



ИЗВЕСТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ ТАВРИДЫ

**TRANSACTIONS OF TAURIDA
AGRICULTURAL SCIENCE**

№41 (204) 2025

№ 41(204), 2025

№ 41 (204), 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.

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

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

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

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

Кокovichин 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

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

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

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

Содержание

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Зеленский Г.Л., Назаренко Л. В. Семенная продуктивность и адаптивность сортов озимой пшеницы в зависимости от нормы высева	6
Шеуджен А.Х., Марченко Д.К. Рост, развитие и фотосинтетическая деятельность посевов кукурузы в зависимости от подкормок комплексными удобрениями при выращивании в условиях центральной зоны Краснодарского края	21
Василько В.П., Егоян Е.В. Влияние агротехнических приёмов на водопотребление и качество корнеплодов сахарной свёклы при выращивании в низинно-западинном агроландшафте западного Предкавказья	36
Макаренко А. А., Коковихин С. В., Логойда Т. В. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций в условиях Краснодарского края	56
Адамень Ф. Ф., Коковихин С. В., Сташкина А. Ф. Динамика плотности сложения темно-каштановой почвы в зависимости от системы основной обработки при выращивании озимых и яровых культур в орошаемом севообороте	78
Салтыков А.Н., Роговой В.И., Ерёмченко А.И. Особенности естественного возобновления и пространственная структура подроста можжевельника дельтовидного (<i>Juniperus deltoides</i> R.P. Adams) и сосны крымской (<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold subsp. <i>Pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe в условиях Бахчисарайского внутреннекуэстового лесного ландшафта Крымского предгорья	99

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Завалий А.А., Рутенко В.С., Шиян О.В., Высоцкая Н.Д. Система автоматизированного проектирования и инженерного анализа шестерённых насосов сельскохозяйственных машин	114
Ажермачев С.Г., Высоцкая Н.Д., Решетник А.А. Оптимизация параметров конструктивных решений вращающихся валов в агрегатах агропромышленного комплекса, направленная на исключение возможности появления аварийных ситуаций при наступлении резонанса	126
Бабицкий Л.Ф., Османов Э.Ш. Бионический подход к созданию устройств биологического метода борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений	134
Гербер Ю.Б., Красовский В.В. Оптимизация параметров малогабаритного измельчителя растительных материалов с использованием регрессионного моделирования	141
Воложанинов С.С., Завалий А.А., Ржевская В.С., Воложанинова Н.В., Волобуев Д.Д. Экспериментальное исследование влияния нагрева массива почвы сверхвысокочастотным излучением на количество микроорганизмов	153

ВЕТЕРИНАРИЯ

Лизогуб М.Л., Ксенофонтова Е.С. Факторы формирования колострального иммунитета	168
Плахотнюк Е.В. Диагностика и профилактика иммунодефицита новорожденных телят	177
Куевда Е.Н., Решетова А.Р. Анализ стратегии лечения уремического синдрома у кошек вследствие мочекаменной болезни	184
Макаревич Н.А. Инфекционный ларинготрахеобронхит у собак. Симптоматика. Комплексное лечение	191
Кораблева Т.Р., Сенчук И.В., Федотовская Н.Ю. Применение фитопробиотических препаратов при эндометрите с целью раскрытия генетического потенциала у коров	200
Рефераты	211

Contents

AGRONOMY AND FORESTRY

Zelensky G.L., Nazarenko L.V. Seed productivity and adaptability of winter wheat varieties depending on the seeding rate	6
Sheudzhen A.H., Marchenko D.K. Growth, development and photosynthetic activity of corn crops depending on complex fertilizer supplementation during cultivation in the conditions of the central zone of Krasnodar region	21
Vasilko V.P., Egoyan V.E. Influence of agrotechnical practices on water consumption and quality of sugar beet root crops when cultivated in the low-western agrolandscape of the western Circumcaucasus.....	36
Makarenko A. A., Kokovikhin S. V., Logoyda T. V. Productivity of corn hybrids depending on herbicides, sowing time and the number of interrow cultivations in the conditions of Krasnodar region	56
Adamen F. F., Kokovikhin S. V., Stashkina A. F. Dynamics of the density of dark chestnut soil depending on the system of primary cultivation in the cultivation of winter and spring crops in irrigated crop rotation	78
Saltykov A.N., Rogovoy V.I., Eremenko A.I. Features of natural reproduction and spatial structure of undergrowth of deltoides juniper (<i>Juniperus deltoides</i> R.P. Adams) and Crimean pine <i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold subsp. <i>Pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe in the conditions of the Bakhchisaraisky vnutrennechestovyy forest landscape of the Crimean foothills	99

AGRO-INDUSTRIAL ENGINEERING

Zavaliy A.A., Rutenko V.S., Shiyan O.V., Vysotskaya N.D. System of computer-aided design and engineering analysis of gear pumps of agricultural machines	114
Azhernachev S.G., Vysotskaya N.D., Reshetnik A.A. Optimization of parameters of design solutions for rotating shaft in units of the agricultural industrial complex, aimed at eliminating the possibility of emergency situations when occasion of resonance	126
Babitsky L.F., Osmanov E.Sh. Bionic approach to the creation of biological pest control devices for agricultural plants	134
Gerber Y.B., Krasovsky V.V. Optimization of parameters of a small-sized plant material chopper using regression modeling	141
Volozhaninov S.S., Zavaly A.A., Rzhetskaya V.S., Volozhaninova N.V., Volobuev D.D. Experimental study of the effect of heating of a soil mass by ultrahigh frequency radiation on the number of microorganisms	153

VETERINARY

Lizogub M. L., Ksenofontova E. S. Factors of formation of colostral immunity	168
Plahotniuk E.V. Diagnosis and prevention of immunodeficiency in newborn calves	177
Kuevda E.N., Reshetova A.R. Analysis of the treatment strategy for uremic syndrome in cats due to urolithiasis	184
Makarevich N. A. Infectious laryngotracheobronchitis in dogs. Symptomatology. Complex treatment...191	
Korableva T. R., Senchuk I.V., Fedotovskaya N. Y. The use of phytoprobiotic drugs for endometritis in order to unlock the genetic potential of cows	200

Abstracts.....	211
-----------------------	------------

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 633.11"324":631.5(470)

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА

Зеленский Г.Л., доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Назаренко Л. В., ассистент
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

В статье отображены результаты исследований семенной продуктивности и адаптивности сортов озимой пшеницы отечественной селекции в зависимости от нормы высева. Выявлены математические закономерности, свидетельствующие о том, что сорта озимой пшеницы интенсивного типа (Протон, Калым, Васса, Этнос) существенно увеличивают урожайность при посевных нормах в диапазоне от 3 до 4 млн шт./га, что связано с особенностями строения их листового аппарата и генетически обусловленной способностью к максимальному продуктивному куцению на фоне разреженных посевов. Сорт озимой пшеницы Калым сформировал максимальную урожайность семян (72,4 ц/га) при норме высева 4 млн шт./га. При использовании нормы высева 7 млн шт./га на сорте Краснодарская 99 она снизилась в 1,6 раза – до 44,4 ц/га. Сортовой состав имел

SEED PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY OF WINTER WHEAT VARIETIES DEPENDING ON THE SEEDING RATE

Zelensky G.L., Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
Nazarenko L.V., Assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin"

The article presents the results of studies of seed productivity and adaptability of domestic winter wheat varieties depending on the seeding rate. Mathematical regularities have been revealed indicating that intensive winter wheat varieties (Proton, Kalym, Vassa, Ethnos) significantly increase their yield at seeding rates in the range of 3 to 4 million pcs/ha, which is due to the structural features of their leaf apparatus and genetically determined ability to maximum productive tillering against the background of sparse crops. The Kalym winter wheat variety formed the maximum seed yield (72.4 c/ha) at a seeding rate of 4 million pcs/ha. When using a seeding rate of 7 million pcs/ha on the Krasnodarskaya 99 variety, it decreased by 1.6 times - to 44.4 c/ha. The varietal composition had the highest share of participation in the formation of the yield, which was 34.9%. In addition, the weather conditions during the years

наивысшую долю участия в формировании урожая, которая составляла 34,9%. Также высокий удельный вес имели погодные условия в годы исследований (31,7%) и норма высева (19,2%). Корреляционно-регрессионный анализ позволил определить оптимальный диапазон продуктивности для сортов интенсивного типа (Протон, Калым, Васса, Этнос), который изменяется в диапазоне от 3 до 4 млн шт./га. Максимальный теоретический потенциал продуктивности (73-75 ц/га) по сравнению с другими сортами показал сорт Калым при норме высева 3,7-4,0 млн шт./га. Анализ адаптивности исследуемых сортов позволил установить, что наивысшей стрессоустойчивостью обладают сорта Калым и Протон. Генетическая гибкость увеличилась до 61,1-64,0 у сортов Этнос и Васса, что превышало минимальное значение данного показателя у сортов Юка и Краснодарская 99 на 27,6-34,2%. Минимальное значение гомеостатичности (10,8) была у сорта Протон. Максимальной селекционной ценностью обладали сорта Гром и Васса – 40,2 и 49,2, соответственно.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, норма высева, урожайность, доля участия, адаптивность, корреляционно-регрессионные модель сорта.

of research (31.7%) and the seeding rate (19.2%) had a high specific weight. Correlation and regression analysis allowed us to determine the optimal productivity range for intensive varieties (Proton, Kalym, Vassa, Ethnos), which varies in the range from 3 to 4 million pcs./ha. The maximum theoretical productivity potential (73-75 c/ha) compared to other varieties was shown by the Kalym variety at a seeding rate of 3.7-4.0 million pcs./ha. Analysis of the adaptability of the studied varieties allowed us to establish that the Kalym and Proton varieties have the highest stress resistance. Genetic flexibility increased to 61.1-64.0 for the Ethnos and Vassa varieties, which exceeded the minimum value of this indicator for the Yuka and Krasnodarskaya 99 varieties by 27.6-34.2%. The minimum homeostaticity value (10.8) was in the Proton variety. The Grom and Vassa varieties had the highest selection value – 40.2 and 49.2, respectively.

Key words: winter wheat, variety, seeding rate, yield, participation rate, adaptability, correlation-regression model of the variety.

Введение. В семеноводстве озимой пшеницы проведение полевых опытов является важным этапом внедрения в производство новых, высокопродуктивных сортов, разработки и уточнения сортовой агротехники, повышения урожайности и показателей качества семян, обеспечения стабильных урожаев и получения максимально возможной экономической эффективности и экологической безопасности зернового хозяйства [1, 2].

Кроме проведения самих полевых экспериментов также важнейшим этапом

завершения научно-исследовательской работы является внедрение полученных результатов в производство. Результаты производственной проверки могут помочь оптимизировать существующие технологии, повышая их эффективность и снижая затраты. Проверка результатов полевых опытов может помочь оптимизировать элементы технологии, адаптированные к конкретным условиям каждого хозяйства [3, 4]. Краснодарский край – один из ключевых регионов России по выращиванию озимой пшеницы, как главной, стратегической культуры современного растениеводства. В связи с этим, семеноводство играет важную роль в обеспечении качественным посевным материалом [5-7]. Среди зональных преимуществ для ведения такой работы следует отметить наличие плодородных чернозёмных почв, большей частью благоприятные климатические условия с тёплой и влажной зимой с частыми оттепелями. Однако существуют в Краснодарском крае и негативные факторы, влияющие на продуктивность пшеницы и других культур – это проявление неблагоприятных метеорологических условий (дефицита осадков, повышенного температурного режима, широкое распространение возбудителей болезней, вредных насекомых и сорняков, эрозия почвы и др.). Такие обстоятельства требуют научного обоснования и разработки адаптивных технологий выращивания для обеспечения получения высоких, качественных и экономически целесообразных урожаев [8-12].

Каждый сорт озимой пшеницы, благодаря своим уникальным свойствам, требует индивидуального подхода с соответствующим подбором всех без исключения элементов технологии выращивания начиная от основной обработки почвы, предпосевного и посевного комплекса и заканчивая уборкой, транспортировкой и доработкой урожая семян [13-15].

Следует учитывать, что семеноводство озимой пшеницы имеет ряд особенностей, обусловленных климатическими условиями, почвенными факторами и распространением болезней и вредителей. Успех семеноводства зависит от выбора качественного посевного материала, правильной агротехники, соблюдения сроков и норм, а также от использования современных средств защиты растений и удобрений. Важнейшим элементом технологии выращивания озимой пшеницы как на семенные, так и на товарные цели является уточнение норм высева, которые могут существенно изменять в зависимости от генетического потенциала семенной продуктивности и влияния почвенно-климатических факторов и хозяйственно-экономических условий [16-20].

Материал и методы исследований. Цель исследований заключалась в необходимости установления закономерностей формирования уровней урожая семян озимой пшеницы, адаптивных параметров каждого сорта и провести моделирование теоретических уровней урожайности семян при выращивании в условиях Краснодарского края.

Полевые эксперименты с ортами озимой пшеницы проведены в 2022 – 2024 гг. на опытных делянках учебного хозяйства «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина. Был заложен двухфакторный опыт по такой схеме:

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

Васса; Этнос.

2 Норма высева, млн шт./га (фактор В): 3; 4; 5; 7.

При систематическом расположении экспериментальных делянок в трехкратной повторности учетная площадь их была равна 35–40 м² [21]. Агротехника в полевом опыте была общепринятой для условий Краснодарского края за исключением исследуемых факторов и вариантов. Высевали озимую пшеницу в оптимальный срок – в первую декаду октября. Дисперсионный и корреляционно-регрессионный анализ полученных данных, проводили по методическим требованиям проведения полевых экспериментов в агрономии [21].

