis. Studies of sick animals have established clinical signs of gastroenteritis: vomiting, diarrhea, poor appetite and refusal to feed. Morphological parameters of the blood of sick animals were accompanied by thrombocytosis, absolute lymphocytosis and toxic changes in neutrophils. The mechanism of impaired homeostasis in sick dogs is determined - dehydration.

Keywords: dogs, blood plasma, gastroenteritis, biochemical parameters, dehydration.

Введение. Среди заболеваний органов желудочно-кишечного тракта у собак, гастроэнтерит является одной из наиболее распространенных клинических проблем, поражая животных различного возраста и самых разнообразных пород, являясь одним из главных факторов гибели заболевших животных. Наиболее часто гастроэнтериты регистрируются у щенков и молодых собак с пониженной резистентностью, заболеваемость которых достигает 40%, летальность – не менее 45-50% [1-3]. В случае гастроэнтерита парвовирусной этиологии смертность у щенков достигает 90% случаев, взрослых собак – бо-

лее чем 50% случаев. Продолжающаяся заболеваемость парвовирусным энтеритом отчасти объясняется способностью вируса «изобретать» себя заново и эволюционировать в новые, более вирулентные и устойчивые подвиды [4].

Гастроэнтерит является полифакторным заболеванием. Первичные нарушения возникают при поедании недоброкачественных, низкокачественных, испорченных кормов. Систематическое превышение норм кормления и отсутствие необходимых нутриентов в составе рациона могут вызывать реакции брожения в ЖКТ. Вторичные гастроэнтериты могут быть следствием перекручивания кишечника, вирусных и бактериальных инфекций, наличия в кишечнике гельминтов и инородных предметов, инвазиях различными эндопаразитами, отравлениях химическими веществами. Очень часто гастроэнтериты также отмечают при заболеваниях внутренних органов неинфекционной этиологии (гастрит, гепатит, панкреатит и др.) [5].

Клиника гастроэнтерита характеризуется угнетением животных, учащением дефекации, фекалии жидкие, водянистые, с примесью слизи, часто наблюдается рвота, повышение температуры, метеоризм. Происходит нарушение двигательной, секреторной, всасывательной и барьерной функции желудочно-кишечного тракта. В связи с этим возникают нарушения пищеварения, явления интоксикации и расстройства обмена веществ, и они чаще подвергаются другим заболеваниям. Длительное течение диареи приводит к обезвоживанию организма, нарушениям сердечно-сосудистой, мочевыделительной систем, а также к дистрофическим явлениям в печени [6, 7].

Дифференциальная диагностика гастроэнтеритов часто выявляет осложнения, с патологией печени, проблемы с почками, как острый уремический синдром, почечнокаменная болезнь и др. Своевременная диагностика гастроэнтерита инфекционной природы часто осложнена, экспресс-тесты (иммuno-хроматографические), к сожалению, часто выдают сомнительный результат. Отсутствие полноценной корректирующей терапии является основной причиной гибели животных при остром гастроэнтерите, особенно инфекционном, то актуализирует своевременную и достоверную диагностику а также комплексное лечение гастроэнтеритов у мелких домашних животных [8-10].

Материал и методы исследований. Работа выполнялась на базе частной ветеринарной клиники «КВЦ24 часа» г. Симферополь. В качестве объекта исследования были выбраны 15 больных собак с предварительным клиническим диагнозом «гастроэнтерит». Клинический статус больных животных определяли по общепринятой схеме. Диагностику гастроэнтерита осуществляли комплексно, основываясь на данных анамнеза, клинических признаков заболевания, гематологических и цитологических исследований.

Биохимические анализы крови осуществлялись при помощи биохимического анализатора FUJI DRI – CHEM NX5000i с готовыми слайдами. Морфологические исследования проводили на автоматическом гематологическом анализаторе Element HT5, цитологическое исследование осуществлялось по мазкам крови. Ме-

тодом ПЦР исключали или подтверждали инфекционную (вирусную) этиологию.

Результаты и обсуждение. При клинических обследованиях больных животных были установлены характерные для гастроэнтерита клинические признаки: понос (у 100% больных животных), который характеризовался выделением жидкого кала с большим количеством слизи и неперевааренными частицами корма; при вирусном гастроэнтерите понос был профузный, с примесью крови; наблюдалось снижение аппетита (85%) и отказ от корма. Высокая температура тела была установлена у трети больных собак. Рвота отмечалась у 40% собак с признаками острого гастрита на фоне инфекционной этиологии, подтвержденной по результатам ПЦР, вначале с кормовыми массами, а затем слизистая полупрозрачная, в половине случаев – с примесью крови. Клинический статус животных в целом был средней тяжести, все пациенты нуждались в стационарном лечении. Все исследуемые животные были вакцинированы в соответствии с существующими рекомендациями.

Морфологические результаты исследования крови собак представлены в таблице 1.

Таблица 1. Морфологические показатели крови у собак, больных гастроэнтеритом, $M \pm m$ (n=15)

Показатели	Норма	$M \pm m$	Отклонения от норматива, %	
			больше	меньше
WBC, $10^9/\text{л}$	6-17	$16,0 \pm 2,18$	39,9	25
RBC, $10^{12}/\text{л}$	5,2-8,4	$7,18 \pm 0,35$	13,3	0
HGB, г/л	110-190	$154,1 \pm 8,6$	26,6	0
HTC, $10^{-1}/\text{л}$	0,39-0,56	$0,48 \pm 0,03$	26,6	0
PLT, $10^3/\text{л}$	117-460	$337 \pm 43,4$	46,6	0
NEU миелоциты, $10^9/\text{л}$	0,00	0,00	0	0
NEU метамиелоциты, $10^9/\text{л}$	0,00	$0,3 \pm 0,01$	6,7	0
NEU палочкоядерные, $10^9/\text{л}$	0-0,3	$3,52 \pm 0,29$	33,3	
NEU сегментоядерные, $10^9/\text{л}$	5,5-7,6	$7,36 \pm 0,25$	0	13,3
MON, $10^9/\text{л}$	0,3–0,9	$0,58 \pm 0,09$	13,3	0
LYM, $10^9/\text{л}$	1,5–2,0	$4,02 \pm 0,13$	53,3	13,3

Анализ результатов исследований показателей «белой крови» свидетельствует о наличии воспалительного процесса в организме, характеризующийся увеличением относительно нормы общего количества лейкоцитов у 39,9% собак. Данный процесс также подтверждается соответственным повышением количества популяции незрелых лейкоцитов, характеризующийся выраженным сдвигом ядра влево. Экспресс-тест был отрицательным. При этом у четверти больных животных количество лейкоцитов было сниженным, в то время как лимфоциты были уменьшены только у 13,3% собак. Экспресс-тест был положительным.

У 26,6% больных собак с течением гастроэнтерита умеренной тяжести были повышены значения гемоглобина и гематокритной величины, в результате прогрессирующего обезвоживания животных из-за продолжающейся диареи и рвоты.

При анализе морфологических показателей крови больных животных установлено у 46,6% собак выраженный тромбоцитоз, а у 53,3% лимфоцитоз, которые сопровождают также разнообразные вирусные инфекции (в нашем случае – парвовирусный энтерит). Сходную динамику тромбоцитов и лейкоцитов отмечали и другие авторы [11, 12].

Цитологические исследования мазков крови показывают, что у 8 собак в цитоплазме нейтрофилов визуализируются от 1 до 2 серо-голубых телец Деле округлой или овальной формы. Как правило, визуализация таких изменений в клетке у собак свидетельствует о нейтрофильной токсичности, являясь наиболее ранним индикатором асинхронности созревания между ядром и цитоплазмой, которые часто сопровождают сдвиг формулы влево и указывают на интенсивный воспалительный процесс.

Результаты исследования биохимических показателей крови собак, с установленным диагнозом гастроэнтерит приведены в таблице 2.

Таблица 2. Биохимические показатели крови собак, больных гастроэнтеритом, $M \pm m$ (n=15)

Показатели	Норматив	$M \pm m$	Отклонения от норматива, %	
			больше	меньше
TP, г/л	55-75	69,0±2,86	25	0
BG, ммоль/л	4,4-6,5	4,6±0,43	6,7	26,6
ALT, U/l	15-60	114,0±14,12	46,6	0
AST, U/l	10-75	128,8±16,38	46,6	0
GGT, U/l	1-10	5,2±0,89	13,3	0
CREA, мкмоль/л	45-130	83,0±6,53	6,7	0
BUN, ммоль/л	3,5-9,2	4,9±0,68	0	26,6
TBIL общий, мкмоль/л	3-10	10,6±1,27	53,3	0
BILT прямой, мкмоль/л	0-5,5	6,5±0,98	46,6	0

Из анализа данных, полученных при биохимическом исследовании, видно, что у 27% животных наблюдается гипогликоземия и снижение мочевины в крови. По нашему мнению это обусловлено не только недостаточным поступлением питательных веществ вследствие гипо- и анорексии, но также из-за нарушения пищеварительной и транспортной функций в желудочно-кишечном тракте (мальдигестии и мальабсорбции). У ряда животных (25%) установлена относительная гиперпротеинемия на фоне обезвоживания организма. Содержание протеина у остальных животных было относительно нормальным (также вследствие нарушения водного обмена, в первую очередь, и из-за принудительного кормления).

При развитии патологического процесса у больных собак в желудочно-кишечном тракте формируется бродильно-гнилостная микрофлора, которая наряду с субстратами воспаления вызывает сильную интоксикацию организма. Это сопровождается возрастающей нагрузкой на функциональное состояние печени, о чем свидетельствует повышение активности ферментов (ALT – $114,0 \pm 14,12$ U/л и AST – $128,8 \pm 16,38$ U/л), отмеченное у 46,6% животных. функция желчевыведения практически не затрагивалась. Повышение активности GGT у 13,3% мы связываем скорее со сгущением желчи вследствие дегидратации и формированием сладжа, нежели повреждения желчевыводящего русла.

Развивающийся воспалительный процесс из-за вирусной инфекции и интоксикация организма больных гастроэнтеритом собак приводит к угнетению функции печени и увеличению показателя общего билирубина, среднее значение которого находится на верхней границе физиологической нормы – $10,6 \pm 1,27$ мкмоль/л, при этом более чем у половины исследованных животных, значение показателя желчного пигмента превышали норматив. Аналогичная тенденция отмечена и для его прямой формы.

Выводы. В связи с полиэтиологичностью гастроэнтерита, его диагностику необходимо проводить комплексно. Количественные изменения крови у 33,3% собак отображают повышение показателя общего числа лейкоцитов за счет выброса в кровеносное русло токсически измененных, незрелых форм клеток на фоне вирусных инфекций. Общеклинический анализ крови должен обязательно включать в себя подсчет лейкограммы вручную и оценку морфологии лейкоцитов. Биохимические исследования плазмы у собак с симптомами гастроэнтерита подтверждают возрастающую нагрузку на печень независимо от этиологии заболевания.

Список использованных источников:

1. Трушкин В.А. Сравнительная характеристика инструментальных методов диагностики колитов у собак / В. А. Трушкин, С. П. Ковалев, А. А. Воинова [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2017. – № 2. – С. 71-75.
2. Багина В.О. Органопатологии желудочно-кишечного тракта собак. / Багина В.О., Жуков В.М. // Алтайский государственный аграрный университет. Сборник статей XLI международной научно-практической конференции. Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность. РФ», 2021. – С. 48-54.
3. Курдеко А.П. Методы диагно-

References:

1. Trushkin V.A. Comparative characteristics of instrumental methods for diagnosing colitis in dogs / V. A. Trushkin, S. P. Kovalev, A. A. Voinova [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2017. – No. 2. – P. 71-75.
2. Bagina V.O. Organopathology of the gastrointestinal tract of dogs. / Bagina V.O., Zhukov V.M. // Altai State Agrarian University. Collection of articles of the XLI international scientific and practical conference. Moscow: "Scientific Publishing Center "Relevance. RF", 2021. – P.48-54.
3. Kurdeko A.P. Methods of diagnosis of diseases of farm animals

стики болезней сельскохозяйственных животных //А.П. Курдеко, С.П. Ковалев, В.Н. Алешкевич и др. – СПб: Лань, 2020. – Серия. Учебники для вузов. Специальная литература. 2 издание. – 208 с.

4. Goddard A. Canine parvovirus / Goddard A, Leisewitz AL.// Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2010 Nov;40(6):1041-53.

5. Гастроэнтерология собак: анатомия, этиология, основные методы диагностики. Ткачев-Кузьмин А.А., Горовая Т.Б., Тютюнников А.В. – М.: КолосС, 2010. – 320 с.

6. Калужный, И.И. Клиническая гастроэнтерология животных. / И.И. Калужный, Г.Г. Щербаков. – СПб.: Лань, 2015г. – 568 с.