Результаты и обсуждения. Погодные условия существенно повлияли на урожайность озимой пшеницы в ходе проведения полевых экспериментов. Так, в сухом 2022 г. из-за негативного действия высоких температур и недостаточного количества естественного увлажнения средняя урожайность снизилась с 62,3 ц/га до 53,1 ц/га (на 17,5%). В 2023-2024 с.-х. г. урожайность была на среднем уровне и составляла 57,8 ц/га, что на 9,1% ниже, чем в 2022 г., но на 8,9% выше, чем в 2023 г.

В благоприятный по метеорологическим факторам сельскохозяйственный год (2021-2022 гг.) сорт Калым дал самый высокий урожай – 74,7-78,7 ц/га. В засушливый сезон (2022-2023 гг.) урожайность снизилась на 1,8-1,9 раза, достигнув минимума (41,7 ц/га) для сорта Краснодарская 99 при максимальной норме высева (7 млн шт./га).

В среднем за три года исследований (2022-2024 гг.) сорт Калым показал наивысшую урожайность семян на уровне 72,4 ц/га при норме высева 4 млн шт./га. При норме высева 7 млн шт./га для сорта Краснодарская 99 урожайность снизилась в 1,6 раза и была равна 44,4 ц/га (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность семян исследуемых сортов озимой пшеницы в зависимости от нормы высева, ц/га, 2021-2024 гг.

Сорт (фактор А)	Норма высева, млн шт./га (фактор В)				Среднее по А
	3	4	5	7	
Краснодарская 99 (st)	49,5	49,6	47,5	44,4	47,8
Юка	52,0	51,6	47,7	45,6	49,2
Гром	57,1	57,5	52,7	49,1	54,1
Протон	66,8	62,0	55,3	51,5	58,9
Калым	69,7	72,4	63,7	59,2	66,2
Васса	66,3	67,8	65,4	61,2	65,2
Этнос	65,6	65,0	62,3	58,2	62,8
Среднее по В	61,0	60,8	56,4	52,8	57,7
НСР ₀₅ , ц/га: А – 1,31; В – 1,22					

Максимальную урожайность семян на уровне 66,2 ц/га обеспечил сорт Калым, который характеризовался также лучшей параметрами продуктивности. Сорта Этнос и Васса показали высокую урожайность семян 62,8-65,2 ц/га, что

позволяет рекомендовать их использование на семенные цели. При этом урожайность сорта Краснодарская 99, принятого нами за стандарт, снизилась на 31,4-38,4% и была равна 47,8 ц/га.

Нормы высева неоднозначно повлияли на формирование семенной продуктивности исследуемых сортов. Следует отметить, что на большинстве сортов отечественной селекции наивысшую урожайность семян обеспечили посевные нормы в пределах 3-4 млн шт./га, обеспечив достижения выхода кондиционных семян с 1 га посевной площади до 61,0-60,8 ц. Разница в урожайности между нормами высева 3 и 4 млн шт./га была статистически незначимой. Увеличение нормы высева до 5 и 7 млн шт./га привело к значительному снижению урожайности, в среднем по исследуемым вариантам на 4,4-8,8 ц/га или 7,8-15,5%.

Анализ результатов показал (рис. 1), что сорт играет основную роль в формировании урожайности семян озимой пшеницы, занимая в доле участия факторов максимальный удельный вес – 59,0%. Норма высева также оказывает значительное влияние (16,6%). Взаимодействие сорта и нормы высева было незначительным (3,3%), а неучтенные факторы имели существенное влияние на урожайность и составляли 21,1%. Проведенный дисперсионный анализ позволил с помощью статистического инструментария определить влияние исследуемых факторов (сорт, норма высева) на показатели семенной продуктивности озимой пшеницы. Он позволил провести количественную оценку влияния каждого фактора с установлением величины его эффекта. Это позволили провести сравнение между изучаемыми факторами и ранжировать их по их значимости.

Действие других неустановленных факторов более 21% свидетельствует о необходимости дальнейших исследований, например, с удобрениями, обработкой почвы, защитой растений, которые позволили бы определить доверительные интервалы влияния каждого элемента технологии выращивания и сделать выводы о значимости эффектов с учетом этих влияний.

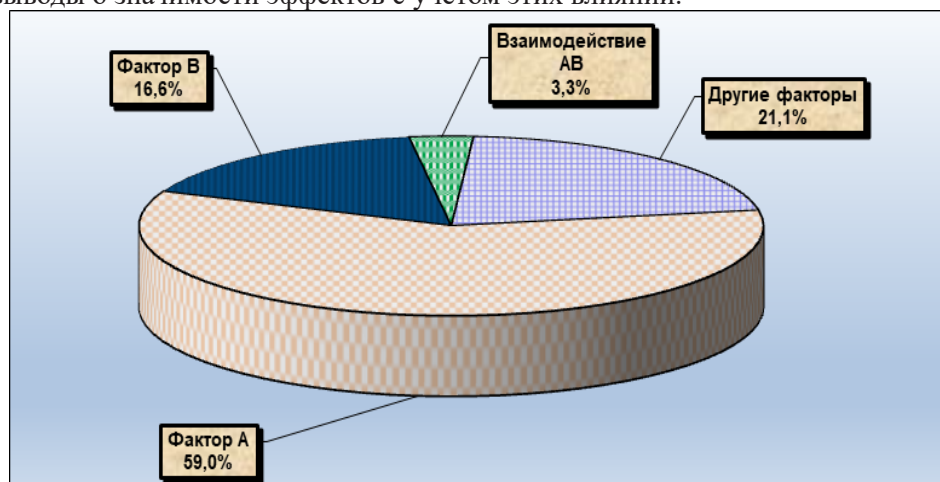


Рисунок 1. Доля действия и взаимодействия факторов (А – сорт, В – норма высева) на урожайность семян озимой пшеницы, % (2022-2024 гг.)

Проведение дисперсионного анализа в полевых опытах с озимой пшеницей при выращивании на семена обеспечивает получение ценной информации для селекционеров с целью улучшения генетических характеристик каждого сорта при выращивании в конкретных почвенно-климатических условиях. Также полученные результаты дисперсионного анализа имеют практическую ценность и позволяют сделать выводы о необходимости корректирования нормы высева как для каждого сорта, так и в зависимости от зональных и агротехнологических условий (уровень интенсификации технологии возделывания, фон минерального питания, влагозапасы и прогноз выпадения осадков, температурный режим и др.).

Дисперсионный анализ урожайных данных по трёхфакторной схеме с добавлением фактора С (годы проведения полевых экспериментов) позволил выявить прямое и косвенное воздействие на семенную продуктивность сортов исследуемой культуры посевных норм, метеорологических условий и неучтенных (не установленных) факторов (рис. 2).

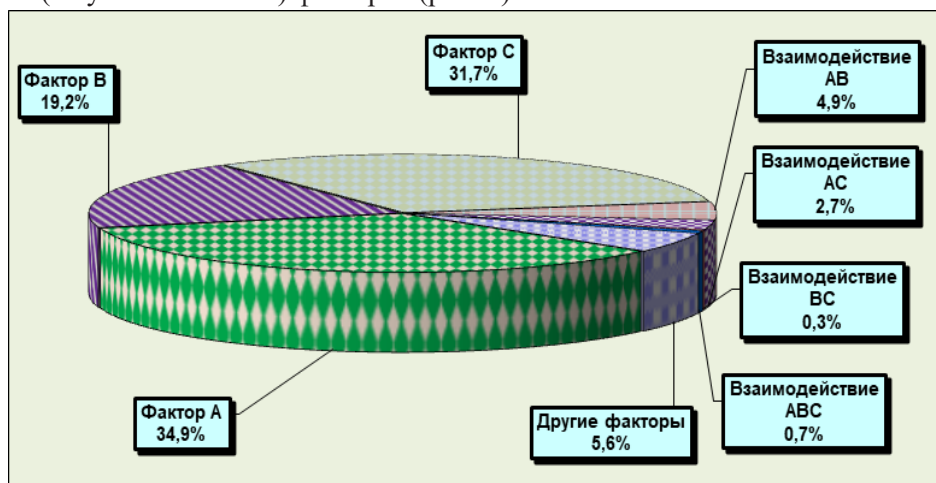


Рисунок 2. Доля действия и взаимодействия исследуемых факторов (А – сорт, В – норма высева, С – год проведения исследований) на урожайность семян озимой пшеницы, %, 2022-2024 гг.

По данным математического анализа, влияние сорта на урожайность семенной озимой пшеницы оказалось наиболее значительным, составляя 34,9% от общего влияния всех факторов. На втором месте по влиянию на урожайность оказались погодные условия за годы исследования, их доля составила 31,7%. Норма высева также оказала существенное влияние, ее вклад в урожайность составил 19,2%.

Примечательно, что взаимодействие между сортом и нормой высева было высоким, составляя 4,9%. Взаимодействие других факторов было незначительным.

Также значительной (5,6%), была доля действия других (неучтенных) факторов, к которым следует отнести влияние элементов технологии.

Применение корреляционно-регрессионных моделей продуктивности озимой пшеницы имеет значительное значение для сельского хозяйства, позволяя оптимизировать технологические процессы. Модели позволяют предсказывать

урожайность, учитывая различные факторы, такие как погодные условия, состояние почвы, использование удобрений и т.д. Это позволяет своевременно принимать меры по оптимизации агротехники и минимизировать риски неурожая. Анализируя корреляции между факторами и урожайностью, можно определить наиболее значимые для повышения урожая факторы и оптимизировать их использование. Кроме того, модели помогают глубже понять механизмы, влияющие на формирование урожая, и разработать новые методы его прогнозирования. В целом, применение корреляционно-регрессионных моделей семенной продуктивности озимой пшеницы – это комплексный подход, который позволяет повысить экономическую эффективность растениеводческой отрасли, снизить риски от потерь урожая, стабилизировать урожайность в годы с разным уровнем естественного увлажнения [3-5].

Корреляционно-регрессионный анализ позволил установить потенциал урожайности по каждому исследуемому сорту озимой пшеницы (рис. 3). Так, на сорте Краснодарская 99 максимальный уровень теоретической (прогнозируемой) урожайности на уровне 47-49 ц/га формируется при применении посевной нормы 4,5-5,0 млн шт./га.

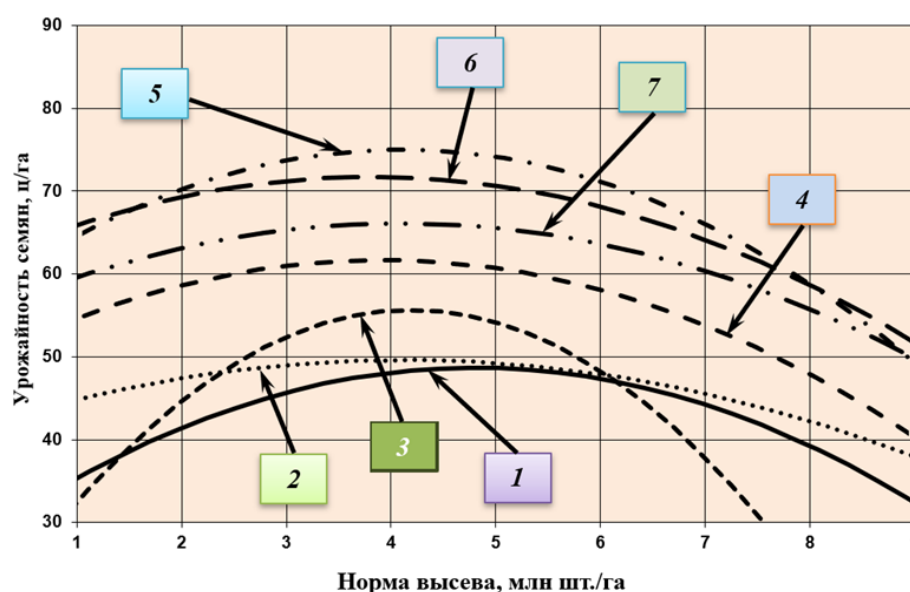


Рисунок 3. Корреляционно-регрессионная зависимость влияния посевной нормы (млн шт./га) и показателями прогнозируемой урожайности семян

исследуемых сортов озимой пшеницы:

1 – Краснодарская 99 (st) ($y = -0,925x^2 + 8,885x + 27,34$; $R^2 = 0,8421$);

2 – Юка ($y = -0,4909x^2 + 3,9964x + 41,467$; $R^2 = 0,6651$);

3 – Гром ($y = -2,2773x^2 + 19,114x + 15,545$; $R^2 = 0,8536$);

4 – Протон ($y = -0,8265x^2 + 6,5623x + 45,652$; $R^2 = 0,7939$);

5 – Калым ($y = -1,0765x^2 + 8,7389x + 50,225$; $R^2 = 0,7207$);

6 – Васса ($y = -0,7402x^2 + 5,6311x + 56,355$; $R^2 = 0,7393$);

7 – Этнос ($y = -0,6795x^2 + 5,5668x + 52,376$; $R^2 = 0,8288$)

Сорта озимой пшеницы интенсивного типа (Протон, Калым, Васса, Этнос) продемонстрировали увеличение уровней теоретической урожайности до 53-56 ц/га при посевных нормах в диапазоне от 3 до 4 млн шт./га, что связано с особенностями строения их листового аппарата и генетически обусловленной способностью к максимальному продуктивному кущению на фоне разреженных посевов. Это свидетельствует о необходимости сокращения норм высева новых сортов озимой пшеницы интенсивного типа, что позволяет уменьшить расход сортовых семян, дает возможность растениям в полной мере раскрыть свой генетический потенциал, снизить межвидовую конкуренцию, обеспечить формирования высоких, качественных и экономически выгодных урожаев. Также следует учитывать, что традиционные нормы высева на уровне 5-6 млн/га, которые оригинаторы сортов рекомендовали ещё 10-15 лет назад уже не актуальны, потому что современные сорта обладают другим генотипом, позволяющим оптимизировать густоту посева до оптимальных параметров при нормах высева 3,0-3,5 млн/га, а иногда 2,5-3,0 млн/га, не снижая урожайность.