7. Гастроэнтерология собак: анатомия, этиология, основные методы диагностики. Ткачев-Кузьмин А.А., Горовая Т.Б., Тютюнников А.В. – М.: КолосС, 2010. – 320 с.

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. Риган Дж. В. Атлас ветеринарной гематологии. / Риган Дж. В., Сандерс Г. Т., Деникола Б. Д. / Пер. с англ. Евг. Махиянова. – М.: Аквариум Прин», 2014. – С.72-78.

10. Mansfield C. Acute pancreatitis in dogs: Advances in understanding, diagnostics and treatment / Mansfield C.// Top Compan Anim Med. 2012; 27(3):123–132.

11. Factors affecting the occurrence, duration of hospitalization and final outcome in canine parvovirus infection / Iris K, Leontides L.S, Mylonakis M.E, et

//A.P. Kurdeko, S.P. Kovalev, V.N. Alyoshkevich, etc. / St. Petersburg, Lan Publishing House, 2020, Series. Textbooks for universities. Special literature. 2nd edition. - 208 p .

4. Goddard A, Leisewitz AL. Canine parvovirus. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2010 Nov;40(6):1041-53.

5. Gastroenterology of dogs: anatomy, etiology, basic diagnostic methods. Tkachev-Kuzmin A.A., Gorovaya T.B., Tyutyunnikov A.V. – М.: KolosS, 2010. – 320 p.

6. Kalyuzhny, I.I. Clinical gastroenterology of animals. Textbook/ I.I. Kalyuzhny, G.G. Shcherbakov - 2nd ed., ispr. and additional St. Petersburg: Publishing house "Lan", 2015 - 568 p.

7. Gastroenterology of dogs: anatomy, etiology, basic diagnostic methods. Tkachev-Kuzmin A.A., Gorovaya T.B., Tyutyunnikov A.V. – М.: KolosS, 2010. – 320 p.

8. McIntyre D. Ambulance and intensive care for small pets / D. McIntyre, K. Drobats, S. Huskings. - Translated from English. Lisitsina T. V. - М.: "Aquarium", 2018. - 560 p.

9. Regan J. V. Atlas of veterinary hematology. / Regan J. V., Sanders G. T., Denikola B. D. / Translated from English by Evg. Makhiyanova. – М.: Aquarium Print LLC, 2014, pp. 72-78

10. Mansfield C. Acute pancreatitis in dogs: Advances in understanding, diagnostics and treatment / Mansfield C.// Top Compan Anim Med. 2012; 27(3):123–132.

11. Factors affecting the occurrence, duration of hospitalization and final outcome in canine parvovirus infection / Iris K, Leontides L.S, Mylonakis M.E, et al.// Res Vet Sci . 2010;89:174-178.

al. // Res Vet Sci . 2010;89:174-178.

12. Mylonakis M.E. Canine parvoviral enteritis: an update on the clinical diagnosis, treatment, and prevention / Mylonakis M.E, Kalli I, Rallis T.S. // Vet Med (Auckl). 2016;7:91-100.

12. Mylonakis M.E. Canine parvoviral enteritis: an update on the clinical diagnosis, treatment, and prevention / Mylonakis M.E, Kalli I, Rallis T.S. // Vet Med (Auckl). 2016;7:91-100.

Сведения об авторах:

Лизогуб Михаил Леонидович – кандидат биологических наук, доцент кафедры внутренней патологии животных 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».

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: therapy-abip@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского»;

Information about the authors:

Lizogub Michail Leonidovich – Candidate of Biology 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», Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Kuevda Nikolay Nikolayevich – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of Animal Internal Pathology Department of the Veterinary Medicine Faculty of the Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: therapy-abip@mail.ru, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe

Рефераты статей, опубликованных в теоретическом и научно-практическом журнале «Известия сельскохозяйственной науки Тавриды». № 43 (206), 2025 г.**АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

УДК 634. 1/7.047:634.23

Сотник А.И., Танкевич В.В., Чакалов Т.С.

ПОДВОИ ЧЕРЕШНИ В КРЫМУ

Представлены результаты изучения влияния подвоев черешни (антипка (контроль), Колт, ВСЛ 2) на рост, развитие и продуктивность сортов Аннушка, Крупноплодная, Любава. Целью исследований являлось получение всесторонней оценки сорто-подвойных комбинаций и отбор наиболее перспективных, с компактной кроной, потенциальной урожайностью и плодами высокого качества. Деревья всех исследуемых сортов на подвое ВСЛ 2 менее рослые, чем в других вариантах. Площадь сечения штамба в данном случае на 6-13% меньше, чем на антипке и на 4-12% чем на Колте. Площади проекции и объема кроны подтверждают предварительные выводы о том, что деревья на ВСЛ 2 на 15,0-46,0 и 26,0-52,0% менее рослые, чем на Антипке. Одним из основных показателей эффективности подвоя является продуктивность привитых на нем сортов. В наших исследованиях наиболее продуктивен сорт Крупноплодная на всех подвоях. Средний урожай, которого за годы исследований, выше других сортов и равен 6,6-13,1 т/га. Среди подвоев выделяется ВСЛ 2. Максимально высокий урожай получен в 2018 году в комбинации Крупноплодная/ВСЛ 2. Величина его составила 44,7 т/га. Сорта Аннушка и Любава также более продуктивны на этом подвое. Низкая урожайность отмечена на подвое Колт. Выращивание черешни в Крыму на нем нерентабельно. Высокий уровень рентабельности (96%) выявлен по сорту Крупноплодная на подвое ВСЛ 2. В контроле (на антипке) эта цифра равна 56%. Анализ результатов исследований позволяет сделать вывод о перспективности выращивания в садах Крыма черешни на клоновом подвое ВСЛ 2, который характеризуется компактностью кроны, потенциальной урожайностью и плодами высокого качества

Sotnik A. I., Tankevich V. V., Chakalov T. S.

SWEET CHERRY ROOTSTOCKS IN THE CRIMEA

The results of the study of the sweet cherry rootstocks (mahaleb cherry (control), Colt, and VSL 2) effects on the growth, development and productivity of Annushka, Krupnoplodnaya, and Lubava varieties are presented. The aim of the research was to comprehensively assess the variety and rootstock pairs and select the most promising ones with a compact crown, potential yield, and high-quality berries. Trees of all test varieties on VSL 2 rootstock are shorter than those in other combinations. In this case, the stem basal area is 6–13% smaller than on the mahaleb cherry and 4–12% smaller than on the Colt. The crown area and the crown volume confirm the preliminary findings that trees on VSL 2 are 15.0-46.0 % and 26.0-52.0 % lower, respectively, than on mahaleb cherry. One of the main indicators of the rootstock efficiency is the productivity of the varieties grafted on it. According to our research, the Krupnoplodnaya variety is the most productive variety on all rootstocks. Its average yield over the years of research was higher than that of other varieties and is 6.6–13.1 tons/ha. VSL 2 stands out among all rootstocks. The maximum yield was obtained in 2018 with the Krupnoplodnaya and VSL 2 combination. It amounted to 44.7 tons / ha. The varieties Annushka and Lyubava are also more productive with this particular rootstock. A low yield was observed on the Colt rootstock. Growing cherries on it in the Crimea is unprofitable. The variety Krupnoplodnaya on the VSL 2 rootstock was found to be highly profitable (96%). In the control group (on mahaleb cherry), this value is 56%. An analysis of the research results allows us to conclude that cherry cultivation on the

VSL 2 clonal rootstock is promising in Crimean gardens due to its compact crown, potential yield, and high-quality berries.

УДК 635.751:631.526.32:631.53.043

Макуха О. В., Коковихин С. В.

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПОСЕВНОГО МОДУЛЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ,
СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ *CORIANDRUM SATIVUM* L. В УСЛОВИЯХ ХЕРСОНСКОЙ
ОБЛАСТИ**

Определить влияние элементов посевного модуля на рост и развитие растений, семенную продуктивность *Coriandrum sativum* L. в условиях Херсонской области. Полевые исследования проводились в 2019-2021 годах в фермерском хозяйстве "Надежда" Херсонской области. Почва опытных участков – темно-каштановая, слабосолонцеватая, среднесуглинистая, типичная для зоны. Схема опыта включала такие факторы и их варианты: Фактор А – сорт: Оксанит; Карибе; Фактор В – ширина междурядий, см: 15; 30; 45. Для размещения вариантов на опытном участке выбран метод расщепленных делянок, повторность опыта на территории была четырехкратной. Фенологические наблюдения, биометрические измерения, контроль засоренности, уборка и учет урожая, определение массы 1000 семян проводились в соответствии с общепринятыми методиками. Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием метода ANOVA, HSD теста Тьюки. *Coriandrum sativum* L. является ценной культурой, благодаря многофункциональному применению в медицине, кулинарии, фармацевтической, пищевой, парфюмерной и косметической отраслях промышленности. Научное исследование было посвящено определению влияния ширины междурядий 15, 30, 45 см на рост, развитие, семенную продуктивность и качественные показатели сортов кориандра Оксанит, Карибе в условиях недостаточного увлажнения Херсонской области. Оптимальные условия онтогенеза растений кориандра, формирования семян и образования эфирного масла были отмечены в варианте сорта Оксанит с шириной междурядий 15 см. В этом варианте вегетационный период кориандра был самым коротким в опыте, его продолжительность составила 102 дня. Биометрические показатели растений достигли максимальных значений: высота растений составила 63,10 см, площадь листовой поверхности культуры – 27,43 тыс. м²/га, сухая надземная масса – 5,36 т/га. Количественные и качественные показатели продуктивности культуры также были наивысшими в опыте. Урожайность семян достигла 1,27 т/га, масса 1000 семян составила 6,58 г. В семенах содержалось 2,19% эфирного масла, а его условный выход был равен 24,48 кг/га. Минимальный уровень засоренности наблюдался на участках с шириной междурядий 15 см. Оптимизация способа сева растений с учетом требований сорта, почвенных условий и климатических факторов зоны является эффективной экологически безопасной стратегией повышения урожайности кориандра.

Makukha O.V., Kokovikhin S.V.

**THE IMPACT OF THE SEED MODULE ELEMENTS ON THE PLANT GROWTH AND
DEVELOPMENT, SEED PRODUCTIVITY OF *CORIANDRUM SATIVUM* L. UNDER THE
CONDITIONS OF THE KHERSON REGION**

The purpose of research. It will determine the influence of elements of the sowing module on the growth and development of plants, the seed productivity of *Ccoriandrum sativum* L. in the conditions of the Kherson region Methods. Field research was conducted in 2019-2021 at the Nadezhda farm in the Kherson region. The soil of the experimental sites is dark chestnut, slightly saline, medium loamy, typical for the zone. The scheme of the experiment included the following factors and their variants: Factor A – grade: Oxanite; Caribbean; Factor B – row width, cm: 15; 30; 45. The method of split plots

was chosen to place options on the experimental site, and the experiment was repeated four times on the territory. Phenological observations, biometric measurements, weed control, harvesting and recording of the harvest, determination of the weight of 1000 seeds were carried out in accordance with generally accepted methods. Statistical analysis of the obtained results was carried out using the ANOVA method, Tukey's HSD test. *Coriandrum sativum* L. is a valuable crop due to its multifunctional use in the medicine, culinary, pharmaceutical, food, perfumery and cosmetic industries. The scientific study was devoted to determining the influence of interrow widths of 15, 30, 45 cm on growth, development, seed productivity and quality indicators of coriander varieties Oksanit, Karibe in the conditions of insufficient moisture in the Kherson region. The optimal conditions for the ontogenesis of coriander plants, the formation of seeds and the formation of essential oil were noted in the variant of the Oksanit variety with a row width of 15 cm. In this variant, the growing season of coriander was the shortest in the experiment, its duration was 102 days. The biometric indicators of the plants reached their maximum values: the height of the plants was 63.10 cm, the area of the leaf surface of the crop was 27.43 thousand. m²/ha, dry above-ground mass – 5.36 t/ha. Quantitative and qualitative indicators of culture productivity were also the highest in the experiment. The yield of seeds reached 1.27 t/ha, the weight of 1000 seeds was 6.58 g. The seeds contained 2.19% essential oil, and its conditional yield was equal to 24.48 kg/ha. The minimum level of soiling was observed in areas with a width of 15 cm between rows. Optimizing the method of sowing plants taking into account the requirements of the variety, soil conditions and climatic factors of the zone is an effective environmentally friendly strategy for increasing the yield of coriander.

УДК 633.15:572.22:633.15

Макаренко А. А., Василько В. П., Гладков В. Н., Баландин В. С.

**ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ, СРОКОВ СЕВА И КОЛИЧЕСТВА МЕЖДУРЯДНЫХ
КУЛЬТИВАЦИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ СЫРОЙ МАССЫ И СУХОГО ВЕЩЕСТВА И
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Изучить влияние гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций на формирование сырой массы, сухого вещества и фотосинтетическую продуктивность гибридов кукурузы их при выращивании в условиях Краснодарского края. Методы. Полевой четырёхфакторный опыт закладывали и проводили на опытном поле учебно-опытного хозяйства «Кубань» ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ в период 2017-2019 гг. Закладка полевых опытов, определение показателей площади листьев кукурузы, урожайности зеленой массы, сбора сухого вещества, чистой продуктивности фотосинтеза, фотосинтетического потенциала посевов, а также математическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась с использованием рекомендации по методике опытного дела в земледелии. Результаты. Отмечено умеренное положительное влияние применения гербицида Титус Плюс для уничтожения сорных растений, которое увеличило площадь листьев на 0,9-1,45% по сравнению с вариантами применения препаратов Люмакс и Элюмис. Наибольшая площадь (38,0 тыс. м²/га) была достигнута при раннем посеве, тогда как перенесения сева на средний и поздний сроки привело к снижению на исследуемого показателя на 8,3-22,9% (до 30,9-35,1 тыс. м²/га). Также доказано, что применение междурядных культиваций увеличивает площадь листьев от 33,8 тыс. м²/га (на контрольном варианте) до 34,6-35,5 тыс. м²/га, или на 2,4 и 5,0%. Минимальный (273 ц/га) – у гибрида Феномен с гербицидом Люмакс, поздним севом и без культиваций, что на 1,5 раза ниже максимума. В среднем по изучаемых факторам сроки сева в наибольшей мере влияли на исследуемый показатель – ранний срок обеспечил формирования наибольшего выхода сырой биомассы, в

среднем по фактору, 369 ц/га. Междурядные культивации также оказали позитивное влияние на этот показатель, без культиваций получено 324 ц/га, одна культивация увеличивала его до 342 ц/га, а две культивации – до 352 ц/га. Наибольший выход сухого вещества кукурузы с единицы посевной площади, на уровне 122 ц/га, был получен при выращивании гибрида ДКС 4590. Гибрид Ладожский 291 показал лишь незначительное снижение данного показателя на 1,7% (менее 2,3 ц/га) по сравнению с гибридом ДКС 4590. Чистая продуктивность фотосинтеза кукурузы существенно зависела от срока сева и количества междурядных культиваций, тогда как применение различных гербицидов не оказало влияния и на всех вариантах было рвано, в среднем, 5,7 г/м². Проведение междурядных культиваций снизило исследуемый показатель – без механической обработки междурядий она была максимальной (6,0 г/м²), при одной культивации снизилась до 5,7 г/м², а при двух – до 4,8 г/м², или на 5,3 и 25,0%. Максимальный фотосинтетический потенциал на уровне 3,2 млн м²-дней/га получен при применении раннего срока сева гибрида ДКС 4590 с одной культивацией на фоне защиты от сорняков с помощью гербицида Титус Плюс. Минимальный показатель – 2,2 млн м²-дней/га зафиксирован при позднем севе и без применения междурядных культиваций. Выводы. Доказано, что площадь ассимиляционной поверхности кукурузы гибриды Ладожский 291 и ДКС 4590 имела практически одинаковые результаты, в среднем 35,1-35,9 тыс. м²/га, с незначительной разницей в 2,3% (ниже НСП₀₅ – 0,9 тыс. м²/га). Следует отметить, что у гибрида Феномен этот показатель был существенно ниже и составил 32,8 тыс. м²/га, от есть снизился на 7,0-9,5%. Полевые опыты показали значительную степень варьирования величины накопления сырой биомассы кукурузы при дифференциации агротехнических факторов, особенно изменяя сроков сева и гибридного состава. Максимальный выход биомассы (404 ц/га) достигался при выращивании гибрида ДКС 4590 с гербицидом Титус Плюс, ранним севом и двукратной культивацией. Гербицидная обработка практически не влияла на формирование сухого вещества. Напротив, сроки посева значительно влияли на этот показатель продукционного процесса. Так, ранний посев увеличил его до 129 ц/га, тогда как при среднем и позднем севе сбор сухого вещества снизился на 8,4 и 20,6%. Минимальный показатель сбора сухого вещества (116 ц/га) зафиксирован у гибрида Феномен, что на 6,2% и 8,0% меньше, чем у других изучаемых гибридов. Применение междурядных культиваций по сравнению с контролем увеличило его на 1,7-3,4%. Минимальная показатель чистой продуктивности фотосинтеза (4,7 г/м²) отмечен на варианте с гибридом Феномен при позднем севе и проведении одной междурядной культивации, а максимального значения, на уровне 6,9 г/м², достиг при выращивании гибрида ДКС 4590, посеянном в ранний срок и без междурядных обработок. Сроки сева существенно влияли на чистую продуктивность фотосинтеза, причем ранний срок обеспечил формирование наибольшего показателя 6,3 г/м². Гибриды Ладожский 291 и ДКС 4590 показали более высокий фотосинтетический потенциал (в среднем, 2,8 млн м²-дней/га). Ранний срок сева обеспечил возрастание его до 3,0 млн м²-дней/га. Количество культиваций слабо влияло, приводя к небольшому росту исследуемого показателя от 2,6 до 2,7-2,8 млн м²-дней/га.

Makarenko A. A., Vasilko V. P., Gladkov V. N., Balandin V. S.

INFLUENCE OF HERBICIDES, SOWING TIME AND NUMBER OF INTERROW CULTIVATIONS ON THE FORMATION OF RAW MASS AND DRY MATTER AND PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF CORN HYBRIDS IN THE CONDITIONS OF KRASNODAR REGION

To study the effect of herbicides, sowing dates and the number of inter-row cultivations on the formation of wet mass, dry matter and photosynthetic productivity of corn hybrids when grown in the conditions of the Krasnodar Territory. Methods. A four-factor field experiment was laid out and

carried out on the experimental field of the educational and experimental farm "Kuban" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kuban State Agricultural University in the period 2017-2019. The laying of field experiments, determination of the indicators of corn leaf area, green mass yield, dry matter collection, net productivity of photosynthesis, photosynthetic potential of crops, as well as mathematical processing of the obtained experimental data were carried out using the recommendations for the methodology of experimental work in agriculture. Results. A moderate positive effect of the use of the herbicide Titus Plus for the destruction of weeds was noted, which increased the leaf area by 0.9-1.45% compared to the options for using Lumax and Elumis. The largest area (38.0 thousand m^2/ha) was achieved with early sowing, while postponing sowing to the middle and late terms led to a decrease in the studied indicator by 8.3-22.9% (to 30.9-35.1 thousand m^2/ha). It was also proven that the use of inter-row cultivation increases the leaf area from 33.8 thousand m^2/ha (in the control variant) to 34.6-35.5 thousand m^2/ha , or by 2.4 and 5.0%. The minimum (273 c/ha) was found in the Phenomenon hybrid with the Lumax herbicide, late sowing and without cultivation, which is 1.5 times lower than the maximum. On average, for the studied factors, the sowing dates had the greatest impact on the studied indicator - the early date ensured the formation of the highest yield of raw biomass, on average for the factor, 369 c/ha. Inter-row cultivation also had a positive impact on this indicator, without cultivation 324 c/ha were obtained, one cultivation increased it to 342 c/ha, and two cultivations - to 352 c/ha. The highest dry matter yield of corn per unit of sown area, at the level of 122 c/ha, was obtained when growing the DKC 4590 hybrid. The Ladozhskiy 291 hybrid showed only a slight decrease in this indicator by 1.7% (less than 2.3 c/ha) compared to the DKC 4590 hybrid. The net productivity of corn photosynthesis significantly depended on the sowing time and the number of inter-row cultivations, while the use of various herbicides did not have an effect and in all variants, it was torn, on average, 5.7 g/m^2 . Carrying out inter-row cultivations reduced the studied indicator - without mechanical processing of row spacing it was maximum (6.0 g/m^2), with one cultivation it decreased to 5.7 g/m^2 , and with two - to 4.8 g/m^2 , or by 5.3 and 25.0%. The maximum photosynthetic potential of 3.2 million $\text{m}^2\text{-days}/\text{ha}$ was obtained with the early sowing of the DKC 4590 hybrid with one cultivation against the background of weed protection using the Titus Plus herbicide. The minimum indicator of 2.2 million $\text{m}^2\text{-days}/\text{ha}$ was recorded with late sowing and without the use of inter-row cultivation. Conclusions. It has been proven that the assimilation surface area of the corn hybrids Ladozhskiy 291 and DKC 4590 had almost the same results, on average 35.1-35.9 thousand m^2/ha , with an insignificant difference of 2.3% (below LSD_{05} - 0.9 thousand m^2/ha). It should be noted that this indicator was significantly lower for the Phenomenon hybrid and amounted to 32.8 thousand m^2/ha , i.e. decreased by 7.0-9.5%. Field experiments showed a significant degree of variation in the accumulation of raw maize biomass with differentiation of agronomic factors, especially changing the sowing dates and hybrid composition. The maximum biomass yield (404 c/ha) was achieved when growing the DKC 4590 hybrid with the Titus Plus herbicide, early sowing and double cultivation. Herbicide treatment had virtually no effect on the formation of dry matter. On the contrary, sowing dates significantly affected this indicator of the production process. Thus, early sowing increased it to 129 c/ha, while with medium and late sowing, the collection of dry matter decreased by 8.4 and 20.6%. The minimum dry matter collection rate (116 c/ha) was recorded for the Phenomenon hybrid, which is 6.2% and 8.0% less than that of the other hybrids studied. The use of inter-row cultivation increased it by 1.7-3.4% compared to the control. The minimum net photosynthetic productivity (4.7 g/m^2) was noted in the variant with the Phenomenon hybrid with late sowing and one inter-row cultivation, and the maximum value, at the level of 6.9 g/m^2 , was achieved when growing the DKC 4590 hybrid, sown early and without inter-row cultivation. Sowing dates significantly affected the net photosynthetic productivity, with the early date providing the formation of the highest indicator of 6.3 g/m^2 . The Ladozhskiy 291 and DKC 4590 hybrids

showed a higher photosynthetic potential (on average, 2.8 million m²-days/ha). Early sowing provided an increase in it to 3.0 million m²-days/ha. The number of cultivations had little effect, leading to a slight increase in the studied indicator from 2.6 to 2.7-2.8 million m²-days/ha.

УДК 631.51:631.67:631.581:631.432

Бердникова Е. Г., Бардак Н. И., Терехова С. С., Великанова Л. О., Коваль А. В.

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ ОРОШАЕМОГО
СЕВООБОРОТА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ**

Изучить влияние систем основной обработки почвы на эффективность использования влаги сельскохозяйственными культурами орошаемого севооборота в условиях Северного Причерноморья. Методы. Исследования были проведены в стационарном полевом опыте с использованием общепризнанных методик опытного дела в агрономии. Полевые опыты закладывали методом рендомизированных расщепленных участков, развернутых во времени и пространстве в зоне действия Каховской оросительной системы. Изучали четыре системы основной обработки почвы. Технологии выращивания сельскохозяйственных культур в севообороте общепризнаны для орошаемых условий Северного Причерноморья, кроме исследуемых факторов. При выращивании сельскохозяйственных культур в короткоротационных севооборотах применяли биологически оптимальные режимы орошения, основанные на методологических подходах оптимального обеспечения потребностей растений во влаге на протяжении всего вегетационного периода на уровне 70% НВ в слое почвы 0-50 см. Поливы осуществлялись дождевальными машинами Zimmatik. Результаты. Применение сидерации увеличивало показатели запасов продуктивной влаги в среднем на 1,9%, где они колебались в пределах 1377-1504 против 1334-1489 м³/га, где ее не использовали. Также установлено, что применение системы разноглубинной безотвальной обработки в севообороте за счет формирования оптимальных агрофизических свойств почвы обеспечивает продуктивное использование влаги в почве, где показатели в зависимости от культуры колебались в пределах 422-1098 м³/т, и меньше, в среднем, на 5,5%. Наибольшее накопление влаги наблюдалось при нулевой обработке почвы (1473-1489 м³/га), превышая дифференцированную систему на 7,9%. Мелкая безотвальная разноглубинная обработка также показала высокие результаты (до 1435-1504 м³/га, 7,0% к контролю). Суммарное водопотребление различалось по системам обработки почвы. При дифференцированной и мелкой одноглубинной обработке были примерно на одном уровне. Безотвальная разноглубинная и нулевая обработки показали меньшее водопотребление (4042-4120 м³/га), причем безотвальная разноглубинная снизила его, в среднем, на 1,2%. Применение сидерации позволяет уменьшить коэффициент водопотребления, в среднем по севообороту, при системе дифференцированной обработки на 8,2%, при мелкой обработке почвы – на 8,8, при разноглубинной безотвальной – на 9,6 и при нулевой обработке – на 8,9%. Мелкая безотвальная одноглубинная обработка в большинстве случаев увеличивала водопотребление (на 43–452 м³/га) по сравнению с разноглубинной. Озимая пшеница имела наименьшее среднее суммарное водопотребление (3460 м³/га), тогда как кукуруза (4988 м³/га) и соя (4981 м³/га) характеризовались наибольшим количеством поливов. Выводы. Исследованиями установлено, что на период сева как озимых осенью, так и яровых культур весной больше накопления влаги в почве наблюдалось при нулевой обработке 1288-1976 м³/га, в зависимости от культуры, что в среднем по севообороту на 8,8% больше по сравнению с контролем. Безотвальная разноглубинная обработка также демонстрировала высокие показатели, особенно для яровых культур (соя: 1583-1976 м³/га). В отличие от этого, при дифференцированной разноглубинной обработке запасы влаги были ниже (1154-1315 м³/га, до 1492 м³/га