Сорт Калым при норме высева 3,7-4,0 млн шт./га достиг максимального теоретического потенциала урожайности – 73-75 ц/га. Схожие показатели и тенденцию роста показало и Васса, обеспечивая прогнозируемый уровень урожайности свыше 70 ц/га при норме высева от 3,7 до 4,2 млн шт./га.

При высеве сорта Юка с нормой 3,5-4,5 млн шт./га можно получить близкие показатели урожайности (49-50 ц/га). Сорт Гром, посеянный с нормой 3,7-4,2 млн шт./га, обеспечивает теоретическую урожайность 53-56 ц/га, что на 6,1-19,2% больше, чем у первых двух сортов. Анализ корреляционно-регрессионного моделирования показал, что сорта интенсивного типа (Протон, Калым, Васса, Этнос) дают более высокую теоретическую урожайность при нормах высева от 3 до 4 млн шт./га. Среди них сорт Калым имеет максимальный теоретический потенциал продуктивности — 73-75 ц/га при норме высева 3,7-4,0 млн шт./га. У сорта Васса наблюдаются аналогичные показатели и тренд, который прогнозирует урожайность более 70 ц/га при норме высева от 3,7 до 4,2 млн шт./га.

При формировании сортовой политики на уровне регионов и отдельных хозяйств для научного обоснования подбора сортов озимой пшеницы в севооборотах целесообразно использовать параметры адаптивности отдельных сортов, с помощью которых устанавливается комплексная реакция сорта на местные условия выращивания [8]. Доказано, что максимальная в полевых опытах стрессоустойчивость -21,0...-26,1 достигнута при выращивании сортов Калым и Протон, что существенно в 1,7-2,1 раза превысило стандарт (сорт Краснодарская 99) (табл. 2).

**Таблица 2. Параметры адаптивности исследуемых
сортов озимой пшеницы, 2022-2044 гг.**

Сорт	Параметры				
	стрессо- устойчивость $x_{lim} - x_{opt}$	генетическая гибкость $(x_{lim} + x_{opt})/2$	коэффициент вариации $V, \%$	гомео- статичность H_{om}	селекционная ценность S_c
Краснодарская 99 (st)	-12,3	47,9	9,2	41,7	37,0
Юка	-10,0	47,7	6,4	63,0	38,6
Гром	-13,7	52,4	8,5	39,2	40,2
Протон	-26,1	52,4	14,3	10,8	33,6
Калым	-21,0	56,6	10,3	20,3	40,7
Васса	-16,7	64,0	8,7	41,5	49,2
Этнос	-16,4	61,1	8,6	39,5	46,6

Также максимальный уровень данного показателя адаптивности проявился на сортах Этнос и Васса – -16,4...-16,7. Минимальной стрессоустойчивостью (-10,0) обладает сорт Юка.

Относительно показателя генетической гибкости, отображающего изменение урожайности семян при позитивных и негативных отклонениях от средних параметров агроэкосистемы, установлено его рост до 61,1-64,0 у сортов Этнос и Васса. У сорта Юка и Краснодарская 99 генетическая гибкость снизилась до 47,7-47,9 или на 27,6-34,2%.

Вариационный анализ доказал, что средний уровень изменчивости семенной продуктивности обеспечил сорт Протон, у которого коэффициент вариации был равен 14,3%. Также повышенный уровень варьирования (10,3%) зафиксирован на сорте Калым. Наименьшее значение этого показателя на уровне 6,4% сформировалось на сорте Юка. Практический одинаковый коэффициент вариации (8,5-8,7%) был у исследуемых сортов Гром, Этнос и Васса.

Гомеостатичность повысилась до 63,0 на сорте Юка. Также высоким этот показатель был у сортов Васса и Краснодарская 99 (st). Минимальное значение гомеостатичность на уровне 10,8 выявлено при выращивании в опытах сорта Протон. Таким образом, разница между этими максимальным и минимальным значениями составила 5,8 раза, что подчеркивает необходимость проверки сортов по гомеостатичность, отображающей способность сорта к саморегуляции в условиях воздействия неблагоприятных факторов внешней среды.

Наибольшая величина селекционной ценности, которая находилась в диапазоне от 40,2 (сорт Гром) до 49,2 (сорт Васса) была у сортов с повышенным потенциалом продуктивности. Снижение данного показателя на 19,6-46,5% до минимального уровня 33,6 проявлялось при выращивании сорта Протон, что можно объяснить его генетическими особенностями. Также низкая селекционная ценность (37,0-38,6) зафиксирована на сортах Краснодарская 99 (стандарт) и Юка.

Выводы. Таким образом, установлены значительные отличия уровней се-

менной продуктивности озимой пшеницы в зависимости от сортового состава и нормы высева. Сорт озимой пшеницы Калым сформировал максимальную урожайность семян (72,4 ц/га) при норме высева 4 млн шт./га. При использовании нормы высева 7 млн шт./га на сорте Краснодарская 99 она снизилась в 1,6 раза – до 44,4 ц/га. Сортовой состав имел наивысшую долю участия в формировании урожая, которая составляла 34,9%. Также высокий удельный вес имели погодные условия в годы исследований (31,7%) и норма высева (19,2%). Корреляционно-регрессионный анализ позволил определить оптимальный диапазон продуктивности для сортов интенсивного типа (Протон, Калым, Васса, Этнос), который изменяется в диапазоне от 3 до 4 млн шт./га. Максимальный теоретический потенциал продуктивности (73-75 ц/га) по сравнению с другими сортами показал сорт Калым при норме высева 3,7-4,0 млн шт./га. Анализ адаптивности исследуемых сортов позволил установить, что наивысшей стрессоустойчивостью обладают сорта Калым и Протон. Генетическая гибкость увеличилась до 61,1-64,0 у сортов Этнос и Васса, что превышало минимальное значение данного показателя у сортов Юка и Краснодарская 99 на 27,6-34,2%. Минимальное значение гомеостатичность (10,8) была у сорта Протон. Максимальной селекционной ценностью обладали сорта Гром и Васса – 40,2 и 49,2, соответственно.

Список использованных источников:

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

2. Влияние различных систем обработки почвы на засорённость посевов кукурузы на зерно в условиях Западного Предкавказья / А. Н. Матирный, Т. В. Логойда, А. А. Макаренко // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 280-282.

3. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: Possible problems and ways of their solving in the South Steppe Zone of Ukraine / R. A. Vozhekhova, S.

References:

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

2. The influence of various soil cultivation systems on weed infestation of grain corn crops in the conditions of the Western Ciscaucasia / A. N. Matirny, T. V. Logoida, A. A. Makarenko // Agrotechnical method of plant protection from harmful organisms. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. - P. 280-282.

3. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic changes: Possible problems and ways of solving them in the South Steppe Zone of Ukraine / R. A. Vozhekhova, S. V. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] //

- V. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 331-340.
4. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.
5. Statistical yielding models of some irrigated vegetable crops in dependence on water use and heat supply / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Journal of Water and Land Development. – 2020. – Vol. 45. – P. 190-197.
6. Индексный анализ и моделирование продуктивности полевых культур в зависимости от уровней природного и искусственного увлажнения при выращивании в орошаемых условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 34(197). – С. 58-70.
7. Влияние системы удобрений на фоне отвальной обработки на продуктивность озимой пшеницы на мочарных почвах центральной зоны Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, В. П. Василько // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2019. – С. 415-417.
8. Влияние некорневых подкормок на урожайность зерна озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Ю. А. Затолокина, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2019. – С. 415-417.
- Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, No. 6. – P. 331-340.
4. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.
5. Statistical yielding models of some irrigated vegetable crops in dependence on water use and heat supply / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. V. Lykhovyd [et al.] // Journal of Water and Land Development. – 2020. – Vol. 45. – P. 190-197.
6. Index analysis and modeling of field crop productivity depending on natural and artificial moisture levels when grown in irrigated conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of the agricultural science of Tavrida. – 2023. – No. 34 (197). – P. 58-70.
7. The influence of the fertilizer system against the background of moldboard cultivation on the productivity of winter wheat on wet soils of the central zone of the Krasnodar Territory / E. N. Nichipurenko, V. P. Vasilko // Modern problems and prospects for the development of the agro-industrial complex. – Saratov: Limited Liability Company "Amirit", 2019. – P. 415-417.
8. The influence of foliar feeding on the grain yield of winter wheat in the central zone of the Krasnodar Territory / Yu. A. Zatolokina, A. A. Makarenko, T. V. Logoida // Scientific support for the agro-industrial complex. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. – P. 866-867.

плекса. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 866-867.

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

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

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

12. Влияние изменений климата и погодных условий на урожайность озимой пшеницы в условиях Центральной зоны Краснодарского края / С. В. Коковихин, Е. С. Бойко, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 106. – С. 104-115.

13. Влияние системы удобрений на качество зерна озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы. Майкоп: Издательство "Магарин Олег

9. Agrometeorological substantiation of climatic optimization of agricultural technologies of the main crops in the territory of the Donetsk-Don north-steppe region / S. V. Kokovikhin // News of agricultural science of Tavrida. – 2022. – No. 30 (193). – P. 89-97.

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

11. Efficiency of leached chernozem processing on agrophysical indicators and grain yield of corn in the central zone of Krasnodar Krai / A. N. Matirny, A. A. Makarenko, N. I. Bardak [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2018. – No. 74. – P. 101-106.

12. The impact of climate change and weather conditions on the yield of winter wheat in the Central Zone of Krasnodar Krai / S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 106. – P. 104-115.

13. The influence of the fertilizer system on the quality of winter wheat grain in the central zone of the Krasnodar Territory / E. N. Nichipurenko, T. D. Fedorova // Science, education and innovation for the agro-industrial complex: state, problems and prospects. Maykop: Oleg Grigorievich Magarin Publishing House, 2020. – P. 166-167.

14. The influence of agrometeorological conditions on the productivity of agricultural crops in the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin,

Григорьевич", 2020. – С. 166-167.

14. Влияние агрометеорологических условий на продуктивность растений сельскохозяйственных культур в условиях Юга Украины / С.В. Коковихин, В.В. Нестерчук, Т.А. Гречишкина // Стратегические направления развития АПК стран СНГ. Том 2. Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 257-259.

15. Агромелиоративное обоснование севооборотов на неполивных и орошаемых землях Южной степи Украины / Р.А. Вожегова, И.Н. Беляева, С.В. Коковихин // Стратегические направления развития АПК стран СНГ. Том 2. Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 235-237.

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

17. Эффективность применения азотных удобрений под озимую пшеницу в ранневесеннюю подкормку на черноземе выщелоченном / А.М. Кравцов, А.В. Загорулко, Н.Н. Кравцова [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 89. – С. 54-59.

18. Динамика основных параме-

V. V. Nesterchuk, T. A. Grechishkina // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries. Volume 2. Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, 2017. - P. 257-259.

15. Agromeliorative justification for crop rotations on non-irrigated and irrigated lands of the Southern Steppe of Ukraine / R. A. Vozhegova, I.N. Belyaeva, S.V. Kokovikhin // Strategic directions of development of the agro-industrial complex of the CIS countries. Volume 2. Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, 2017. - P. 235-237.

16. Podushin, Yu. V. Application of the NDVI vegetation index to assess the impact of agrotechnical factors on plant growth / Yu.V. Podushin, Yu.P. Fedolov, A.A. Makarenko // Scientific support for the agro-industrial complex: a collection of articles based on the materials of the 72nd scientific and practical conference of teachers on the results of research for 2016, Krasnodar, March 29, 2017. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2017. - P. 243-244.

17. Efficiency of application of nitrogen fertilizers for winter wheat in early spring top dressing on leached chernozem / A.M. Kravtsov, A.V. Zagorulko, N.N. Kravtsova [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2021. - No. 89. - P. 54-59.

18. Dynamics of the main parameters of agrochemical properties of leached chernozem in the flat

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

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

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

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

agrolandscape of the central zone of the Krasnodar Territory depending on the primary tillage system / V. P. Vasilko, A. A. Makarenko, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2022. – No. 102. – P. 110-113.

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

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

21. Dispersion and correlation analysis in crop production and meadow agriculture: monograph / Ushkarenko V.A., Lazarev N.N., Goloborodko S.P., Kokovikhin S.V. Moscow: Publ. RSATU – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2011. – 336 p.

Сведения об авторах:

Григорий Леонидович Зеленский, доктор с.-х. наук, профессор, профессор кафедры генетики, селекции и семеноводства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего обра-

Information about the authors:

Grigory Leonidovich Zelensky, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production of the Federal State Budgetary Educational Institution of

зования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 7(861)-221-57-92, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Лев Викторovich Назаренко – ассистент кафедры генетики, селекции и семеноводства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 7(861)-221-57-92, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", e-mail: agronomic@kubsau.ru, 7 (861) -221-57-92, 350044, Krasnodar, Kalinina St., 13.