для озимого ячменя), а к концу вегетации снижались до 841-1128 м³/га. Количество влаги в почве ранней весной зависит не только от осадков, но и от способности почвы впитывать и удерживать влагу (агрофизические свойства, способы обработки, глубина промерзания). Наименьшее суммарное водопотребление зафиксировано при безотвальной разноглубинной обработке почвы (4200 м³/га), что на 1,4% меньше контроля, и при дифференцированной системе (4269 м³/га). Глубокая чизельная обработка оказалась наиболее эффективной для озимого ячменя (3450 м³/га) и сои (4902 м³/га), а также для кукурузы после вспашки (4946 м³/га). Наименьшие затраты воды на единицу урожая (в среднем, на 4,7-5,5% ниже контроля) обеспечивала безотвальная разноглубинная обработка почвы, с показателями 422-1098 м³/т в зависимости от культуры. При этом глубокое чизельное рыхление создавало наилучшие условия для формирования урожая, демонстрируя самый низкий коэффициент водопотребления для озимой пшеницы (507 м³/т), кукурузы (440 м³/т), озимого ячменя (576 м³/т) и сои (1208 м³/т). В целом по севообороту, дифференцированная обработка имела коэффициент водопотребления 657-711 м³/т, тогда как безотвальная разноглубинная обработка позволила достичь оптимальных условий и снизить этот показатель до 623-683 м³/т. Кроме того, применение сидератов показало существенное снижение коэффициента водопотребления на всех вариантах основной обработки почвы – в среднем на 8,2% при дифференцированной, 8,8% при мелкой одноглубинной, 9,6% при безотвальной разноглубинной и 8,9% при нулевой обработке по сравнению с контролем.

Berdnikova E. G., Bardak N. I., Terekhova S. S., Velikanova L. O., Koval A. V.

INFLUENCE OF PRIMARY SOIL CULTIVATION SYSTEMS ON THE EFFICIENCY OF MOISTURE USE BY AGRICULTURAL CROPS OF IRRIGATED CROP ROTATION IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN BLACK SEA REGION

The aim of the study. To study the influence of primary tillage systems on the efficiency of moisture use by agricultural crops in irrigated crop rotation in the conditions of the Northern Black Sea region. Methods. The studies were conducted in a stationary field experiment using generally accepted methods of experimental work in agronomy. Field experiments were laid out using the method of randomized split plots deployed in time and space in the area of the Kakhovka irrigation system. Four primary tillage systems were studied. The technologies for growing agricultural crops in crop rotation are generally accepted for the irrigated conditions of the Northern Black Sea region, except for the factors under study. When growing agricultural crops in short-rotation crop rotations, biologically optimal irrigation regimes were used, based on methodological approaches to optimally meet plant moisture needs throughout the growing season at a level of 70% of the HB in the 0-50 cm soil layer. Irrigation was carried out using a Zimmatik sprinkler machine. Results. The use of green manure increased the indicators of productive moisture reserves by an average of 1.9%, where they fluctuated within 1377-1504 against 1334-1489 m³/ha, where it was not used. It was also found that the use of a system of multi-depth moldboard-free cultivation in crop rotation due to the formation of optimal agrophysical properties of the soil ensures the productive use of moisture in the soil, where the indicators, depending on the crop, fluctuated within 422-1098 m³/t, and less, on average, by 5.5%. The highest moisture accumulation was observed with zero tillage (1473-1489 m³/ha), exceeding the differentiated system by 7.9%. Shallow no-moldboard variable-depth tillage also showed high results (up to 1435-1504 m³/ha, 7.0% of the control). Total water consumption varied by tillage systems. With differentiated and shallow single-depth tillage, they were approximately at the same level. No-moldboard variable-depth and zero tillage showed lower water consumption (4042-4120 m³/ha), with no-moldboard variable-depth tillage reducing it by 1.2% on average. The use of green manure allows to reduce the water consumption coefficient, on average for crop rotation, by 8.2% with the differentiated tillage system,

by 8.8 with shallow tillage, by 9.6 with multi-depth moldboard-less tillage and by 8.9% with zero tillage. In most cases, shallow single-depth moldboard-less tillage increased water consumption (by 43–452 m³/ha) compared to multi-depth tillage. Winter wheat had the lowest average total water consumption (3460 m³/ha), while corn (4988 m³/ha) and soybeans (4981 m³/ha) were characterized by the greatest number of irrigations. Conclusions. The studies have shown that during the sowing period of both winter crops in autumn and spring crops in spring, greater accumulation of moisture in the soil was observed with no-tillage of 1288-1976 m³/ha, depending on the crop, which is on average 8.8% more for crop rotation compared to the control. No-till, variable-depth cultivation also demonstrated high indicators, especially for spring crops (soybeans: 1583-1976 m³/ha). In contrast, with differentiated, variable-depth cultivation, moisture reserves were lower (1154-1315 m³/ha, up to 1492 m³/ha for winter barley), and by the end of the growing season they decreased to 841-1128 m³/ha. The amount of moisture in the soil in early spring depends not only on precipitation, but also on the soil's ability to absorb and retain moisture (agrophysical properties, cultivation methods, freezing depth). The lowest total water consumption was recorded with moldboard-free, variable-depth soil cultivation (4,200 m³/ha), which is 1.4% less than the control, and with the differentiated system (4,269 m³/ha). Deep chisel cultivation turned out to be the most effective for winter barley (3,450 m³/ha) and soybeans (4,902 m³/ha), as well as for corn after plowing (4,946 m³/ha). The lowest water consumption per unit of yield (on average, 4.7-5.5% lower than the control) was provided by moldboard-free, variable-depth soil cultivation, with indicators of 422-1,098 m³/t depending on the crop. At the same time, deep chisel loosening created the best conditions for crop formation, demonstrating the lowest water consumption coefficient for winter wheat (507 m³/t), corn (440 m³/t), winter barley (576 m³/t) and soybeans (1208 m³/t). In general, for crop rotation, differentiated cultivation had a water consumption coefficient of 657-711 m³/t, while moldboard-free, variable-depth cultivation made it possible to achieve optimal conditions and reduce this figure to 623-683 m³/t. In addition, the use of green manure showed a significant reduction in the water consumption coefficient in all variants of primary soil cultivation - on average by 8.2% for differentiated, 8.8% for shallow single-depth, 9.6% for moldboard-less multi-depth and 8.9% for zero tillage compared to the control.

УДК: 634.86 (075.8)

Кравченко Р. В., Горбунов И. В., Горбунов И. И.

ПРОДУКЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРСИКА В УСЛОВИЯХ ЧЕРНОМОРСКОЙ ЗОНЫ ПЛОДОВОДСТВА

Цель исследований. Установить продукционные показатели разных сортов персика в условиях Черноморской зоны плодоводства. Методы. Сад был заложен в 2019 году. Схема посадки 5 × 2 м. Тип ведения кроны V-образная. Изучаемые сорта: Память Симиренко и Пятница 13. Контроль – сорт Золотой юбилей. Сорта ранне-среднего, среднего, средне-позднего сроков созревания, столового и универсального назначения. Сорта районированные, привитые на районированные подвои ВВА-1 и Бест. Клоновый подвой ВВА-1 был выведен на Крымской ОСС. Гибрид, полученный путём скрещивания войлочной микро-вишни *Microcerarus tomentosa* Thunb. Erm et Yushev с алычй *P. Cerasifera* Ehrh. Авторами подвоя являются Ерёмин Г.В.; Гавриш В.Ф.; Кириченко Ф.П.; Мирская В.Ф. Клоновый подвой Бест гибрид микро-вишни низкой и алычи *M. besseyi* x *P. Cerasifera*. Авторами являются Гавриш В.Ф.; Ерёмин Г.В.; Ерёмин В.Г. Почвы бурые лесные. Агротехника общепринятая для культуры персика. Результаты. Содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов, каротиноидов) в растениях постоянно меняется в зависимости от внешних факторов, что влияет на фотосинтез и адаптивность. Количественный анализ этих пигментов служит индикатором адаптации к условиям среды, особенно в стрессовых ситу-

ациях. На примере персика показано, что пигменты обладают антиоксидантными свойствами и участвуют в защитных реакциях. Увеличение каротиноидов при неблагоприятных условиях (до 71,7% в некоторых вариантах) демонстрирует их роль в снижении стресса и активации адаптивных механизмов, при этом содержание хлорофилла «А» может сохраняться, а хлорофилла «Б» – увеличиваться. Сорт Пятница 13 на подвое ВВА-1 показал наименьший результат из-за раннего созревания и мелких плодов. При этом сорта Память Симиренко и Пятница 13 более продуктивны на подвое Бест (на 7 и 14,5%, соответственно), чем на ВВА-1. На подвое ВВА-1 наивысшая рентабельность достигнута у сорта Память Симиренко (+6,5% к контролю). На подвое Бест сорт Память Симиренко также показал лучшую рентабельность (+25,6% к контролю). В целом, выращивание Памяти Симиренко и Пятницы 13 на подвое Бест значительно увеличивает рентабельность (на 16,5% и 43,4% соответственно). Раннее созревание сорта Пятница 13 позволяет реализовать его продукцию по более высоким ценам. Выводы. По результатам анализа на фотосинтетические пигменты листового аппарата установлено, что на фоне воздействия внешних стрессовых факторов у варианта Пятница 13 (Бест) был отмечен рост количественных показателей пигментов, у варианта Память Симиренко (Бест) отмечен повышенный уровень каротиноидов относительно других, при этом содержание хлорофиллов «А» и «Б» не снижалось, что говорит нам о его адаптивном потенциале. При исследовании продуктивности деревьев было выявлено, что наибольшей продуктивностью обладает комбинация Память Симиренко (Бест). Также, стоит отметить, что сорта проявляют себя более продуктивно на подвое Бест, чем на подвое ВВА-1. При изучении эффективности производства наибольшая рентабельность была отмечена у комбинации Память Симиренко/Бест.

Kravchenko R. V., Gorbunov I. V., Gorbunov I. I.

PRODUCTION INDICATORS OF PEACH IN THE CONDITIONS OF THE BLACK SEA FRUIT GROWING ZONE

The aim of the research. To establish the production indicators of different peach varieties in the conditions of the Black Sea fruit growing zone. Methods. The orchard was laid out in 2019. The planting scheme is 5 × 2 m. The type of crown management is V-shaped. The studied varieties: Pamyat Simirenko and Pyatnitsa 13. Control - the Zolotoy Yubiley variety. Varieties of early-mid, mid, mid-late ripening periods, table and universal purposes. The varieties are zoned, grafted onto zoned rootstocks VVA-1 and Best. The clonal rootstock VVA-1 was bred at the Crimean OSS. A hybrid obtained by crossing the felt micro-cherry *Microcerarus tomentosa* Thunb. Erm. et Yushev with the cherry plum *P. Cerasifera* Ehrh. The authors of the rootstock are Eremin G.V.; Gavrish V.F.; Kirichenko F.P.; Mirskaya V.F. Best clonal rootstock, a hybrid of lowland micro-cherry and cherry plum *M. besseyi* × *P. Cerasifera*. The authors are Gavrish V.F.; Eremin G.V.; Eremnin V.G. Brown forest soils. Agricultural technology generally accepted for peach crops. Results. The content of photosynthetic pigments (chlorophylls, carotenoids) in plants constantly changes depending on external factors, which affects photosynthesis and adaptability. Quantitative analysis of these pigments serves as an indicator of adaptation to environmental conditions, especially in stressful situations. Using peach as an example, it was shown that pigments have antioxidant properties and participate in defense reactions. An increase in carotenoids under unfavorable conditions (up to 71.7% in some variants) demonstrates their role in reducing stress and activating adaptive mechanisms, while the content of chlorophyll A can be maintained, and chlorophyll B can increase. The Friday 13 variety on the VVA-1 rootstock showed the lowest result due to early ripening and small fruits. At the same time, the Pamyat Simirenko and Friday 13 varieties are more productive on the Best rootstock (by 7 and 14.5%, respectively) than on VVA-1. On the VVA-1 rootstock, the highest profitability was achieved by the Pamyat Simirenko variety (+6.5%

to the control). On the Best rootstock, the Pamyat Simirenko variety also showed the best profitability (+25.6% to the control). In general, growing Pamyat Simirenko and Friday 13 on the Best rootstock significantly increases profitability (by 16.5% and 43.4%, respectively). The early ripening of the Friday 13 variety allows its products to be sold at higher prices. Conclusions. The results of the analysis of photosynthetic pigments of the leaf apparatus showed that against the background of the impact of external stress factors, the Friday 13 (Best) variant showed an increase in the quantitative indices of pigments, while the Pamyat Simirenko (Best) variant showed an increased level of carotenoids relative to others, while the content of chlorophylls "A" and "B" did not decrease, which tells us about its adaptive potential. When studying the productivity of trees, it was found that the Pamyat Simirenko (Best) combination has the highest productivity. It is also worth noting that the varieties show themselves more productively on the Best rootstock than on the VVA-1 rootstock. When studying the efficiency of production, the highest profitability was noted in the Pamyat Simirenko/Best combination.

УДК 631.15:634.1:004.8

Караев А. И., Толстолик Л.Н.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЦИФРОВЫЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ПИТОМНИКОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Актуальность исследований заключается в повышении эффективности и возможности прогнозирования нормативно-технических показателей продукции, питомниководства, что является ключевой задачей в условиях импортозамещения и цифровизации АПК. Существующие системы контроля качества часто не учитывают фундаментальные биологические процессы развития растений, что снижает их эффективность. Целью работы была разработка и апробация концептуальной модели управления качеством продукции питомников, основанной на контроле этапов онтогенеза и циклов органогенеза растений, и оценка перспектив ее интеграции с цифровыми платформами. В исследовании применялись методы: системного подхода, контент-анализ (97 научных публикаций и отраслевых отчетов), экспертных оценок (использовался для верификации модели), статистические методы анализа данных. Оценка стабильности технологических процессов проводилась согласно принципам ГОСТ Р, ISO 9001. По результатам исследований установлены критические корреляционные связи между периодами онтогенеза, типами циклов органогенеза (завершенный, незавершенный, прерванный) и производственными функциями структурных единиц питомника (маточно-семенной сад, маточные насаждения, школа сеянцев, школа саженцев). Разработан алгоритм оценки стабильности технологического процесса на основе статистического контроля выборочных параметров. Апробация алгоритма на примере школы саженцев черешни выявила отклонение длины привоя от нормативных значений на 13 % (среднее значение 48,19 см при норме 55-65 см), что потребовало корректировки агротехнических мероприятий. Установлено, что качество продукции питомника детерминировано соответствием периода онтогенеза растений их производственному назначению, а ключевым параметром является соотношение побегов с разными типами циклов органогенеза. Доказано, что оптимизация технологических схем на основе предложенной модели позволяет повысить выход стандартного посадочного материала на 25-40 %, а перспективным направлением ее применения является разработка программных решений на основе IoT и AI для предиктивного мониторинга стадий органогенеза в реальном времени и интеграции модели в системы точного земледелия и «цифровых двойников» агропредприятий.

Karajev A.I., Tolstolik L.N.

BIOLOGICAL AND DIGITAL DETERMINANTS OF NURSERY PRODUCT

QUALITY IN THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION

The relevance of the research lies in improving the efficiency and possibility of predicting regulatory and technical indicators of nursery products, which is a key task in the context of import substitution and digitalization of the agro-industrial complex. Existing quality control systems often fail to take into account fundamental biological processes of plant development, which reduces their effectiveness. The aim of the work was to develop and test a conceptual model for managing the quality of nursery products based on the control of ontogenesis stages and plant organogenesis cycles, and to assess the prospects for its integration with digital platforms. The study employed the following methods: systems approach, content analysis (97 scientific publications and industry reports), expert evaluations (used for model verification), statistical data analysis methods. The assessment of technological process stability was conducted according to the principles of GOST R, ISO 9001. The research results revealed critical correlation links between ontogenesis periods, types of organogenesis cycles (completed, incomplete, interrupted), and production functions of nursery structural units (mother-seed orchard, mother plantations, seedling school, sapling school). A technological process stability assessment algorithm was developed based on statistical control of sample parameters. Testing the algorithm using the cherry sapling school example revealed a 13 % deviation of scion length from standard values (average value of 48.19 cm, with the norm being 55-65 cm), which required adjustment of agrotechnical measures. It was established that nursery product quality is determined by the correspondence of the plant ontogenesis period to their production purpose. The key parameter was identified as the ratio of shoots with different types of organogenesis cycles. It was proven that optimizing technological schemes based on the proposed model can increase the yield of standard planting material by 25-40 %. A promising direction for applying the model is the development of software solutions based on IoT and AI for predictive monitoring of organogenesis stages in real-time and integration of the model into precision farming systems and digital twins of agricultural enterprises.

УДК 634.23:631.526.3:631.527

Толстолик Л.Н.

СОСТАВ И ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРОГРАММ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНРЕСУРСОВ ЧЕРЕШНИ, СОЗДАННОЙ МЕЛИТОПОЛЬСКИМИ УЧЕНЫМИ

Актуальность исследований обусловлена необходимостью оценки генетического потенциала коллекции черешни для создания современных конкурентоспособных сортов в условиях усиливающейся аридизации южных регионов. Цель исследований – оценка состава и селекционного потенциала рабочей коллекции генофонда сортов черешни *Cerasus avium* (L.) Moench, создававшейся мелитопольскими селекционерами в течение 95 лет. Исследования проводились в 2006–2022 гг. в насаждениях генофонда, расположенных в северо-западном Приазовье, относящемся к сухой степи, на черноземе южном и темно-каштановых слабосолонцеватых почвах. Изучались морфологические особенности, урожайность, скороплодность, морозо- и зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к болезням, товарные и вкусовые качества плодов согласно методикам сортоизучения плодовых культур. Установлено, что из 131 образца коллекции 121 (92 %) составляют сорта и формы мелитопольской селекции, из которых 42 сорта были в разное время районированы и находились в Государственном реестре. Современные сорта, начало создания которых относится ко времени советской Украины, являются первым и вторым поколением от западноевропейских сортов, при этом наиболее часто в качестве исходных форм использовались сорта 'Дрогана желтая' (материнский) и 'Валерий Чкалов' (отцовский). Формообразовательный процесс преимущественно затронул признаки качества плодов, но практически не коснулся силы роста, характера плодоношения и устойчивости к болезням.

Сформирована признаковая коллекция по 20 признакам качества плодов с 82 уровнями проявления. Средняя урожайность районированных сортов составила от 13,0 до 39,5 кг/дер., масса плода – от 4,5 до 10,1 г, содержание сухих растворимых веществ – от 12,3 до 20,2%. Для эффективного выполнения современных селекционных программ необходимо пополнение коллекции сортами других эколого-географических групп для расширения наследственного разнообразия.

Tolstolik L.N.

COMPOSITION AND SIGNIFICANCE FOR BREEDING PROGRAMS OF THE SWEET CHERRY GENETIC RESOURCES COLLECTION ESTABLISHED BY MELITOPOL SCIENTISTS

The relevance of the research is driven by the need to assess the genetic potential of the sweet cherry collection for the development of modern, competitive cultivars in the context of increasing aridity in the southern regions. The purpose of the research was to evaluate the composition and breeding potential of the working collection of the sweet cherry *Cerasus avium* (L.) Moench gene pool, which has been developed by Melitopol breeders over 95 years. The studies were conducted from 2006 to 2022 in the gene pool plantings located in the north-western Azov region, which belongs to the dry steppe zone, on southern chernozem and dark chestnut slightly saline soils. Morphological features, yield, precocity, frost and winter hardiness, drought tolerance, disease resistance, as well as commercial and fruit quality traits were studied according to the methodologies for fruit crop variety research. It was found that out of 131 accessions in the collection, 121 (92%) are cultivars and forms of Melitopol breeding, of which 42 cultivars were at various times approved for cultivation and listed in the State Register. Modern cultivars, whose development began during the Soviet Ukraine era, represent the first and second generations derived from Western European cultivars, with the most frequently used parental forms being the cultivar 'Drogana Yellow' (maternal) and 'Valeriy Chkalov' (paternal). A trait-specific collection was formed based on 20 fruit quality characteristics with 82 levels of expression. The average yield of the approved cultivars ranged from 13.0 to 39.5 kg/tree, fruit weight from 4.5 to 10.1 g, and soluble solids content from 12.3 to 20.2%. The formative process primarily affected fruit quality traits but had little impact on growth vigor, fruiting pattern, and disease resistance. To effectively implement modern breeding programs, it is necessary to enrich the collection with cultivars from other ecological and geographical groups to broaden the genetic diversity.

УДК 633.11“324”:631.84

Дударев Д.П., Изотов А.М., Тарасенко Б.А., Рогозенко А.В.

КАЧЕСТВО ЗЕРНА ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НЕКОРНЕВОЙ АЗОТНОЙ ПОДКОМКИ И СЕНИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ КРЫМА

Проведенными в течение последних шести лет исследованиями установлено, что применение специальных приемов повышения качества зерна при выращивании твердой озимой пшеницы в условиях Крыма способствует увеличению содержания в нем белка. С повышением дозы некорневой азотной подкормки от 0 до 40 кг/га д.в. закономерно увеличивается содержание белка в зерне твердой озимой пшеницы. Применение сеникации на посевах твердой озимой пшеницы существенно повышает содержание белка в зерне.

Dudarev D.P., Izotov A.M., Tarasenko B.A., Rogozenko A.V.

QUALITY OF DURUM WINTER WHEAT GRAIN WITH THE APPLICATION OF NON-ROOT NITROGEN APPLICATION AND SENICATING IN CRIMEAN CONDITIONS

Research conducted over the past six years has shown that the use of specialized grain quality improvement techniques when growing hard winter wheat in Crimean conditions contributes to

increased protein content. With an increase in foliar nitrogen fertilization rates from 0 to 40 kg/ha of active ingredient, protein content in hard winter wheat grains increases consistently. Using senescence on hard winter wheat crops significantly increases grain protein content.

УДК 631.452:631.6

Ильин А.В., Скляр С.И. Захарчук П.С.

ВЛИЯНИЯ ПОЧВОПОКРОВНЫХ КУЛЬТУР В ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНО-СТЕПНОЙ ЗОНЫ КРЫМА

В современном земледелии важны технологии для сохранения плодородия почв и снижения антропогенной нагрузки. No-till минимизирует эрозию, потерю влаги и нарушение структуры почвы. Покровные культуры в No-till выполняют важные функции: защита от эрозии, регулирование водного режима, обогащение почвы органикой, стимулирование биологической активности, подавление сорняков и структурирование почвы. В предгорно-степной зоне Крыма с умеренно континентальным климатом, засухами, склоновыми ландшафтами и бедными почвами No-till с покровными культурами стабилизирует агрохимические показатели: содержание гумуса, доступность азота, фосфора, калия, кислотность и биологическую активность почвы. Исследования проводились на опытном поле Института «Агротехнологическая академия» ФГА-ОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского». В рамках исследования изучалось влияние трёх факторов: предшественников (А) (чечевица, горчица), биологических фонов (В) (без посевов почвопокровных культур, промежуточный посев почвопокровных культур) и минеральных удобрений (С) (без азотных удобрений, N_{40} , N_{80} , N_{120}). Результаты показали, что использование почвопокровных культур в сочетании с азотными удобрениями (только в дозах N_{80} и N_{120}) при формировании достаточной биологической массы почвопокровных и при многолетнем их выращивании в севообороте может способствовать повышению содержания органического вещества в верхнем слое почвы. Однако долгосрочный эффект этих мероприятий зависит от климатических условий, например, засухи 2024 года. В целом, за три года исследований почвопокровные культуры не оказывали существенного влияния на содержание органического вещества в слоях почвы. Влияние на содержание подвижного фосфора и обменного калия было незначительным при отсутствии специализированных подкормок фосфором и калием.

Ilyin A.V., Sklyar S.I., Zakharchuk P.S.