Lev Viktorovich Nazarenko - Assistant of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", e-mail: agronomic@kubsau.ru, 7 (861) -221-57-92, 350044, Krasnodar, Kalinina St., 13.

УДК 633.15:572.22:633.15

**РОСТ, РАЗВИТИЕ И
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ
КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ПОДКОРМОК
КОМПЛЕКСНЫМИ
УДОБРЕНИЯМИ ПРИ
ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Шеуджен А.Х., доктор биологических наук, профессор, академик РАН;
Марченко Д.К., аспирант,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

По исследуемым элементам формирования продуктивности кукурузы установлено, что эффективность водорастворимых удобрений, которые применялись в подкормки, была существенно выше в благоприятных метеорологических условиях (2023 г.), а в годы с дефицитом осадков и высоким температурным режимом их эффективность снижается (2021 г.). Влияние удобрений на высоту растений наблюдалось в первую половину вегетации, с максимумом в 2021 г. при использовании удобрения Макромикс. В фазу цветения в благоприятных по погодным условиям 2023 г. зафиксирована наибольшая высота растений кукурузы – 217 см. Существенное отличие площади листовой поверхности посевов исследуемой культуры в 1,4 раза зафиксировано между максимальным (2023 г., удобрение Комби

**GROWTH, DEVELOPMENT
AND PHOTOSYNTHETIC
ACTIVITY OF CORN
CROPS DEPENDING ON
COMPLEX FERTILIZER
SUPPLEMENTATION
DURING CULTIVATION
IN THE CONDITIONS OF THE
CENTRAL ZONE OF KRASNODAR
REGION**

Sheudzhen A.H., Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences;
Marchenko D.K., postgraduate student
FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”

Based on the studied elements of corn productivity formation, it was found that the efficiency of water-soluble fertilizers used for top dressing was significantly higher in favorable meteorological conditions (2023), and in years with a lack of precipitation and high temperatures, their efficiency decreases (2021). The effect of fertilizers on plant height was observed in the first half of the growing season, with a maximum in 2021 when using the Macromix fertilizer. During the flowering phase in favorable weather conditions of 2023, the highest height of maize plants was recorded - 217 cm. A significant difference in the leaf surface area of the studied crop by 1.4 times was recorded between the maximum (2023, Combi Plus fertilizer) and minimum (2021, simultaneous application of Grain and Aminoplant fertilizers) indicators of the assimilation

плюс) и минимальным (2021 г., одно-временное внесение удобрений Грейн и Аминоплант) показателями площади ассимиляционной поверхности кукурузы, которые составляли 33,1 и 23,3 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, соответственно. Фотосинтетический потенциал существенно увеличивался в годы с повышенным количеством осадков и сниженным температурным режимом, особенно на вариантах полевого опыта, где применяли удобрения Микроплант, Комби Плюс и др. Наивысший фотосинтетический потенциал на уровне 1,46 млн $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дней}$ зафиксирован при применении удобрения Микроплант. Максимальная чистая продуктивность фотосинтеза ($6,0-6,28 \text{ г}/\text{м}^2 \times \text{дней}$) была достигнута при комплексном применении водорастворимых удобрений Макромикс + Микроплант, а также отдельными удобрениями Комби Плюс и Микроплант.

Ключевые слова: кукуруза, водорастворимые удобрения, высота растений, площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза.

surface area of maize, which were 33.1 and 23.3 thousand m^2/ha , respectively. Photosynthetic potential increased significantly in years with increased precipitation and reduced temperature conditions, especially in the field experiment options where Mikroplant, Combi Plus, etc. fertilizers were used. The highest photosynthetic potential at the level of 1.46 million $\text{m}^2/\text{ha} \times \text{days}$ was recorded when using Mikroplant fertilizer. The maximum net productivity of photosynthesis ($6.0-6.28 \text{ g}/\text{m}^2 \times \text{days}$) was achieved with the combined use of water-soluble fertilizers Macromix + Mikroplant, as well as separate fertilizers Combi Plus and Mikroplant.

Key words: corn, water-soluble fertilizers, plant height, leaf area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity.

Введение. При выращивании важнейшей зерновой культуры современного земледелия – кукурузы, решающее значение имеет разработка элементов технологий выращивания в орошаемых и неполивных условиях, адаптированных к климатическим изменениям и стресс-факторам. Полевые испытания имеют решающее значение для совершенствования агротехники возделывания кукурузы как важного сельскохозяйственного ресурса [1, 2, 3]. Они обеспечивают сравнение разных гибридов по урожайности, устойчивости к болезням и вредителям, а также реакции на изменение влияющих на производственный процесс показателей антропогенных и природных факторов. Эксперименты позволяют оптимизировать агротехнические методы, включая плотность и сроки посева, удобрения, ирригацию и контроль сорняков. Исследования дают информацию о распространении и развитии болезней и вредителей, предлагая эффективные методы их контроля [5, 6].

Комплексное изучение влияния регулируемых и нерегулируемых факто-

ров на урожайность и качество зерна кукурузы, включая белок, крахмал и витамины, помогает оптимизировать условия хранения, технологии переработки и использования готовых продуктов, обеспечивая высокое качество продукции с высокой добавленной стоимостью, имеющих экономические и экологические преимущества [7, 8, 9, 10].

Полевые эксперименты способствуют разработке устойчивых методов ведения сельского хозяйства путем минимизации использования химикатов. Они также оценивают воздействие сельскохозяйственных практик на биоразнообразие почвенных организмов и насекомых. Анализ данных полевых экспериментов приводит к рекомендациям по агротехническим приемам, которые оптимизируют урожайность, качество зерна и прибыльность, снижают потребление энергии и оказывают положительное влияние на окружающую среду. Это существенный инструмент для достижения устойчивого сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности [11, 12, 13, 14, 15].

Урожайность кукурузы зависит от климатических условий, состава почвы, сельскохозяйственных методов и генетического потенциала. Интенсивность роста и продуктивности может варьироваться в зависимости от осадков, температуры, влажности, содержания питательных веществ в почве и вредителей. При искусственном увлажнении оптимизация агротехники должна учитывать биологические особенности кукурузы, ожидаемую урожайность, прогнозы погоды и показатели почвенного анализа. Экологические и экономические условия обуславливают необходимость разработки инновационных технологий выращивания кукурузы. Комплексный подход с учетом различных факторов, таких как удобрения, обработка почвы и защита растений, имеет решающее значение [16, 17, 18, 19]. Для оптимизации производства зерна кукурузы требуются зональные агротехнические рекомендации для гибридов отечественной селекции, адаптированные к местным условиям, интенсификация сельскохозяйственных методов с учетом обогащения почвы гумусом и экономическая эффективность, включая сбережение ресурсов, повышение чистого дохода и рентабельности. Особое значение имеет научно обоснованное формирование системы удобрения, включающую основное внесение макроудобрений, а также локализованные комплексы водорастворимых макро- и микроудобрений при проведении подкормок в период вегетации [20, 21, 22, 23, 24].

Материал и методы исследований. Целью исследований было исследовать динамику роста, развития и фотосинтетическая деятельность посевов кукурузы в зависимости от влияния вариантов подкормок комплексными удобрениями при выращивании в условиях Центральной зоны Краснодарского края.

Полевые опыты проведены в 2021-2023 гг. в условиях учебного хозяйства «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина. Схема однофакторного полевого опыта приведена в таблицах 1-4 статьи. В опыте изучали продуктивность гибрида кукурузы отечественной селекции Краснодарский 291 АМВ, площадь учётных делянок была равна 37 м², повторность четырехкратная, предшественником был озимый ячмень. Уборка урожая проводилась с помощью комбайна «Sampo 500». Математическую об-

работку экспериментальных данных и экономический анализ экспериментальных данных, проводили согласно методики опытного дела в агрономии [25].

Результаты и обсуждения. При проведении полевых экспериментов доказано, что количество растений кукурузы на 1 метре погонном (м.п.) изменялось как в зависимости от влияния изучаемых удобрений, так и по годам проведения экспериментов (табл. 1). В среднем, в 2021 г. получено 4,7 шт./м.п., что было наибольшей величиной по сравнению с 2022 г., где оно уменьшилось до 4,3 шт./м.п. или на 9,3%, а также в 2023 г. – 4,4 шт./м.п. или на 6,8%.

В условиях 2023 г. на контрольном неудобренном варианте получено минимальное значение исследуемого показателя, который был равен 3,8 шт./м.п. При применении удобрения Макромикс в 2021 г. количество растений кукурузы возросло в 1,3 раза и составило 5,1 шт./м.п.

Возрастание количества растений кукурузы до 4,7 шт./м.п. отмечено в среднем за годы исследований на вариантах с одновременным внесением удобрений Грейн и Аминоплант и удобрения Аскофол. На контрольном варианте этот показатель существенно уменьшился до 4,1 шт./м.п. или на 14,6%.

Таблица 1. Количество растений кукурузы (шт. на 1 м.п.) в зависимости от минеральных удобрений в годы проведения исследований

№ п/п	Вариант	Количество растений, шт./м.п.			
		2021	2022	2023	в среднем
1	Контроль	4,6	3,9	3,8	4,1
2	Микроплант	4,9	4,5	4,5	4,6
3	Макромикс	5,1	4,1	4,2	4,5
4	Макромикс + Микроплант	4,8	4,2	4,1	4,4
5	Аминоплант	4,7	4,1	4,0	4,3
6	Макромикс + Аминоплант	4,8	4,4	4,2	4,5
7	Грейн	4,7	4,2	4,5	4,5
8	Макромикс + Грейн	4,8	4,4	4,3	4,5
9	Комби Плюс	4,9	4,3	4,7	4,6
10	Грейн + Аминоплант	4,9	4,5	4,8	4,7
11	Бетино	4,4	4,1	4,4	4,3
12	Аскофол	4,9	4,4	4,8	4,7
13	Сера	4,2	4,1	4,5	4,3
14	Аминокал	4,7	4,5	4,1	4,4
Среднее		4,7	4,3	4,4	4,5
НСР ₀₅ , шт./м.п.		0,10	0,14	0,16	0,15

По высоте растений были также отмечены существенные различия, которые по-разному проявились в начале вегетационного периода (в фазу формирования 4-6 листьев у кукурузы) и в фазу цветения растений. Следует отметить, что по сравнению с контрольным вариантом позитивное действие на увеличение высоты растений стало визуально проявляться в первую половину вегетации, особенно в благоприятном по погодным условиям 2023 г. Доказано, что в

условиях повышенного температурного режима на фоне достаточных запасов почвенной влаги в 2021 г. в фазу 4-6 листьев высота растений увеличилась в среднем по изучаемым вариантам удобрений до 106 см. В 2022 и 2023 гг. данный показатель уменьшился до 96 и 97 см или на 10,4 и 9,3%, соответственно. Однако, в фазу цветения кукурузы на первое место вышел показатель 2023 г., который был равен 209 см и несущественно превышал на 0,5-2,5% показатели высоты, полученные в 2021 и 2022 гг.

В начале вегетации в условиях 2022 г. на контроле сформировалась наименьшая высота растений кукурузы – 86 см. Его максимальное значение (110 см) получено в 2021 г. на варианте с применением удобрения Макромикс. Таким образом, разница между этими значениями составила 27,9%. В фазу цветения в 2021 г. произошло увеличение высоты растений до 219 см на варианте с внесением удобрения Микроплант. В условиях 2022 г. этот показатель уменьшился до 194 см или на 12,9%.

В среднем за годы проведения исследований в фазу 4-6 листьев у растений кукурузы на контрольном варианте отмечено снижение высоты до минимального уровня – 92 см (рис. 1).

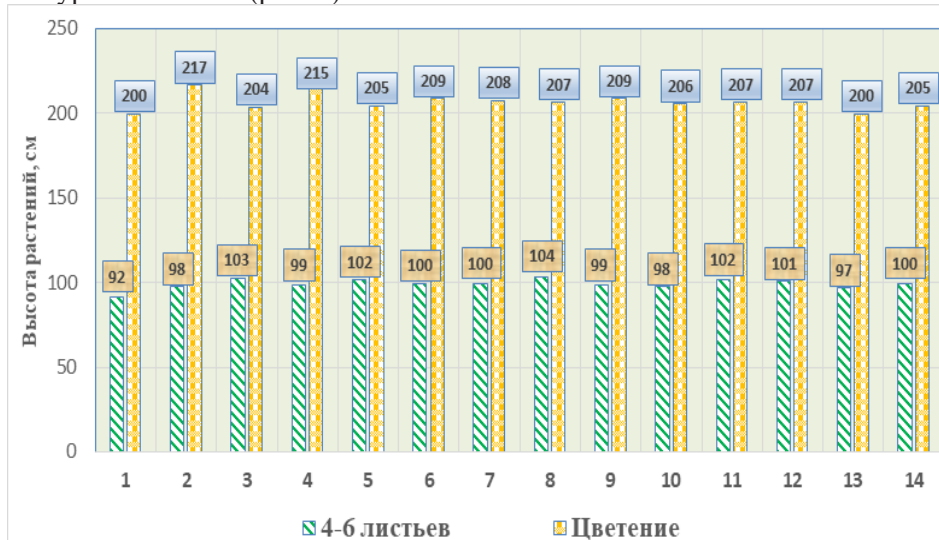


Рисунок 1. Динамика высоты растений кукурузы (см) в фазе 4-6 листьев и цветения (2021-2023 гг.) в зависимости от вариантов применения удобрений:

1 – контроль; 2 – Микроплант; 3 – Макромикс; 4 – Макромикс + Микроплант;
5 – Аминоплант; 6 – Макромикс + Аминоплант; 7 – Грейн;
8 – Макромикс + Грейн; 9 – Комби Плюс; 10 – Грейн + Аминоплант; 11 – Бетино;
12 – Аскофол; 13 – Сера; 14 – Аминокал

При комплексном внесении удобрений Грейн и Аминоплант данный показатель увеличился до максимального уровня 104 см, что превышало неудобренный контроль на 13,1%. Также высокие показатели высоты в диапазоне 102-103 см наблюдались на вариантах с применением удобрений Макромикс и Бетино.

В фазу цветения также на контрольном варианте и на варианте с внесе-

нием удобрения Сера наблюдалось снижение высоты до 200 см, что было минимальным значением в среднем за 2021-2023 гг. На варианте с применением удобрения Микроплант и при комплексном внесении удобрений Макромикс и Микроплант исследуемый показатель увеличился до 217 и 215 см или на 8,5 и 7,5%, соответственно.

Установлено, что площадь листовой поверхности посевов кукурузы в фазу цветения существенно изменялась как по вариантам применения удобрений, так и в зависимости от гидротермический условий в отдельные годы проведения исследований (табл. 2). В благоприятном по погодным условиям 2023 г. зафиксировано увеличение данного показателя, в среднем, до 30,9 тыс. м²/га, что превысило показатели 2021 и 2022 гг. на 7,7 и 17,1%, соответственно.

Таблица 2. Площадь листовой поверхности посевов кукурузы в фазу цветения в зависимости от влияния удобрений, тыс. м²/га

№ п/п	Вариант	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га			
		2021	2022	2023	в среднем
1	Контроль	25,2	27,1	29,2	27,2
2	Микроплант	28,8	30,6	31,2	30,2
3	Макромикс	25,6	29,2	29,3	28,0
4	Макромикс + Микроплант	28,4	31,0	32,6	30,7
5	Аминоплант	26,2	29,2	30,6	28,7
6	Макромикс + Аминоплант	25,1	28,0	31,1	28,1
7	Грейн	25,7	27,5	30,1	27,8
8	Макромикс + Грейн	27,2	27,8	32,4	29,1
9	Комби Плюс	28,9	30,9	33,1	31,0
10	Грейн + Аминоплант	23,3	27,2	30,5	27,0
11	Бетино	26,0	29,2	30,1	28,4
12	Аскофол	29,4	28,1	32,1	29,9
13	Сера	25,3	27,0	29,4	27,2
14	Аминокал	24,7	29,0	30,8	28,2
Среднее		26,4	28,7	30,9	28,7
НСР ₀₅ , тыс. м ² /га		0,58	0,64	0,70	0,61

В годы проведения исследований проявилась разница в 1,4 раза между наибольшим (2023 г., удобрение Комби плюс) и наименьшим (2021 г., одновременное внесение удобрений Грейн и Аминоплант) значением исследуемого показателя, которые были равны 33,1 и 23,3 тыс. м²/га.

В результате исследований динамики формирования показателей фотосинтетического потенциала посевов кукурузы в зависимости от влияния водорастворимых удобрений Вуксал установлены тенденции к их некоторому возрастанию в годы с повышенным количеством осадков, а также на вариантах применения удобрений Микроплант, Комби Плюс и др. (табл. 3).

**Таблица 3. Фотосинтетический потенциал посевов кукурузы
в зависимости от влияния удобрений, млн м²/га × дней**

№ п/п	Вариант	Фотосинтетический потенциал, млн м ² /га × дней			
		2021	2022	2023	в среднем
1	Контроль	1,29	1,32	1,45	1,35
2	Микроплант	1,38	1,49	1,52	1,46
3	Макромикс	1,37	1,45	1,48	1,43
4	Макромикс + Микроплант	1,32	1,47	1,51	1,43
5	Аминоплант	1,34	1,47	1,45	1,42
6	Макромикс + Аминоплант	1,39	1,43	1,55	1,46
7	Грейн	1,37	1,41	1,44	1,41
8	Макромикс + Грейн	1,39	1,45	1,50	1,45
9	Комби Плюс	1,34	1,45	1,55	1,45
10	Грейн + Аминоплант	1,33	1,39	1,52	1,41
11	Бетино	1,39	1,41	1,43	1,41
12	Аскофол	1,36	1,45	1,48	1,43
13	Сера	1,31	1,36	1,46	1,37
14	Аминокал	1,36	1,47	1,49	1,44
Среднее		1,35	1,43	1,49	1,42
НСР ₀₅ , млн м ² /га × дней		0,009	0,010	0,014	0,011

По годам исследований обеспеченность атмосферными осадками существенно влияла на фотосинтетический потенциал посевов. Например, при засушливых погодных условиях в 2021 г. этот показатель был равен 1,35 млн м²/га × дней, а при более высокой степени беспечности осадками в 2022 и 2023 гг. он увеличился на 0,08-0,14 млн м²/га × дней или на 5,9-10,4%.

При одновременном внесении удобрений Макромикс и Аминоплант в условиях благоприятного 2023 г. наблюдалось повышение фотосинтетического потенциала посевов до 1,55 млн м²/га × дней.

Данный показатель фотосинтетической активности посевов кукурузы снизился на 20,2% в засушливом 2021 г. на контрольном варианте, что подчёркивает синергизм (позитивное взаимодействие) применения водорастворимых удобрений для подкормки растений кукурузы в период вегетации на фоне благоприятных метеорологических условий и, наоборот, снижение эффективности их применения в условиях дефицита осадков, повышенного температурного режима, снижение относительной влажности воздуха, то есть при наступлении водного и температурного стресса, позитивное влияние удобрений, внесённых в подкормки, резко падает.

Следует подчеркнуть, что в среднем за годы проведения исследований максимальный фотосинтетический потенциал сформировался на варианте с внесением удобрения Микроплант – 1,46 млн м²/га × дней. Практически такие же показатели (1,45 млн м²/га × дней) были при комплексном внесении удобре-

ний Макромикс и Грейн, а также удобрения Комби плюс, что свидетельствует об их позитивном действии на прохождение продукционного процесса кукурузы. Минимальные показатели фотосинтетического потенциала в диапазоне от 1,35 до 1,37 млн $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дней}$ зафиксированы на контрольном варианте, а также на варианте, где применяли удобрение Сера. Разница между максимальными и минимальными величинами исследуемого показателя составила 5,8-7,2%.

Чистая продуктивность фотосинтеза растений гибрида кукурузы отечественной селекции Краснодарский 291 АМВ отражала тенденции формирования продуктивности схожие с как фотосинтетическим потенциалом посевов, так и с другими параметрами продуктивности растений (высота, площадь листовой поверхности, сырая масса, сухое вещество и др.) (табл. 4). По годам исследований наибольшую величину чистой продуктивности фотосинтеза растения кукурузы сформировали в 2022 и 2023 гг., которые равнялись, в среднем, 5,19-5,93 $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{дней}$. В засушливом 2021 г. данный показатель был минимальным, на уровне 4,67 $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{дней}$, что было меньше на 14,3-26,9%, соответственно.

Таблица 4. Чистая продуктивность фотосинтеза растений в фазу цветения в зависимости от влияния удобрений, $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{дней}$

№ п/п	Вариант	Чистая продуктивность фотосинтеза, $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{дней}$			
		2021	2022	2023	в среднем
1	Контроль	4,38	4,81	5,77	4,99
2	Микроплант	4,81	5,37	6,28	5,49
3	Макромикс	4,65	5,24	5,89	5,26
4	Макромикс + Микроплант	4,92	5,31	6,00	5,41
5	Аминоплант	4,55	5,30	5,77	5,21
6	Макромикс + Аминоплант	4,72	5,17	6,11	5,33
7	Грейн	4,67	5,11	5,75	5,18
8	Макромикс + Грейн	4,89	5,33	5,95	5,39
9	Комби Плюс	5,00	5,25	6,14	5,46
10	Грейн + Аминоплант	4,39	5,03	6,01	5,15
11	Бетино	4,72	5,31	5,71	5,25
12	Аскофол	4,64	5,24	5,90	5,26
13	Сера	4,43	4,93	5,81	5,06
14	Аминокал	4,64	5,29	5,91	5,28
Среднее		4,67	5,19	5,93	5,26
НСР ₀₅ , $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{дней}$		0,12	0,16	0,23	0,18

В 2023 г. чистая продуктивность фотосинтеза увеличилась до 6,0 $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{дней}$ и больше на вариантах с внесением удобрений Макромикс + Микроплант; Комби Плюс и Микроплант. При этом применения удобрения Микроплант обеспечило лучший результата с ростом чистой продуктивности до наивысшей величины 6,28 $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{дней}$, что превышало неудобренный контроль этого года на 8,8%, а контрольный вариант 2021 г. (с самым низким показате-

лем в полевом опыте) – на 43,4%.

По результатам обобщения полученных экспериментальных данных по чистой продуктивности фотосинтеза в среднем за годы проведения исследований доказано, наибольшие показатели в диапазоне 5,46-5,49 г/м² × дней обеспечивает применение в подкормку кукурузы удобрениями Комби Плюс и Микроплант. Наименьшие значения исследуемого показателя получены на контрольном варианте – 4,99 г/м² × дней, а также при применении удобрения Сера – 5,06 г/м² × дней.

Выводы. По исследуемым элементам формирования продуктивности кукурузы установлено, что эффективность водорастворимых удобрений, которые применялись в подкормки, была существенно выше в благоприятных метеорологических условиях (2023 г.), а в годы с дефицитом осадков и высоким температурным режимом их эффективность снижается (2021 г.). Количество растений кукурузы на единицу площади также зависело от погодных условий в отдельные годы проведения экспериментов и вариантов применения удобрений, особенно на варианте с удобрением Макромикс, где оно увеличилось на 30%. Влияние удобрений на высоту растений наблюдалось в первую половину вегетации, с максимумом в 2021 г. при использовании удобрения Макромикс. В фазу цветения в благоприятных по погодным условиям 2023 г. зафиксирована наибольшая высота растений кукурузы – 217 см.

Площадь листовой поверхности была наибольшей во влажном 2023 г. Значительная разница в площади листовой поверхности отмечалась между разными удобрениями и годами. Так, существенное отличие в 1,4 раза зафиксировано между максимальным (2023 г., удобрение Комби плюс) и минимальным (2021 г., одновременное внесение удобрений Грейн и Аминоплант) показателями площади ассимиляционной поверхности кукурузы, которые составляли 33,1 и 23,3 тыс. м²/га, соответственно.

Фотосинтетический потенциал существенно увеличивался в годы с повышенным количеством осадков и сниженным температурным режимом, особенно на вариантах полевого опыта, где применяли удобрения Микроплант, Комби Плюс и др. Напротив, значительное уменьшение этого показателя в засушливые годы на контрольном варианте. Наивысший фотосинтетический потенциал на уровне 1,46 млн м²/га × дней зафиксирован при применении удобрения Микроплант. Максимальная чистая продуктивность фотосинтеза (6,0-6,28 г/м² × дней) была достигнута при комплексном применении водорастворимых удобрений Макромикс + Микроплант, а также отдельными удобрениями Комби Плюс и Микроплант. Минимальная чистая продуктивность фотосинтеза (4,99 г/м² × дней) получена на контрольном варианте.

Список использованных источников:

1. Эффективность применения азотных удобрений под озимую пшеницу в ранневесеннюю подкормку на черноземе выщелоченном / А. М. Кравцов,

References:

1. Efficiency of applying nitrogen fertilizers to winter wheat in early spring top dressing on leached chernozem / A. M. Kravtsov, A. V. Zagorulko,

А. В. Загоруйко, Н. Н. Кравцова, А. А. Макаренко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 89. – С. 54-59.

2. Вожегова, Р. А. Оптимизация структуры посевных площадей и моделирование севооборотов с учетом локальных параметров орошаемых и неполивных земель в условиях юга Украины / Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 183-190.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. Адамень, Ф. Ф. Научное обосно-

N. N. Kravtsova, A. A. Makarenko // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2021. - No. 89. - P. 54-59.

2. Vozhegova, R. A. Optimization of the structure of sown areas and modeling of crop rotations taking into account local parameters of irrigated and non-irrigated lands in the south of Ukraine / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. - 2017. - No. 2 (66). - P. 183-190.

3. 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 6-15, 2023. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2024. - P. 28-29.

4. 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.

5. 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.

6. Adamen, F. F. Scientific substantiation of agricultural

вание 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.

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

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

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

10. Вожегова, Р. А. Моделирование и агромелиоративное обоснование севооборота на неполивных и орошаемых землях Южной Степи Украины / Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин // Научно-технический бюллетень

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

7. Balandin, V. S. The influence of the fertilization system on the yield and quality of corn grain in the conditions of the lowland-western agricultural landscape / V. S. Balandin, V. P. Vasilko // Modern vectors of science development: Collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of R&D for 2023, Krasnodar, February 06, 2024. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2024. – P. 3-4.

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

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

10. Vozhegova, R. A. Modeling and agro-meliorative justification of crop rotation on non-irrigated and irrigated lands of the Southern Steppe of Ukraine / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseed Crops

Института масличных культур НААН. – 2016. – № 23. – С. 110-120.

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

12. Калинин, О. С. Влияние способа основной обработки почвы на урожайность сахарной свеклы в условиях центральной зоны Краснодарского края / О. С. Калинин, В. С. Баландин, А. С. Ивлев // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства : Сборник статей V Международной научно-практической конференции, Пенза, 21–22 февраля 2020 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 67-69.

13. 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.

14. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. Lykhovyd [et al.] // Journal

of the National Academy of Agrarian Sciences. – 2016. – No. 23. – P. 110-120.