THE EFFECTIVENESS OF THE INFLUENCE OF GROUND COVER CROPS IN NO-TILL TECHNOLOGY ON THE YIELD OF WINTER WHEAT IN THE FOOTHILL-STEPPE ZONE OF CRIMEA

In modern agriculture, technologies are important to preserve soil fertility and reduce anthropogenic stress. No-till minimizes erosion, moisture loss, and soil structural disturbance. Cover crops in No-till perform important functions: protection from erosion, regulation of the water regime, enrichment of soil with organic matter, stimulation of biological activity, weed suppression and soil structuring. In the foothill-steppe zone of Crimea with a temperate continental climate, droughts, sloping landscapes and poor soils, No-till with cover crops stabilizes agrochemical indicators: humus content, availability of nitrogen, phosphorus, potassium, acidity and biological activity of the soil. The research was conducted on the experimental field of the Institute "Agrotechnological Academy" of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. The study examined the influence of three factors: precursors (A) (lentils, mustard),

biological backgrounds (B) (without groundcover crops, intermediate sowing of groundcover crops) and mineral fertilizers (C) (without nitrogen fertilizers, N_{40} , N_{80} , N_{120}). The results showed that the use of groundcover crops in combination with nitrogen fertilizers (especially in doses of N_{80} and N_{120}) has the potential to increase the humus content in the upper soil layer. However, the long-term effect of these measures depends on climatic conditions, for example, the drought of 2024. The effect on the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium was insignificant in the absence of specialized fertilizers with phosphorus and potassium.

УДК [631:634.232]: 66.024.4

Караев А.И., Одинцова В.А., Радев С.Ю.

МОДЕЛИРУЮЩИЙ АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ДАТ ВЫХОДА ИЗ ПОКОЯ И НАЧАЛА ЦВЕТЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ ЧЕРЕШНИ

Одним из ключевых механизмов адаптации многолетних плодовых культур к холодному времени года является период глубокого покоя, характеризующийся минимальной интенсивностью физиолого-биохимических процессов растения. Это сложное адаптивное состояние обеспечивает устойчивость к экстремально низким температурам и синхронизирует годичный цикл развития с сезонными изменениями климата. Для плодовых деревьев, таких как черешня (*Prunus avium* L.), общепризнанна модель трехфазного покоя. В качестве решения сформулирована гипотеза: существует возможность точного прогнозирования дат выхода деревьев черешни из глубокого покоя и перехода к фазе цветения на основе аккумуляции специфических тепловых констант – CU (Chill Units или ЕО – Единиц Охлаждения) и GDH (Growing Degree Hours или ГЧР – Градусо-Часы Роста). Такой прогноз позволит оптимизировать применение высокоэффективного агроприема – испарительного охлаждения почек. Данный прием, реализуемый методом мелкодисперсного дождевания кроны деревьев, позволяет за счет затрат тепла на испарение воды снижать температуру генеративных почек на 8–10 °С, что обеспечивает задержку цветения до 10 суток [3] и смещает его в период с минимальным риском заморозков. Цель исследований – разработка алгоритма расчета дат выхода деревьев черешни из глубокого покоя и начала цветения для оптимизации проведения поливов испарительного охлаждения почек. Задачи исследований: 1. Установить предельные значения CU и GDH для деревьев черешни сорта Крупноплодная в условиях северо-западного Приазовья. 2. Разработать на основе феноклиматографических моделей моделирующий алгоритм прогнозирования даты выхода деревьев из глубокого покоя по модели CU и прогнозирования даты начала цветения по модели GDH. 3. Провести валидацию разработанного алгоритма на основе фенологических наблюдений дат начала цветения. Выводы 1. Для деревьев черешни сорта Крупноплодная в условиях северо-западного Приазовья установлены предельные значения феноклиматографических констант: 1350 CU – для выхода из глубокого покоя и 4839 GDH – для начала цветения. 2. На основе установленных констант разработан моделирующий алгоритм, который с точностью до 3 дней прогнозирует даты выхода деревьев из глубокого покоя и начала их цветения. 3. Практическая реализация алгоритма позволяет автоматизировать процесс расчета календарных дат начала поливов испарительным охлаждением почек при термальной стадии развития, соответствующей 30% GDH, что обеспечивает задержку цветения деревьев, смещая его в период с минимальной вероятностью весенних заморозков и способствует сохранению потенциальной урожайности черешни. 4. Разработанный алгоритм создает научную основу для устойчивого производства косточковых культур в условиях меняющегося климата и может быть адаптирован для других сортов черешни в различных почвенно-климатических зонах.

Karajev A.I., Odintsova V.A., Radev S. Iu.

**A MODELING ALGORITHM FOR CALCULATING THE DATES OF DORMANCY
BREAK AND THE ONSET OF FLOWERING IN SWEET CHERRY TREES**

One of the key mechanisms of adaptation of perennial fruit crops to the cold season is the period of deep dormancy, characterized by minimal intensity of physiological and biochemical processes of the plant. This complex adaptive state ensures resistance to extremely low temperatures and synchronizes the annual development cycle with seasonal climate changes. A three-phase dormancy model is generally accepted for fruit trees such as sweet cherries (*Prunus avium* L.). As a solution, a hypothesis is formulated: it is possible to accurately predict the release dates of cherry trees from deep dormancy and transition to the flowering phase based on the accumulation of specific thermal constants – CU (Chill Units or EO – Cooling Units) and GDH (Growing Degree Hours or GCR – Degree Hours of Growth). Such a forecast will optimize the use of a highly efficient agricultural technique – evaporative cooling of the kidneys. This technique, implemented by the method of fine sprinkling of tree crowns, makes it possible to reduce the temperature of generative buds by 8-10 °C due to the heat spent on evaporation of water, which ensures a delay in flowering of up to 10 days [3] and shifts it during the period with minimal risk of frost. The purpose of the research is to develop an algorithm for calculating the release dates of cherry trees from deep dormancy and the beginning of flowering to optimize irrigation of evaporative cooling of the buds. Research objectives: 1. To establish the limit values of CU and GDH for cherry trees of the Large-fruited variety in the conditions of the north-western Azov region. 2. To develop, based on phenoclimatographic models, a modeling algorithm for predicting the date of trees coming out of deep dormancy using the CU model and predicting the date of the beginning of flowering using the GDH model. 3. To validate the developed algorithm based on phenological observations of the dates of the beginning of flowering. Conclusions 1. Limit values of phenoclimatographic constants have been established for cherry trees of the Large-fruited variety in the conditions of the northwestern Azov region: 1350 CU – for emerging from deep dormancy and 4839 GDH – for the beginning of flowering. 2. Based on the established constants, a modeling algorithm has been developed that predicts the dates when trees come out of deep dormancy and begin to bloom with an accuracy of 3 days. 3. The practical implementation of the algorithm makes it possible to automate the process of calculating calendar dates for the start of watering by evaporative cooling of the buds at a thermal stage of development corresponding to 30% GDH, which delays the flowering of trees, shifting it to a period with a minimum probability of spring frosts and helps preserve the potential yield of sweet cherries. 4. The developed algorithm creates a scientific basis for the sustainable production of stone fruit crops in a changing climate and can be adapted for other varieties of sweet cherries in different soil and climatic zones.

УДК 633.11,,324”:631.84

Горбунова Е.В., Шатова М.В., Горбунов В.Р.

**ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИ-
МОЙ ПШЕНИЦЫ В КФХ «КОРОСТИНСКИЙ» ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Озимая пшеница играет ключевую роль в сельском хозяйстве Херсонской области, составляя половину всех зерновых культур. Однако климатические колебания в южной степной зоне негативно влияют на урожайность и качество зерна. Для повышения устойчивости и продуктивности требуются современные агротехнологии, включая новейшие сорта и удобрения. Средний уровень урожайности высок, но подвержен значительным колебаниям. Необходимы адаптационные меры для стабилизации производства. Аридизация уменьшает эффективность традиционных методов выращивания, что требует разработки новых подходов для поддержа-

ния агроэкосистемы и экономической эффективности. Особое внимание уделяется азотным удобрениям, которые улучшают качество зерна. В 2023–2024 годах были проведены полевые исследования на участке крестьянско-фермерского хозяйства «Коростинский» (юго-восточная часть Херсонской области, вблизи Новопокровки) по методике Б.А. Доспехова. Исследовалось влияние различных доз азотных удобрений (0, 40, 60, 80 кг/га) на урожайность и качество зерна сортов Кубань, Кольчуга и Арена. На основе проведенного исследования рекомендуется для КФХ «Коростинский» применять дозу азотного удобрения в пределах 40–60 кг действующего вещества на гектар. Внесение N60 обеспечивает оптимальное сочетание высокой урожайности, качественных характеристик зерна и экономической эффективности. Это позволит хозяйству достичь максимальной прибыли и стабильных результатов при выращивании исследованных сортов озимой пшеницы.

Gorbunova E.V., Shatova M.V., Gorbunov V.R.

THE EFFECT OF NITROGEN FERTILIZERS ON THE YIELD AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT VARIETIES IN THE FARM "KOROSTINSKY" OF THE KHERSON REGION

Winter wheat plays a key role in the agriculture of the Kherson region, accounting for half of all grain crops. However, climatic fluctuations in the southern steppe zone negatively affect grain yields and quality. Modern agricultural technologies, including the latest varieties and fertilizers, are required to increase sustainability and productivity. The average yield level is high, but it is subject to significant fluctuations. Adaptation measures are needed to stabilize production. Aridization reduces the effectiveness of traditional cultivation methods, which requires the development of new approaches to maintain the agroecosystem and economic efficiency. Special attention is paid to nitrogen fertilizers, which improve grain quality. In 2023–2024, field studies were conducted on the site of the Korostinsky peasant farm (southeastern part of the Kherson region, near Novopokrovka) using the methodology of B.A. Dospikhov. The effect of various doses of nitrogen fertilizers (0, 40, 60, 80 kg/ha) on the yield and quality of grain varieties Kuban, Kolchuga and Arena was studied. Based on the conducted research, it is recommended for the Korostinsky farm to apply a dose of nitrogen fertilizer in the range of 40–60 kg of active substance per hectare. The application of N60 provides an optimal combination of high yields, grain quality characteristics and economic efficiency. This will allow the farm to achieve maximum profit and stable results when growing the studied varieties of winter wheat.

УДК 633.31/37: 631.527

Кибальник О.П., Старчак В.И.

ПОИСК ДОНОРОВ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЧИНЫ ПОСЕВНОЙ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОРТОВ С ВЫСОКИМ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Результативность селекционных программ в значительной степени зависит от использования генотипического разнообразия культуры по комплексу морфометрических признаков, биохимическим показателям, продуктивности и элементам ее структуры. Поиск доноров хозяйственно-ценных признаков связан с обработкой большого массива данных и селекционеры прибегают к методам многомерной статистики, в том числе кластерному анализу по минимуму Евклидовых расстояний, который широко апробирован на многих сельскохозяйственных культурах, в том числе и зернобобовых. В наших исследованиях за 2022–2023 гг. кластерный анализ на 21 шаге итерации позволил сгруппировать сортообразцы (всего 81) в 21 кластер, включающие следующее их распределение: 1 – 13; 2 – 16; 3 – 12; 4 и 6 – по 4; 5 и 7 – по 3; 8 – 6; 9, 11, 12, 14, 16, 17, 18 – по 2; 10, 13, 15, 19, 20, 21 – по 1 сортообразцу. Для практической селекции целе-

сообразны сортообразцы 14 и 16 кластеров с оптимальной высотой при созревании (72,1-85,6 см) и прикрепления нижнего боба (21,6-23,3 см), но формирующие среднюю урожайность семян (1,90-2,34 т/га) с высоким содержанием в них белка (28,30-29,10%) - к-35; к-834, к-278; к-1168. Вместе с тем, добавление новых коллекционных сортообразцов чины посевной в 2025 г. в комплексе также позволило выявить ряд перспективных сортообразцов (всего 14). Из них установлены наиболее ценные коллекционные сортообразцы, сочетающие предъявляемые параметры комплекса селекционных признаков – к-12, к-418, к-745, к-790, к-1224, к-1434, к-1514, к-1868 и сорта Елена, Жемчужина. Для создания новых устойчиво вызревающих сортов в условиях Саратовской области предлагается использовать сортообразцы с укороченными межфазными периодами - к-12, к-418, к-745, к-781, к-1434, к-1514, к-1868, Елена, Жемчужина; технологичных - наиболее высокорослые сортообразцы к-12, к-790, к-1514, к-1224, к-1388 и с оптимальной высотой прикрепления нижнего боба - Мраморная, Елена, к-12, к-790, к-1194, к-1434, к-1514, к-1868, к-1224, к-1321.

Kibalnik O.P., Starchak V.I.

SEARCH FOR DONORS OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS OF CHINA SEED ON THE BASIS OF CLUSTER ANALYSIS FOR CREATING VARIETIES WITH HIGH QUALITY OF PRODUCTS

The effectiveness of breeding programs largely depends on the use of the crop's genotypic diversity in terms of a set of morphometric traits, biochemical indicators, productivity, and elements of its structure. The search for donors of economically valuable traits involves processing a large amount of data, and breeders use multivariate statistical methods, including cluster analysis based on the minimum Euclidean distance, which has been widely tested on various agricultural crops, including legumes. In our research conducted in 2022-2023, cluster analysis at the 21st iteration step allowed us to group the variety samples (81 in total) into 21 clusters, including the following distribution: 1 – 13 ; 2 – 16; 3 – 12; 4 and 6 – by 4; 5 and 7 – by 3; 8 – 6; 9, 11, 12, 14, 16, 17, 18 – by 2; 10, 13, 15, 19, 20, 21 – according to the 1st sample. For practical breeding, it is advisable to use 14 and 16 clusters with optimal height at maturity (72.1-85.6 cm) and attachment of the lower bean (21.6-23.3 cm), but with an average seed yield (1.90-2.34 t/ha) and high protein content (28.30-29.10%) - k-35; k-834, k-278; k-1168. At the same time, the addition of new collection varieties of *Lathyrus sativus* in 2025 also allowed for the identification of a number of promising varieties (a total of 14). Among them, the most valuable collection varieties were identified, combining the required parameters of the complex of breeding traits: k-12, k-418, k-745, k-790, k-1224, k-1434, k-1514, k-1868, and the varieties Elena and Zhemchuzhina. To create new sustainably maturing varieties in the conditions of the Saratov region, it is proposed to use cultivars with shortened interphase periods - k-12, k-418, k-745, k-781, k-1434, k-1514, k-1868, Elena, Zhemchuzhina; technological – the tallest cultivars k-12, k-790, k-1514, k-1224, k-1388 and with the optimal attachment height of the lower bean – Mramornaya, Elena, k-12, k-790, k-1194, k-1434, k-1514, k-1868, k-1224, k-1321.

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК. 631.352

Красовский В.В., Трофимов И.М., Завалий А.А.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА РОТАЦИОННО-НОЖЕВОГО ТИПА ДЛЯ ОБРЕЗКИ МНОГОЛЕТНИХ РАСТЕНИЙ

В современных условиях интенсивного садоводства и виноградарства особую актуаль-

ность приобретает разработка энергоэффективных и высокопроизводительных машин для обрезки многолетних насаждений. В данной статье представлены результаты комплексного исследования конструкции ротационно-ножевого режущего аппарата, направленного на решение ключевых проблем существующих технологий обрезки - высокого энергопотребления, низкого качества среза и быстрого износа инструмента. Методология исследования включала три взаимодополняющих подхода. Теоретический анализ базировался на кинематическом исследовании процесса резания с учетом эффекта "протяжки", что позволило установить зависимость между геометрическими параметрами инструмента и усилием резания. Численное моделирование выполнялось в среде COMSOL Multiphysics с построением трехмерной модели системы "нож-ветка", учитывающей анизотропные свойства древесины и особенности контактного взаимодействия. Экспериментальная часть включала верификацию теоретических моделей и оценку качества среза в реальных условиях. Ключевым результатом исследования стало установление квадратичной зависимости между углом заточки лезвия и возникающими напряжениями: $\sigma_{max} = 175000\beta^2 - 2 \times 10^7\beta + 5 \times 10^8$ Па, где β - угол заточки. Высокий коэффициент детерминации ($R^2=0.9998$) подтвердил адекватность полученной модели. Анализ этой зависимости позволил определить оптимальный диапазон углов заточки 30-35°, обеспечивающий баланс между качеством среза и долговечностью инструмента. Особое внимание в работе уделено анализу напряженно-деформированного состояния режущего инструмента. Установлено, что максимальные напряжения концентрируются на передней поверхности ножа вблизи режущей кромки, достигая значений 3.4×10^8 Па при угле заточки 10°. Разница напряжений на передней и задней поверхностях составляет 25-30%, что объясняет риск деформации инструмента при использовании малых углов заточки. Предложенная конструкция режущего аппарата, сочетающая криволинейные ножи с углом заточки 30-35°, шарнирное подпружиненное крепление и эффект "протяжки", продемонстрировала следующие преимущества: - снижение усилия резания на 35-40% по сравнению с традиционными конструкциями; - уменьшение энергопотребления агрегата на 25-30%; - повышение ресурса инструмента в 1.5-2 раза; - улучшение качества среза (ровная поверхность без рваных краев и трещин). Важным практическим результатом работы стали конкретные рекомендации по проектированию режущих органов: - использование углов заточки в диапазоне 30-40°; - применение криволинейного профиля режущей кромки; - обязательное шарнирное крепление ножей с пружинным натяжителем; - обеспечение скорости скольжения не менее 15° относительно направления резания. Полученные результаты имеют значительную практическую ценность для сельскохозяйственного машиностроения. Разработанные решения могут быть использованы как для модернизации существующих обрезочных машин, так и для создания новых энергоэффективных агрегатов. Особый интерес представляет возможность адаптации предложенной конструкции для различных видов плодовых культур с учетом их биологических особенностей. Проведенное исследование вносит значительный вклад в развитие теории резания растительных материалов и создает научную основу для проектирования нового поколения сельскохозяйственных машин для ухода за многолетними насаждениями.

Krasovsky V.V., Trofimov I.M., Zavaliy A.A.

THEORETICAL ANALYSIS OF A ROTARY KNIFE TYPE CUTTING TOOL FOR PRUNING PERENNIAL PLANTS

In modern conditions of intensive horticulture and viticulture, the development of energy-efficient and high-performance machines for pruning perennial plants is of particular relevance. This article presents the results of a comprehensive study of the design of a rotary knife cutting machine aimed at solving the key problems of existing cutting technologies - high energy consumption, poor cutting

quality and rapid tool wear. The research methodology included three complementary approaches. The theoretical analysis was based on a kinematic study of the cutting process, taking into account the "broaching" effect, which made it possible to establish a relationship between the geometric parameters of the tool and the cutting force. Numerical modeling was performed in the COMSOL Multiphysics environment with the construction of a three-dimensional model of the knife-branch system, which takes into account the anisotropic properties of wood and the features of contact interaction. The experimental part included verification of theoretical models and assessment of the quality of the slice in real conditions. The key result of the study was the establishment of a quadratic relationship between the angle of sharpening of the blade and the resulting stresses: $\sigma_{\max} = 175000\beta^2 - 2 \times 10^7\beta + 5 \times 10^8$ Pa, where β is the angle of sharpening. The high coefficient of determination ($R^2=0.9998$) confirmed the adequacy of the obtained model. The analysis of this dependence allowed us to determine the optimal range of sharpening angles of 30-35°, providing a balance between the quality of the cut and the durability of the tool. Special attention is paid to the analysis of the stress-strain state of the cutting tool. It was found that the maximum stresses are concentrated on the front surface of the knife near the cutting edge, reaching values of 3.4×10^8 Pa at a sharpening angle of 10°. The stress difference on the front and back surfaces is 25-30%, which explains the risk of tool deformation when using small sharpening angles. The proposed cutting machine design, combining curved knives with a sharpening angle of 30-35°, a spring-loaded hinge and a "broaching" effect, demonstrated the following advantages: - reduction of cutting force by 35-40% compared to traditional designs; - reduction of the unit's energy consumption by 25-30%; - increase in tool life by 1.5-2 times; - improved cut quality (smooth surface without jagged edges and cracks). An important practical result of the work was specific recommendations on the design of cutting organs. – use of sharpening angles in the range of 30-40°; – the use of a curved cutting edge profile; – mandatory hinged fastening of knives with a spring tensioner; – ensuring a sliding speed of at least 15° relative to the cutting direction. The results obtained have significant practical value for agricultural engineering. The developed solutions can be used both to modernize existing pruning machines and to create new energy-efficient units. Of particular interest is the possibility of adapting the proposed design for various types of fruit crops, taking into account their biological characteristics. The conducted research makes a significant contribution to the development of the theory of cutting plant materials and creates a scientific basis for designing a new generation of agricultural machines for the care of perennial plants.

УДК 631.361.6

Завалий А.А., Воложанинов С.С., Шиян О.В., Волобуев Д.Д.

РАСЧЁТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА СЕМЯН В ТЕЛЕ ШИШКИ ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Расчётное исследование нагрева семян в теле шишки инфракрасным излучением

Проведено расчётное исследования нагрева семян в теле шишки инфракрасным излучением с целью определения диапазонов режимных параметров работы устройства циклического импульсного нагрева шишек. Режимными параметрами процесса сушки являлись тепловая мощность источника инфракрасного излучения, скорость движения поддона с шишками и скважность действия теплового излучения на поверхность шишек. Скважность теплового действия в сочетании со скоростью движения поддона и шириной инфракрасного излучателя дали возможность определить конструктивные параметры устройства – длину поддона и, соответственно, длину перемещения поддона под излучателем. Инструментом расчётного анализа нагрева семян в теле шишки инфракрасным излучением служила CFD программа теплового и газодинамического анализа ANSYS Fluent. В результате расчётного исследования установлено, что для реали-

зации обработки поверхности шишек тепловым потоком инфракрасного излучения в устройстве циклического импульсного нагрева шишек, в котором ширина поддона составляет 1000 мм, диапазонами режимных параметров являются: - тепловая мощность источника инфракрасного излучения: 800 – 1000 Вт; - скважность действия теплового излучения на поверхность шишек: не более 10 %; - скорость движения поддона с шишками на качество обработки шишек не влияет.

Zavaly A.A., Volozhaninov S.S., Shiyan O.V., Volobuev D.D

COMPUTATIONAL STUDY OF THE HEATING OF SEEDS IN THE BODY OF A CONE BY INFRARED RADIATION

Computational study of the heating of seeds in the body of a cone by infrared radiation. Calculated studies of heating of seeds in the body of cones by infrared radiation were carried out in order to determine the ranges of operating parameters of a device for cyclic pulse heating of cones. The operating parameters of the drying process were the thermal power of the infrared radiation source, the speed of movement of the pallet with cones, and the range of action of thermal radiation on the surface of the cones. The range of thermal action combined with the speed of movement of the pallet and the width of the infrared radiator made it possible to determine the design parameters of the device – the length of the pallet and, accordingly, the length of movement of the pallet under the radiator. The CFD program for thermal and gas dynamic analysis of ANSYS Fluent served as a tool for computational analysis of the heating of seeds in the body of a cone by infrared radiation. As a result of the computational study, it was found that for the implementation of the surface treatment of cones with a thermal flow of infrared radiation in a device for cyclic pulse heating of cones, in which the pan width is 1000 mm, the operating parameter ranges are: - thermal power of the infrared radiation source: 800-1000 watts; - the range of action of thermal radiation on the surface of cones: no more than 10 %; - the speed of movement of the pallet with cones does not affect the quality of processing cones.

УДК 631.316.02

Бабицкий Л.Ф., Кратюк Д.В. Мищук С.А.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕРХНЕУСТАНОВЛЕННЫХ НАРАЛЬНИКОВ НА УПРУГИХ ГРАБЛИНАХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КУЛЬТИВАТОРОВ

Рыхление поверхностного слоя почвы в процессе возделывания сельскохозяйственных культур актуальная и важная задача. От получаемой плотности почвы после поверхностной обработки зависит качество всходов и количество урожая сельскохозяйственной культуры. Поэтому на основе анализа работы существующих конструкций рабочих органов культиваторов для поверхностной обработки почвы возникает необходимость повышения качества рыхления верхнего слоя почвы и вычесывания подрезанных сорняков для получения мелкокомковатой структуры. Обоснована конструкция рабочего органа культиватора с верхнеустановленными рыхлительными упругими граблями с наральниками, использование которых дает возможность получения мелкокомковатого слоя почвы в процессе выполнения предпосевной культивации. Приведено теоретическое обоснование параметров, предложенных верхнеустановленных рыхлительных упругих граблей с наральниками. Получены теоретические зависимости по определению оптимального количества упругих рыхлителей с наральниками, их ширины и шага расстановки с учетом оптимального значения коэффициента расстановки.

Babitsky L.F., Kratyuk D.V., Mishchuk S.A.

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF UPPER-MOUNTED ROCKERS WITH ELASTIC TINE RAKE BARS ON CULTIVATOR WORKING UNITS

Loosening the surface soil layer during agricultural cultivation is a pressing and important task. The quality of seedlings and the yield of agricultural crops depend on the resulting soil density after surface tillage. Therefore, an analysis of existing cultivator designs for surface tillage has led to the need to improve the quality of topsoil loosening and weed removal to achieve a fine-grained soil structure. This paper substantiates the design of a cultivator with top-mounted elastic loosening rakes with tips, the use of which enables the production of a fine-grained soil layer during pre-sowing cultivation. A theoretical justification for the parameters of the proposed top-mounted elastic loosening rakes with tips is presented. Theoretical relationships are derived for determining the optimal number of elastic rakes with tips, their width, and spacing, taking into account the optimal spacing coefficient.

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 636.7.09:591.4:616.36-073.43

Артамин А.П., Лемещенко В.В.