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

12. Kalinin, O. S. Influence of the method of primary soil cultivation on the yield of sugar beet in the central zone of the Krasnodar Territory / O. S. Kalinin, V. S. Balandin, A. S. Ivlev // Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock products: Collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference, Penza, February 21-22, 2020. – Penza: Penza State Agrarian University, 2020. – P. 67-69.

13. Kokovikhin, S. V. Productivity of the maternal form of a simple corn hybrid 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.

14. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. Lykhovyd [et al.] // Journal of Ecological Engineering. – 2019. – Vol. 20, No. 4. – P. 8-13.

of Ecological Engineering. – 2019. – Vol. 20, No. 4. – P. 8-13.

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

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

17. 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.

18. Коковихин, С. В. Влияние агрометеорологических условий на продуктивность растений сельскохозяйственных культур в условиях Юга Украины / С. В. Коковихин, В. В. Нестерчук, Т. А. Гречишкина // Стратегические направления развития АПК стран СНГ : материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах, Барнаул, 27–28 февраля 2017

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

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

17. 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.

18. Kokovikhin, S. V. Influence of agrometeorological conditions on the productivity of agricultural crops in the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. V. Nesterchuk, T. A. Grechishkina // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International scientific and practical conference: in three volumes, Barnaul, February 27-28, 2017. Volume 2. -

года. Том 2. – Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 257-259.

19. 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.

20. 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.

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

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

23. Assessment of the CROPWAT 8.0 software reliability for evapotranspiration and crop water requirements calculations / R. A. Vozhehova, Y. O. Lavrynenko, S. V.

Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, 2017. - P. 257-259.

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

20. 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.

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

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

23. Assessment of the CROPWAT 8.0 software reliability for evapotranspiration and crop water requirements calculations / R. A. Vozhehova, Y. O. Lavrynenko, S. V. Kokovikhin [et al.] // Journal of Water

Kokovikhin [et al.] // Journal of Water and Land Development. – 2018. – Vol. 39, No. 1. – P. 147-152.

24. Коковихин, С. В. Влияние изменений климата и погодных условий на урожайность озимой пшеницы в условиях Центральной зоны Краснодарского края / С. В. Коковихин, Е. С. Бойко, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 106. – С. 104-115.

25. Ушкарёно 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.

and Land Development. – 2018. – Vol. 39, No. 1. – P. 147-152.

24. Kokovikhin, S. V. The Impact of Climate Change and Weather Conditions on Winter Wheat Yields in the Central Zone of Krasnodar Krai / S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2023. - No. 106. - P. 104-115.

25. Ushkarenko V. A., Lazarev N. N., Goloborodko S. P., Kokovikhin S. V. Dispersion and Correlation Analysis in Crop Production and Meadow Farming: Monograph. - Moscow: Publ. RSATU - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, 2011. - 336 p.

Сведения об авторах:

Асхад Хазретович Шеуджен, доктор биологических наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой агрохимии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agrochemistry@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Дмитрий Константинович Марченко – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: dmitri.marchenko@uniferx.com, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Information about the authors:

Askhad Khazretovich Sheudzhen, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Agrochemistry of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: agrochemistry@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, Kalinina St., 13.

Dmitry Konstantinovich Marchenko, postgraduate student of the Kuban agricultural enterprise of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: dmitri.marchenko@uniferx.com, 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

УДК 633.63.003.13

**ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ
ПРИЁМОВ НА
ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И
КАЧЕСТВО КОРНЕПЛОДОВ
САХАРНОЙ СВЁКЛЫ ПРИ
ВЫРАЩИВАНИИ В
НИЗИННО-ЗАПАДИННОМ
АГРОЛАНДШАФТЕ ЗАПАДНОГО
ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

**INFLUENCE OF
AGROTECHNICAL
PRACTICES ON WATER
CONSUMPTION AND QUALITY
OF SUGAR BEET ROOT
CROPS WHEN CULTIVATED
IN THE LOW-WESTERN
AGROLANDSCAPE OF THE
WESTERN CIRCAUCASUS**

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

Егоян В.Е., аспирант, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

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

Egoyan V.E., Graduate Student, FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin"

Установлено, количество осадков во время периода влагонакопления (октябрь–март) резко возросло в 2020–2021 и 2021–2022 гг. по сравнению с 2019–2020 гг. Количество осадков во время периода влагопотребления (апрель–сентябрь) колебалось в годы исследования, но в целом было в среднем выше среднего многолетнего показателя. Распределение осадков в течение периода влагопотребления было неравномерным, что повлияло на урожайность сахарной свёклы, наряду с общим количеством осадков. Доказано, что на начало вегетационного периода продуктивная влага в слое 0–200 см находилась на уровне 229 мм, в середине вегетации данный показатель снизился до 67 мм (в 3,4 раза), а перед уборкой, падение влагозапасов было ещё более значительным – до 51 мм, или в 4,5 раза. Количество осадков за период вегетации варьировалось в широком диапазоне (3350–4490 м³/га), но имело

It was found that the amount of precipitation during the moisture accumulation period (October–March) increased sharply in 2020–2021 and 2021–2022 compared to 2019–2020. The amount of precipitation during the moisture consumption period (April–September) fluctuated during the study years, but was generally higher than the long-term average. The distribution of precipitation during the moisture consumption period was uneven, which affected the yield of sugar beet, along with the total amount of precipitation. It was proven that at the beginning of the growing season, the productive moisture in the 0–200 cm layer was at the level of 229 mm, in the middle of the growing season this figure decreased to 67 mm (3.4 times), and before harvesting, the drop in moisture reserves was even more significant - up to 51 mm, or 4.5 times. The amount of precipitation during the growing season varied widely (3350–

значительное влияние на водный режим почвы. В засушливом 2020 г. суммарные водопотребление было минимальным (4870-5280 м³/га). В годы с достаточным уровнем природного влагообеспечения (2021, 2022 гг.) зафиксировано повышение данного показателя до 6170-6440 м³/га. Суммарное водопотребление было наибольшим при отвальной обработке и наименьшим при поверхностной обработке. В среднем максимальное суммарное водопотребление (5937 м³/га) наблюдалось при отвальной основной обработке почвы. Безотвальная обработка и поверхностное дискование снизили суммарное водопотребление на 1,5% и 4,9% соответственно. Сахаристость наибольшее значение (17,4%) достигла при сбалансированной погоде с достаточным количеством осадков и среднем температурном режиме в 2021 г. Повышенный уровень естественной влагообеспеченности (2022 г.) способствовали росту массы корнеплодов, но снизили их сахаристость, так же как и засуха в 2020 г. Обработка почвы слабо влияла на сахаристость корнеплодов исследуемой культуры, с несущественным повышением её до 16,9% на варианте с поверхностной обработкой почвы.

Ключевые слова: сахарная свёкла, обработка почвы, удобрения, доступная влага, водопотребление, качество корнеплодов, сахаристость, выход сахара.

4490 m³/ha), but had a significant impact on the soil water regime. In the dry year of 2020, the total water consumption was minimal (4870-5280 m³/ha). In years with a sufficient level of natural moisture supply (2021, 2022), an increase in this indicator to 6170-6440 m³/ha was recorded. The total water consumption was highest with moldboard cultivation and lowest with surface cultivation. On average, over the years of research, the maximum total water consumption (5937 m³/ha) was observed with moldboard primary soil cultivation. Moldboard-free cultivation and surface disking reduced the total water consumption by 1.5% and 4.9%, respectively. Sugar content reached its highest value (17.4%) under balanced weather conditions with sufficient precipitation and average temperature conditions in 2021. Increased levels of natural moisture supply (2022) contributed to the growth of root crop mass, but reduced their sugar content, as did the drought in 2020. Soil cultivation had little effect on the sugar content of root crops of the studied crop, with an insignificant increase to 16.9% in the variant with surface soil cultivation.

Key words: Key words: sugar beet, soil cultivation, fertilizers, available moisture, water consumption, root crop quality, sugar content, sugar yield.

Введение. Важность исследований водопотребления сахарной свёклы, как и многих других сельскохозяйственных культур имеет первостепенное значение с точки зрения установления параметров расхода доступной влаги в определённые периоды роста и развития растений, разработки эффективные стратегии искусственного увлажнения, режимов орошения и графиков поливов, чтобы обеспечить максимальный урожай при минимальном использовании воды. Определение критических периодов влагопотребления, требующих

максимального орошения, помогает свести к минимуму потери урожайности и предотвратить водный и температурный стресс. Оптимизация орошения на основе исследований водопотребления экономит водные ресурсы и снижает эксплуатационные расходы, что имеет первостепенное значение в аридных районах с ограниченными водными ресурсами и растущим спросом на воду. Переувлажнение почвы может привести к уплотнению, плохой снижению аэрации и промыванию питательных веществ в глубокие горизонты почвы, где они становятся недоступными для растений [1; 2; 3; 4; 5]. Исследование водопотребления является ключом к разработке моделей урожайности, которые могут предсказывать урожайность на основе климатических условий и управления водным режимом почвы. Эти модели помогают прогнозировать доход и принимать решения о распределении ресурсов. Изменение климата приводит к более частым и сильным засухам, неравномерности обеспечения осадками, что требует районирования выращивания сельскохозяйственных культур и применения водосберегающих приёмов агротехнологий и орошения. Таким образом, полевые исследования, направленные на установление динамики водопотребления сахарной свёклы имеют важное значение для оптимизации технологии возделывания, повышения окупаемости расхода влаги и агроресурсов, повышения продуктивности и качества, предотвращения деградации почвы и адаптации к изменению климата. Исследуя водопотребление можно обеспечить устойчивое и прибыльное производство данной культуры, а также снизить негативное воздействие на окружающую среду [6; 7; 8].

Качество сахарной свёклы зависит от множества абиотических и биотических факторов, в том числе от обработки почвы и применения удобрений. Опытами отечественных учёных доказано, что глубокая вспашка способствует улучшению структуры почвы, повышает её воздухо- и водопроницаемость, что положительно сказывается на росте корнеплодов [9; 10]. Поверхностная обработка сохраняет влагу в почве, снижает риск эрозии, но может привести к уплотнению почвы. Кроме того, мелкая поверхностная обработка способствует увеличению засорённости посевов. Мульчирование поверхности почвы повышает плодородие почвы, сохраняет влагу, что положительно влияет на урожайность и качество свёклы [11; 12; 13; 14]. Азотные удобрения обеспечивают нормальный рост зелёной массы, но переизбыток азота может привести к накоплению нитратов в корнеплодах. Фосфорные удобрения стимулируют развитие корневой системы, что положительно сказывается на урожайности и сахаристости свёклы. Калийные удобрения повышают устойчивость к болезням, улучшают качество корнеплодов. Микроэлементы играют важную роль в метаболических процессах растения, влияют на урожайность и качество. Органические удобрения улучшают структуру почвы, повышают её плодородие и биологическую активность.

Сахаристость повышается при оптимальном обеспечении исследуемой культуры фосфором и калием, а также при достаточном освещении и оптимальной обеспеченности доступной влагой. Содержание нитратов увеличива-

ется при переизбытке азотных удобрений. Размер и форма корнеплодов зависит от обработки почвы, удобрений, сорта (гибрида) и др. факторов. Содержание сухого вещества повышается при оптимальном уровне освещения, водного режима и питательных веществ [15; 16; 17; 18; 19].

Сорта и гибриды сахарной свёклы также имеют важнейшее значение не только на уровень урожая корнеплодов, но и на качество полученной продукции. Поэтому необходимо с помощью полевых опытов устанавливать и использовать на производстве районированные сорта и гибриды, которые дают лучшие результаты в конкретных почвенно-климатических и хозяйственно-экономических условиях [20; 21; 22; 23; 24]. Также важно учитывать стойкость сортотипов исследуемой культуры к негативному действию болезней, вредных насекомых и сорняков. Для получения оптимальных результатов, необходимо проводить комплексный анализ факторов, влияющих на качество сахарной свёклы, и разрабатывать индивидуальные элементы технологии возделывания для локальных условий на уровне каждого поля и севооборота [25; 26; 27; 28; 29].

Материал и методы исследований. Целью исследований было изучить влияние обработки почвы и удобрений на динамику водного режима, водопотребление и качество корнеплодов сахарной свёклы при выращивании культуры в условиях низинно-западного агроландшафта Западного Предкавказья.

Полевые и лабораторные опыты с сахарной свёклой гибрида отечественной селекции Успех проведены на протяжении 2020-2022 гг. в учебном хозяйстве «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина.

Схема опыта включала:

1. Система основной обработки почвы (фактор А): отвальная (контроль); безотвальная; поверхностная.
2. Система удобрения (фактор В): без удобрений (контроль); минеральная; органо-минеральная; органическая.

Площадь учётных делянок равнялась 56,7 м² при трёхкратной повторности. Делянки закладывали по методу рендомизированных блоков. Устанавливали показатели водопотребления и качества корнеплодов сахарной свёклы с использованием специальных методик [30].

Результаты и обсуждения. По данным метеостанции учхоза «Кубань» КубГАУ погодные условия существенно изменялись в месяцы и годы полевых экспериментов (табл. 1). Годовая средняя температура воздуха была максимальной в 2020 г. и составляла 13,3°C, а годовая сумма осадков увеличилась до 845 мм в 2021 г. Следует отметить, что за вегетационный период сахарной свёклы наиболее благоприятным был 2022 г., в котором количество осадков достигла наивысшего уровня (363 мм), а температурный режим был минимальным (средняя температура воздуха составила 22,0°C). В 2020 г. сумма осадков снизилась до 242 мм (в 1,5 раза), а температура воздуха возросла до 22,9°C (на 4,1%). Такие погодные условия отобразились на продуктивности исследуемой культуры и, в первую очередь, на величине урожайности корнеплодов.