ДИНАМИКА ЭХОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕЧЕНИ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗИ У ПОЛОВОЗРЕЛЫХ СОБАК

Печень является одним из крупнейших жизнеобеспечивающих органов у млекопитающих, в том числе у собак, выполняющим множество жизненно необходимых функций, включая активное участие в метаболизме. Цель исследований – определить динамику ультразвуковой морфологии печени у половозрелых собак. Исследовали эхоморфологию печени у половозрелых собак с использованием УЗ-аппарата "AcuVista VT98с" (конвексный датчик R 60, 2,5-5 МГц). Животных разделили на 3 группы: ранний (8 мес.–1,5 года), средний (2,5–5 лет) и поздний (более 8 лет) половозрелый возраст. Установили, что на сонограммах печень визуализируется как средней эхогенности сектор с округлым основанием, противоположащим точке приложения датчика. Основание сектора ультразвукового изображения печени сформировано линией диафрагмы: тонкой, неустойчивой полосой повышенной эхогенности, образующейся при контакте органа с диафрагмой. Динамика эхоморфометрических показателей печени и статей тела собак указывает на линейное увеличение последних на фоне возрастания линейных параметров печени (максимальная толщина печени до $117,25 \pm 20,75$ мм и максимальная ширина органа – до $179,5 \pm 56,5$ мм) к среднему половозрелому возрасту со снижением в последующем при формировании стойких сильных корреляций ($r=0,76-0,99$). Таким образом, топография и эхоморфология печени у собак в течении половозрелого этапа постнатального периода онтогенеза сходна. Междольевые вырезки и желчный пузырь выявлялись чаще и более отчётливо у животных старшего и в меньшей степени среднего половозрелого возраста нежели у собак раннего половозрелого возраста. Эхоморфометрические параметры печени у животных всех возрастных групп демонстрируют значительную вариабельность. Показатели максимальной толщины печени и обхвата груди за лопатками, а также максимальной толщины печени и живой массы животных значительно коррелировали у животных всех возрастных групп, в то время как значения максимальной толщины печени и косой длинны туловища – только у собак среднего и старшего половозрелого возраста.

Artamin A.P., Lemeshchenko V.V.

DYNAMICS OF LIVER ECHOMORPHOLOGICAL PARAMETERS AND THEIR INTERRELATIONS IN ADULT DOGS

The liver is one of the largest vital organs in mammals, including dogs, performing numerous

essential functions, including active participation in metabolism. The aim of this study was to determine the dynamics of ultrasound-based liver morphology in sexually mature dogs. The echomorphology of the liver was examined in sexually mature dogs using an "AcuVista VT98c" ultrasound machine (convex probe R 60, 2.5–5 MHz). The animals were divided into three groups: early (8 months–1.5 years), middle (2.5–5 years), and late (over 8 years) sexual maturity. On sonograms, the liver was visualized as a moderately echogenic sector with a rounded base opposite the transducer's application point. The base of the liver's ultrasound image was formed by the diaphragm line - a thin, unstable hyperechoic band resulting from the organ's contact with the diaphragm. The dynamics of liver echomorphometric parameters and body measurements indicated a linear increase in the latter alongside the growth of liver dimensions (maximum liver thickness up to 117.25 ± 20.75 mm and maximum liver width up to 179.5 ± 56.5 mm) by middle sexual maturity, followed by a subsequent decline, with the formation of strong, stable correlations ($r = 0.76-0.99$). Thus, the topography and echomorphology of the liver in dogs remain consistent throughout the sexually mature stage of postnatal ontogeny. Interlobar fissures and the gallbladder were detected more frequently and distinctly in older and, to a lesser extent, middle-aged adult dogs compared to those in the early sexually mature stage. Echomorphometric liver parameters exhibited significant variability across all age groups. The maximum liver thickness and chest circumference behind the shoulders, as well as maximum liver thickness and body weight, showed significant correlations in all age groups. Meanwhile, the maximum liver thickness and oblique body length correlated only in middle-aged and older adult dogs.

УДК 619:616.995:636.4

Лукьянов Р.Ю., Лукьянова Г.А., Лукьянов М.Р.

КОРРЕКЦИЯ ПОСТТРАПЕВТИЧЕСКОЙ ИММУНОСУПРЕССИИ ПРИ ТЕРАПИИ АССОЦИАТИВНОЙ БРОНХОПНЕВМОНИИ У ЯГНЯТ

Использование метилурацила в стандартной терапии (антибиотик энроксил+антгельминтик ивермек) при лечении ягнят с ассоциативной бронхопневмонией дало не только более выраженный клинический эффект, но и обеспечило устойчивую защиту от повторного заражения. Хотя уже к 15-м суткам после лечения личинки диктиокаул не выявляли в фекалиях у всех животных, лишь в группе, где использовали иммуномодулятор этот результат сохранился до конца наблюдений – 120 суток. В контроле почти каждый четвёртый ягнёнок вновь оказался инвазирован гельминтами, что указывает на хрупкость выздоровления без поддержки иммунитета. Ростовые показатели также отразили преимущество комбинированного подхода: прирост живой массы в опытной группе был на четверть выше, чем в контрольной, и статистически достоверен. Иммунологически – картина была ещё более показательной: у ягнят, получавших метилурацил, быстрее нормализовались показатели гуморального ответа – содержание общего белка в крови выросло до уровня физиологической нормы, снизился уровень циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови, восстановились бактерицидная и фагоцитарная активность сыворотки. Эти изменения свидетельствуют о глубокой перестройке гуморального ответа – не просто подавлении симптомов, а восстановлении функционального баланса. Без иммуномодулятора организм не справлялся с последствиями терапии: иммунитет восстанавливался медленно, оставляя животных уязвимыми к повторному заражению. Метилурацил компенсировал иммуносупрессивное действие антгельминтика, что позволило на протяжении 4-х месяцев избежать повторного инвазирования ягнят диктиокаулами. Таким образом применение комплексной схемы лечения ассоциативной бронхопневмонии (ивермек с энроксилом в комбинации с метилурацилом) ускоряет нормализацию в организме ягнят гуморальных показателей иммунитета - уровня общего белка в сыворотке крови, БАСК, концентрации ЦИК и профилактирует их повторное

заражение личинками *Dictyocaulus filaria*.

Lukianov R.Y., Lukianova G.A., Lukianov M.R.

CORRECTION OF POSTTHERAPEUTIC IMMUNOSUPPRESSION IN THE TREATMENT OF ASSOCIATIVE BRONCHOPNEUMONIA IN LAMBS

The use of methyluracil in standard therapy (the antibiotic enroxil and the anthelmintic ivermectin) in lambs with associative bronchopneumonia not only yielded a more pronounced clinical effect but also ensured sustained protection against reinfection. Although by the 15th day after treatment, *Dictyocaulus* larvae were no longer detected in the feces of all animals, only in the group receiving the immunomodulator did this result persist until the end of the observation period (120 days). In the control group, almost one in four lambs was reinfested with helminths, indicating the fragility of recovery without immune support. Growth indicators also reflected the advantage of the combined approach: live weight gain in the experimental group was a quarter higher than in the control group, and was statistically significant. Immunologically, the picture was even more revealing: lambs treated with methyluracil experienced a more rapid normalization of humoral response parameters: total blood protein levels increased to physiological norms, circulating immune complex levels in the serum decreased, and serum bactericidal and phagocytic activity was restored. These changes indicate a profound restructuring of the humoral response—not simply symptom suppression, but the restoration of functional balance. Without the immunomodulator, the body was unable to cope with the effects of therapy: immunity recovered slowly, leaving the animals vulnerable to reinfection. Methyluracil offset the immunosuppressive effect of the anthelmintic, preventing reinfestation of the lambs with *dictyocauli* for four months. Thus, the use of a complex treatment regimen for associative bronchopneumonia (ivermectin with enroxil in combination with methyluracil) accelerates the normalization of humoral immunity indicators in the body of lambs - the level of total protein in the blood serum, BASK, the concentration of CIC and prevents their re-infection with *Dictyocaulus filaria* larvae.

УДК 619: [616.34-002:636.7]

Лизогуб М.Л., Куевда Н.Н.

РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГАСТРОЭНТЕРИТА У СОБАК

Гастроэнтерит собак в настоящее время является одной из самых распространенных клинических проблем в практике. Заболевание имеет полиэтиологическую природу. Особую опасность для практики представляют животные с инфекционными его формами, возбудителями которых являются парво- и коронавирусы. Несмотря на существующие схемы вакцинации животные часто заболевают, особенно в молодом возрасте. Своевременная диагностика инфекционной природы часто запаздывает. Поэтому целью нашей работы было изучить клинико-гематологические изменения при гастроэнтерите у собак инфекционной этиологии. Исследования животных проводили при амбулаторном приеме в условиях ветеринарной клиники. Клиническое обследование животных выполняли по обще принятой схеме. Лабораторные исследования крови выполняли на автоматических анализаторах (гематологическом и биохимическом). Дополнительно микроскопированием выводили лейкоформулу. При анализе клинического статуса и по сведениям анамнеза установили, что основным симптомом у всех собак является понос, который часто имеет характер профузного с примесью слизи и крови. Анорексия различной степени устанавливали у 85% животных. Рвота разной тяжести выявлялась в 40% случаев, лихорадка – у 33,3% животных. При лабораторных исследованиях крови у 26,6% собак устанавливали признаки дегидратации (увеличение эритроцитов и, как следствие, гематокритной величины).

Изменения лейкоцитов были неодинаковы. У 33,3% собак наблюдали нейтрофильный лейкоцитоз со смещением ядра влево, а у 25% животных – лейкопению, которая сопровождалась лимфопенией (13,3%). Кроме этого, у 46,6% собак устанавливали тромбоцитоз, что характерно для вирусной инфекции. результаты биохимических исследований плазмы крови позволяют утверждать, что гастроэнтерит у собак сопровождается повышением функциональной нагрузки на печень. Это сопровождается увеличением активности мезенхимальных ферментов (АСТ и АЛТ), а также общего и прямого билирубина. Функция желчевыведения при этом практически не нарушается (активность GGT была нормальной у всех собак - $5,2 \pm 0,89$ U/l).

Lizogub M.L., Kuevda N.N.

RESULTS OF CLINICAL AND BIOCHEMICAL STUDIES OF GASTROENTERITIS IN DOGS

Canine gastroenteritis is currently one of the most common clinical problems in practice. the disease is of a polyetiological nature. Of particular danger to practice are animals with its infectious forms, the causative agents of which are steam and coronaviruses. Despite existing vaccination schemes, animals often get sick, especially at a young age. Timely diagnosis of an infectious nature is often late. Therefore, the purpose of our work was to study clinical and hematological changes in gastroenteritis in dogs of infectious etiology. Studies of animals were carried out on an outpatient basis in a veterinary clinic. Clinical examination of animals was performed according to the generally accepted scheme. Laboratory blood tests were performed on automatic analyzers (hematological and biochemical). Additionally, a leukoformule was removed by microscopy. When analyzing the clinical status and according to the history, it was found that the main symptom in all dogs is diarrhea, which often has a profuse character with impurities of mucus and blood. Anorexia of varying degrees was established in 85% of animals. Vomiting of varying severity was detected in 40% of cases, fever - in 33.3% of animals. In laboratory blood tests, 26.6% of dogs showed signs of dehydration (an increase in RBC and, as a result, PCV). WBC changes were not the same. In 33.3% of dogs, neutrophilic leukocytosis was observed with a shift of the nucleus to the left, and in 25% of animals - leukopenia, which was accompanied by lymphopenia (13.3%). In addition, 46.6% of dogs had thrombocytosis, which is characteristic of a viral infection. Results of biochemical studies of blood plasma suggest that gastroenteritis in dogs is accompanied by an increase in the functional load on the liver. This is accompanied by an increase in the activity of mesenchymal enzymes (AST and ALT), as well as total and direct bilirubin. In this case, the biliary function is practically not impaired (GGT activity was normal in all dogs - 5.2 ± 0.89 U/l).

Ответственный секретарь — Е.В. Горбунова
Техническое редактирование и верстка — О.Е. Дубровина
Перевод — О.А. Клиценко

Подписано в печать 28.10.2025. Формат 70х100/16. Заказ №
Усл. печ. л. 20,88. Тираж 500 экз.
Подписной индекс объединенного каталога «Пресса России» 64972.
Цена 467 руб. Дата выхода в свет

Редакция: Институт «Агротехнологическая академия»
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
295492, г. Симферополь, п. Аграрное
Тел.: +7 (3652) 26-35-21. E-mail: tauridatas@mail.ru; <https://ata.cfuv.ru/>

Отпечатано в Издательском доме
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7

**Ответственность за точность приведенных данных, фактов, цитат и
другой информации несут авторы опубликованных материалов**