Таблица 1. Средние температуры воздуха и суммы атмосферных осадков по месяцам и годам исследований (по данным метеостанции учхоза «Кубань» КубГАУ)

Годы	Месяцы												За год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
Средние температуры воздуха, °С													средн.
2020	2,3	3,8	9,3	10,4	16,5	22,9	25,4	23,8	21,3	16,2	5,7	1,8	13,3
2021	1,3	0,5	4,5	11,1	18,0	21,7	26,2	25,6	17,2	10,4	7,6	4,8	12,4
2022	1,9	4,9	2,9	13,4	15,2	22,9	23,7	26,3	19,1	13,4	8,1	3,8	13,0
Суммы осадков, мм													сумма
2019	74	32	58	53	69	38	130	37	40	33	17	39	620
2020	64	55	18	4	89	37	105	11	89	17	38	21	547
2021	102	108	53	86	64	108	27	74	90	40	56	37	845
2022	166	48	51	24	52	158	63	90	40	43	21	47	801

При разделении по уровням естественного влагообеспечения на два периода: влагонакопления (октябрь – март) и влагопотребления (апрель – сентябрь) определены года с наибольшим количеством атмосферных осадков в первый и второй периоды. Так, влагонакопления за период в 2019-2020 гг. выпало 226 мм осадков, а в 2020-2021 и 2021-2022 гг. их количество увеличилось до 339 и 398 мм, что было больше в 1,5 и 1,9 раза. Таким образом, при среднемноголетних показателях суммы прихода осадков за период влагонакопления на уровне 310 мм в 2019-2020 г. было меньше в 1,4 раза, а в 2020-2021 и 2021-2022 гг., напротив, на 9,4-28,4% больше.

Период влагопотребления (апрель – сентябрь) распределялся в года проведения исследований, таким образом: 2020 г. – 367 мм; 2021 г. – 335; 2022 г. – 449 мм. Однако, по отдельным месяцам атмосферные осадки распределялись крайне неравномерно – от 4 мм (в апреле 2020 г.) до 158 мм (в июне 2022 г.), то есть разница между этими показателями составила 39,5 раза. Поэтому на урожайность корнеплодов сахарной свёклы повлияло не только количество осадков, но и равномерность их распределения.

Влагообеспеченность сахарной свёклы в период вегетации характеризуется метеорологическими показателями – количеством выпадающих осадков и их распределением по месяцам, гидротермическим коэффициентом (ГТК) по Селянинову: ГТК < 0,5 – засуха, < 1 – недостаточное; 1,0-1,5 – среднее; > 1,5 – достаточное увлажнение [30]. Характеристика природной влагообеспеченности сахарной свёклы в период проведения исследований приведена в табл. 2.

Таблица 2. Характеристика гидротермических условий в годы проведения исследований по фазам вегетации сахарной свёклы

Год	Фазы развития								
	посев – всходы			нарастание листьев			формирование корне- плода		
	сумма, °С	осадков, мм	ГТК	сумма, °С	осадков, мм	ГТК	сумма, °С	осадков, мм	ГТК
2020	243	93	3,83	1295	142	1,10	2298	100	0,44
2021	258	150	5,81	1238	135	1,09	2243	164	0,73
2021	243	76	3,13	1173	221	1,88	2395	130	0,54
2020- 2021	248	106	4,26	1235	166	1,36	2312	131	0,57

Установлено, что в начале вегетационного периода в 2020 г. сложились благоприятные условия для стартового роста и развития растений сахарной свёклы. Так, в период от сева до фазы полных всходов выпало 93 мм осадков при умеренном температурном режиме – 243°С. Гидротермический коэффициент при этом увеличился до 3,83. В условиях 2021 и 2022 гг. начало вегетации также происходило при повышенном режиме прихода атмосферных осадков – 150 и 76 мм, соответственно. Сумма температур составила 258 и 243°С, а ГТК также был на очень высоком уровне – 5,81 и 3,13, что характеризует условия достаточного увлажнения. В среднем за три года проведения исследований сумма температур была равна 248°С при выпадении атмосферных осадков в количестве 106 мм, а гидротермический коэффициент составил 4,26.

В фазу нарастания листьев у исследуемой культуры зафиксировано увеличение суммы температур воздуха в 2020 г. до 1295°С, в 2021 – до 1238, а в 2022 г. – до 1173°С. Среднее значение этого показателя составило 1235°С, что было больше первого периода в 4,9 раза. Количество атмосферных осадков было равно 166 мм. При этом ГТК в фазу нарастания листьев сахарной свёклы в среднем за три года проведения исследований до 1,36, что было меньше в 3,1 раза по сравнению с межфазным периодом «посев – всходы».

По годам исследований в фазу нарастания листьев ГТК был максимальным в 2022 г. – 1,88, а в 2020 и 2021 гг. снизился до 1,10 и 1,09 или на 70,9-72,9%. Такая разница в уровнях обеспечения атмосферными осадками привела к снижению урожайности в 2020 и 2021 гг. и, получения формированию максимальной продуктивности сахарной свёклы в 2022 г.

В среднем по вариантам обработки почвы доказано, что на начало вегетационного периода продуктивная влага в слое 0-200 см находилась на уровне 229 мм, в середину вегетации данный показатель снизился до 67 мм (в 3,4 раза), а перед уборкой, падение влагозапасов было ещё более значительным – до 51 мм, или в 4,5 раза (рис. 1). Полученные данные свидетельствуют о высокоинтенсивном поглощении доступной влаги растениями сахарной свёклы на протяжении периода вегетации, что обуславливает необходимость разработки и внедрения водосберегающих технологий, а также орошения, на применение

которого сахарная свёкла реагирует с максимальной отдачей, как и многие другие культуры – например, люцерна, кукуруза, соя, подсолнечник и др.

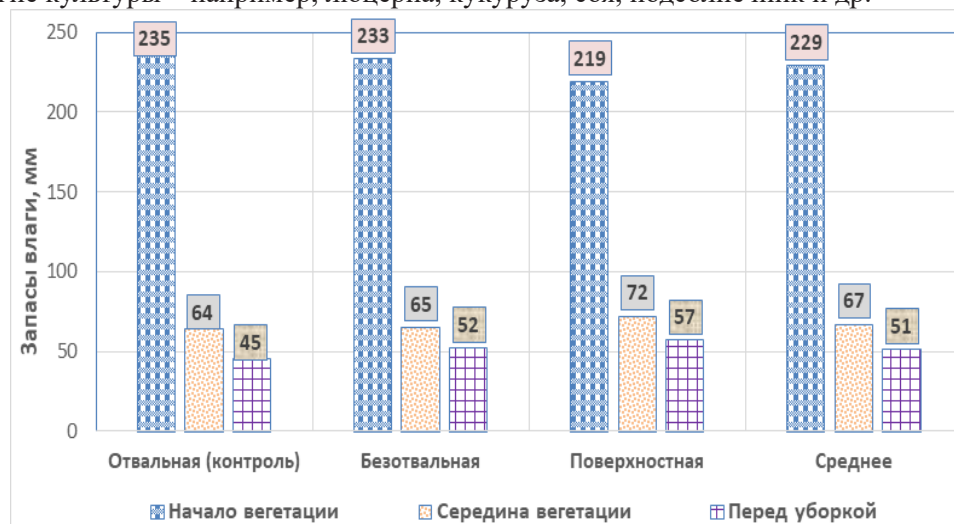


Рисунок 1. Динамика запасов продуктивной влаги (мм) в слое 0-200 см в разные периоды вегетации сахарной свёклы в годы проведения исследований, 2020-2022 гг.

Как показали исследования, в двухметровом слое почвы запас продуктивной влаги под сахарной свёклой в разные фазы развития культуры имел существенные отличия (табл. 3).

Так, в условиях засушливого 2020 г. в начале вегетационного периода отмечено повышение (на 2,6-10,9%) запасов продуктивной влаги при применении вспашки по сравнению с чизельной безотвальной обработкой и поверхностным дискованием. Такая же тенденция отмечена в благоприятном 2022 г., когда превышение влагозапасов на контрольном варианте составило 6,2-11,7%. Напротив, в условиях среднего 2021 г. второй вариант фактора А (безотвальная глубокая обработка почвы) характеризовался наличием в слое почвы 0-200 см максимального содержания доступной влаги 2460 м³/га. При вспашке и мелкой поверхностной почвенной обработке этот показатель снизился до 2330 и 2310 м³/га, или на 5,6-6,5%. На момент проведения уборки урожая сахарной свёклы снижение на всех вариантах запасов продуктивной влаги составила в 2020 г. – 3,6-5,7 раз; 2021 г. – 3,7-5,4; 2022 г. – 3,9-4,6 раза. Такая разница связана с особенностями погодных условий в отдельные годы и, главным образом, количеством и периодами выпадения осадков. Расход влаги из почвы за вегетацию в наибольшей степени на 19,1-26,9% отличался в засушливом 2020 г. между вариантами глубокой отвальной (1930 м³/га) и безотвальной (1810 м³/га) обработки почвы по сравнению с мелкой поверхностной обработкой (дискованием) – 1520 м³/га. В 2021 и 2022 гг. такая разница была ниже – 2,6-16,1 и 1,9-13,3%. Причём в 2021 г. наивысший уровень потребления влаги из почвы было при глубокой безотвальной обработке почвы.

Таблица 3. Водный баланс и суммарное водопотребление сахарной свёклы в годы проведения исследований по вариантам исследуемой обработки почвы

Год	Система основной обработки почвы	Запас продуктивной влаги в слое 0-200 см, м ³ /га		Расход влаги из почвы, м ³ /га	Осадки, м ³ /га	Суммарное водопо-тре-бление, м ³ /га
		начало вегетации	перед уборкой			
2020	Отвальная (контроль)	2340	410	1930	3350	5280
	Безотвальная	2280	470	1810		5160
	Поверхностная	2110	590	1520		4870
2021	Отвальная (контроль)	2330	430	1900	4490	6390
	Безотвальная	2460	510	1950		6440
	Поверхностная	2310	630	1680		6170
2022	Отвальная (контроль)	2390	520	1870	4270	6140
	Безотвальная	2250	570	1680		5950
	Поверхностная	2140	490	1650		5920
2020-2022	Отвальная (контроль)	2350	450	1900	4037	5937
	Безотвальная	2330	520	1810		5847
	Поверхностная	2190	570	1620		5657

Количество атмосферных осадков также варьировало по годам исследований, существенно изменяло водный режим почвы и составило в засушливом 2020 г. 3350 м³/га, а благоприятных 2021 и 2022 гг. увеличилось до 4490 и 4270 м³/га, или на 34,0 и 27,5%, соответственно.

По годам исследований наибольшее суммарное водопотребление на уровне 6170-6440 м³/га сформировалось в средневлажном 2021 г., а в условиях дефицита естественного увлажнения получено минимальное его значение – 4870-5280 м³/га, что ниже на 16,9-32,2%. Во все года исследований проявилась тенденция увеличения суммарного водопотребления при отвальной и безотвальной обработке почвы снижения – при поверхностной.

Суммарное водопотребление в среднем за годы проведения исследований отличалось в незначительном диапазоне. Максимальным – 5937 м³/га, оно было на варианте с применением отвальной основной обработки почвы (контроль фактора А). На делянках, где применялась безотвальная обработка почвы и поверхностное дискование суммарное водопотребление снизилось на 1,5 и 4,9%, соответственно.

Доказано, что погодные условия в годы проведения исследований изменяли сахаристость по обратно пропорциональной зависимости по сравнению с урожайностью корнеплодов (табл. 4). Так, максимальное содержание сахара в корнеплодах, в среднем, на уровне 17,4%, выявлено в 2021 г. при урожайности

441,2 ц/га, а в 2022 г. зафиксировано её некоторое снижение на 0,5 процентных пункта при максимальной урожайности 527,7 ц/га, что объясняется особенностями погодных условий в годы исследований, когда повышенное количество осадков в 2022 г. привело к увеличению массы корнеплодов, однако снизило сахаристость. В 2020 г. из-за низкого количества осадков и пониженного температурного режима отмечено снижение сахаристости, с средним, до 15,7%, или на 1,7 процентных пунктов.

Таблица 4. Сахаристость корнеплодов сахарной свёклы (дигестия) в зависимости от действия изучаемых факторов, %

Система основной обработки почвы (фактор А)	Система удобрения (фактор В)	Содержание сахара				Среднее по фактору:	
		2020	2021	2022	среднее за три года	А	В
Отвальная (контроль)	Без удобрений	15,0	16,7	16,2	16,0	16,4	16,4
	Минеральная	15,3	17,0	16,5	16,3		16,6
	Органо-минеральная	15,6	17,3	16,8	16,6		16,8
	Органическая	15,7	17,4	16,9	16,7		16,8
Безотвальная	Без удобрений	15,3	17,0	16,5	16,3	16,6	
	Минеральная	15,7	17,4	16,9	16,7		
	Органо-минеральная	16,0	17,7	17,2	17,0		
	Органическая	15,7	17,4	16,9	16,7		
Поверхностная	Без удобрений	16,0	17,7	17,2	17,0	16,9	
	Минеральная	16,0	17,7	17,2	17,0		
	Органо-минеральная	15,8	17,5	17,0	16,8		
	Органическая	16,0	17,7	17,2	17,0		
Среднее по годам		15,7	17,4	16,9	16,7		

В среднем по фактору обработки почвы зафиксировано незначительное повышение содержания сахара на варианте с поверхностной обработкой почвы до 16,9%, что было на 0,3-0,5 процентных пунктов больше, чем на других вариантах.

По второму изучаемому фактору (удобрения) также проявилась слабая тенденция увеличения сахаристости на 0,2-0,4 процентных пунктов при применении удобрений, особенно органических – от 16,4% на контроле до 16,6-16,8%.

Варьирование урожайности корнеплодов и процента содержания в них сахара обусловили существенные отличия показателей условного выхода сахара с одного гектара посевной площади (табл. 5). В среднем по годам исследований увеличение данного показателя до 88,9 ц/га проявилось в 2022 г., а в 2020 и 2021 г. он был равен 64,2 и 76,6 ц/га, то есть на 38,5 и 16,1% меньше. Наибольшая величина условного выхода сахара на уровне 125,3-125,9 ц/га полу-

чена в 2022 г. на варианте с отвальной и безотвальной почвенной обработкой, что превышало в 2,6 раза, который сформировался на неудобренном контроле поверхностной обработки почвы – 47,6 ц/га.

Таблица 5. Условный выход сахара в зависимости от действия изучаемых факторов, ц/га

Система основной обработки почвы (фактор А)	Система удобрения (фактор В)	Содержание сахара				Среднее по фактору:	
		2020	2021	2022	среднее за три года	А	В
Отвальная (контроль)	Без удобрений	60,5	72,4	86,7	73,2	85,4	67,1
	Минеральная	76,8	85,1	102,2	88,0		78,6
	Органо-минеральная	64,3	82,7	97,7	81,5		73,6
	Органическая	80,3	90,9	125,3	98,9		87,0
Безотвальная	Без удобрений	62,4	73,5	86,4	74,1	86,4	
	Минеральная	79,8	84,0	104,2	89,3		
	Органо-минеральная	64,9	83,0	98,6	82,2		
	Органическая	81,8	92,2	125,9	100,0		
Поверхностная	Без удобрений	47,6	59,5	54,7	54,0	57,9	
	Минеральная	49,1	63,8	62,2	58,4		
	Органо-минеральная	48,9	64,2	58,5	57,2		
	Органическая	54,5	67,5	64,1	62,0		
Среднее по годам		64,2	76,6	88,9	76,6		

Условный выход сахара достиг максимума (86,4 ц/га) при безотвальной обработке почвы при сравнении среднефакториальные показателей по фактору А. Данный показатель незначителен – на 1,0 ц/га или 1,2%, был больше варианта с проведением вспашки (контроль первого исследуемого фактора). При поверхностной обработке выход сахара с 1 га достиг своего минимума – 57,9 ц/га, что было меньше отвальной обработки на 47,5%, а безотвальной – на 49,2%.

По системе удобрений, в среднем по фактору В, зафиксировали существенное увеличение выхода сахара с единицы посевной площади на варианте с внесением только органических удобрений, где она увеличилась до 87,0 ц/га. Это превышало контрольный вариант на 19,9 ц/га или на 19,9%. Органо-минеральная и минеральная система удобрений занимала промежуточное положение с показателями условного выхода 73,6 и 78,6 ц/га, что превышало неудобренный контроль на 9,7 и 17,1%, однако было меньше по сравнению с четвертым вариантом (органическая система удобрений) на 10,7 и 18,2%, соответственно.

В результате проведения корреляционно-регрессионного моделирования математической тесноты связи и трендовых значений показателей урожайности (ц/га) и сахаристости (%) исследуемой культуры установлена отрицатель-

ная обратно пропорциональная тенденция формирования теоретических значений этих показателей (рис. 2).

В условиях 2021 г., который характеризовался достаточным количеством осадков во второй половине вегетации – в августе (74 мм) и сентябре (90 мм), линия тренда показала наибольшие величины сахаристости на уровне от 17,6% при теоретическом уровне урожайности корнеплодов 300 ц/га. При достижении программируемой урожайности 600 ц/га отмечено снижение сахаристости ниже 17%.

По зависимости исследуемых показателей 2022 г. установлена несущественная динамика снижения сахаристости в диапазоне от 16,9 (при урожайности 300 ц/га) до 16,6% (при теоретической урожайности корнеплодов на уровне 700 ц/га). Это можно пояснить особенностями погодных условий. Так, на фоне повышенного температурного режима в августе (в среднем за месяц 26,3°C) зафиксировано большое количество атмосферных осадков – 90,0 мм. Напротив, в сентябре произошло значительное снижение температуры воздуха на 7,2°C (до 19,1°C), как и уменьшение количества осадков до 40,0 мм (на %). Такие условия способствовали формированию более высокого уровня урожайности, но снизили сахаристость корнеплодов.

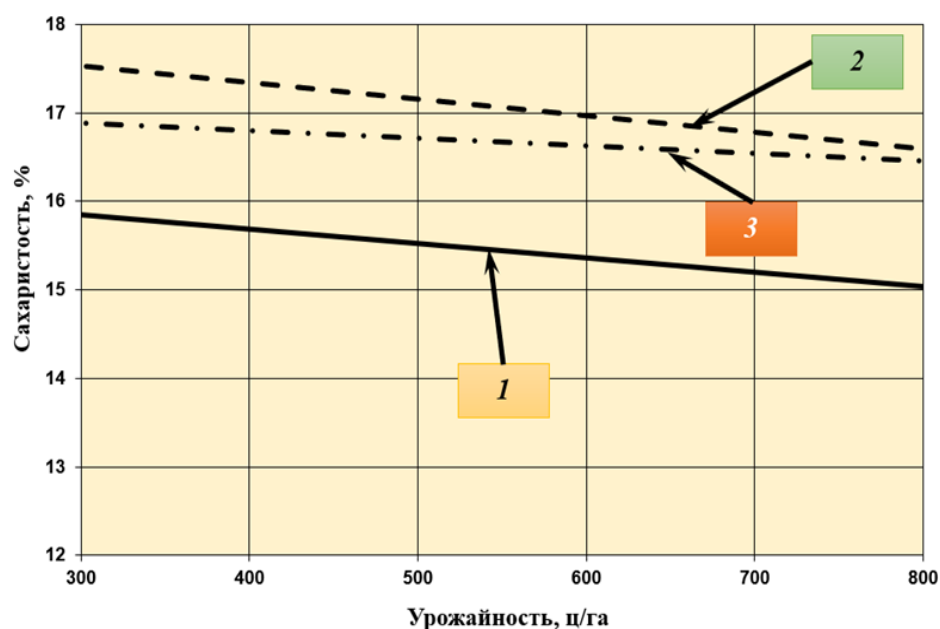


Рисунок 2. Корреляционно-регрессионная модель между показателями урожайности (ц/га) и сахаристости (%) в годы проведения исследований:

1 – 2020 г. ($y = -0,0016x + 16,341$; $R^2 = 0,3948$)

2 – 2021 г. ($y = -0,0019x + 18,2$; $R^2 = 0,4138$)

3 – 2022 г. ($y = -0,0009x + 17,328$; $R^2 = 0,2942$)

Минимальные теоретические значения сахаристости в пределах 15,8% при расчётной урожайности 300 ц/га и до 15,3% при её теоретическом увеличении до 700 ц/га проявились в засушливом 2021 г. Такие низкие показатели объяс-

няются негативным действием засухи (количество осадков в августе составило всего 11,0 мм) при действии повышенного температурного режима. Несмотря на то, что в сентябре 2020 г. выпало 89 мм осадков, однако из-за негативного воздействия водного и температурного стресса в августе отмечено резкое снижение урожайности и теоретических значений сахаристости.

Выводы. Установлено, количество осадков во время периода влагонакопления (октябрь–март) резко возросло в 2020–2021 и 2021–2022 гг. по сравнению с 2019–2020 гг. Количество осадков во время периода влагопотребления (апрель–сентябрь) колебалось в годы исследования, но в целом было в среднем выше среднего многолетнего показателя. Распределение осадков в течение периода влагопотребления было неравномерным, что повлияло на урожайность сахарной свёклы, наряду с общим количеством осадков. Доказано, что на начало вегетационного периода продуктивная влага в слое 0–200 см находилась на уровне 229 мм, в середину вегетации данный показатель снизился до 67 мм (в 3,4 раза), а перед уборкой, падение влагозапасов было ещё более значительным – до 51 мм, или в 4,5 раза.

Запасы продуктивной влаги в почве различались в зависимости от фазы развития сахарной свёклы и метода обработки почвы. В засушливые годы глубокая отвальная обработка почвы (вспашка) приводила к увеличению запасов влаги по сравнению с безотвальной обработкой и поверхностным дискованием. В благоприятные годы безотвальная обработка почвы показала более высокие запасы влаги. К моменту уборки запасы влаги значительно снижались во все годы исследований, что было связано с погодными условиями. Доказано, что потребление влаги из почвы было выше при глубокой отвальной обработке почвы при засушливой погоде и дефиците осадков. В 2021 г. безотвальная обработка почвы показала самый высокий уровень потребления влаги из почвы.

Количество осадков за период вегетации варьировалось в широком диапазоне (3350–4490 м³/га), но имело значительное влияние на водный режим почвы. В засушливом 2020 г. суммарные водопотребление было минимальным (4870–5280 м³/га). В годы с достаточным уровнем природного влагообеспечения (2021, 2022 гг.) зафиксировано повышение данного показателя до 6170–6440 м³/га. Суммарное водопотребление было наибольшим при отвальной обработке и наименьшим при поверхностной обработке. В среднем за годы исследований максимальное суммарное водопотребление (5937 м³/га) наблюдалось при отвальной основной обработке почвы. Безотвальная обработка и поверхностное дискование снизили суммарное водопотребление на 1,5% и 4,9% соответственно.

Сахаристость наибольшее значение (17,4%) достигла при сбалансированной погоде с достаточным количеством осадков и средним температурном режиме в 2021 г. Повышенный уровень естественной влагообеспеченности (2022 г.) способствовали росту массы корнеплодов, но снизили их сахаристость, так же как и засуха в 2020 г. Обработка почвы слабо влияла на сахаристость корнеплодов исследуемой культуры, с несущественным повышением её до 16,9% на варианте с поверхностной обработкой почвы. Применение удобрений также слегка увеличило сахаристость (до 16,8%), особенно органических. Условный выход

сахара существенно варьировался по годам. В 2022 году он достигал 125,9 ц/га при применении вспашки и безотвальной обработке почвы, что было в 2,6 раза выше, чем на необработанном контроле, где этот показатель резко снизился до 47,6 ц/га. С помощью математического моделирования доказана отрицательная обратно пропорциональная линейная зависимость этих показателей. В 2021 г. с высоким уровнем естественного увлажнения сахаристость была выше при средней урожайности корнеплодов (300 ц/га), чем при более высокой (600 ц/га). В 2022 г. сахаристость постепенно снижалась с ростом урожайности (от 16,9% до 16,6%), несмотря на обильные осадки и высокие температуры в августе. Напротив, в более засушливом 2021 г. сахаристость была на минимальном уровне, причём её падение было наиболее заметным при низкой урожайности (15,8%).

Список использованных источников:

1. Калинин, О. С. Влияние способа основной обработки почвы на урожайность сахарной свеклы в условиях центральной зоны Краснодарского края / О. С. Калинин, В. С. Баландин, А. С. Ивлёв // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства : Сборник статей V Международной научно-практической конференции, Пенза, 21–22 февраля 2020 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 67-69.

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

3. Коковихин, С. В. Эффективность использования орошения при выращивании сельскохозяйственных культур в Северном Причерноморье в

References:

1. Kalinin, O. S. Influence of the method of primary soil cultivation on the yield of sugar beet in the central zone of the Krasnodar Territory / O. S. Kalinin, V. S. Balandin, A. S. Ivlev // Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock products: Collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference, Penza, February 21-22, 2020. - Penza: Penza State Agrarian University, 2020. - P. 67-69. 2. Vozhegova, R. A. Agromeliorative justification of crop rotations on non-irrigated and irrigated lands of the Southern steppe of Ukraine / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Strategic directions of development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International scientific and practical conference: in three volumes, Barnaul, February 27-28, 2017. Volume 2. - Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, 2017. - P. 235-237. 3. Kokovikhin, S. V. Efficiency of using irrigation in growing agricultural crops in the Northern Black Sea region under climate change / S. V.

условиях изменения климата / С. В. Коковихин, Е. О. Чернышова, О. В. Макуха // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 31(194). – С. 7-16.

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

5. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. Lykhovyd [et al.] // Journal of Ecological Engineering. – 2019. – Vol. 20, No. 4. – P. 8-13.

6. Коковихин, С. В. Влияние изменений климата и погодных условий на урожайность озимой пшеницы в условиях Центральной зоны Краснодарского края / С. В. Коковихин, Е. С. Бойко, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 106. – С. 104-115.

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

8. 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,

Kokovikhin, E. O. Chernyshova, O. V. Makukha // News of agricultural science of Tavrida. – 2022. – No. 31(194). – P. 7-16.

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

5. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. Lykhovyd [et al.] // Journal of Ecological Engineering. – 2019. – Vol. 20, No. 4. – P. 8-13.

6. Kokovikhin, S. V. The impact of climate change and weather conditions on the yield of winter wheat in the Central zone of Krasnodar Krai / S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 106. – P. 104-115.

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

8. 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

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

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Николаев, Е. В. Адаптивные

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

9. 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.

10. Kokovikhin, S. V. Optimization of farming systems in the Northern Black Sea region under changing climate conditions and the ecological and meliorative state of soils / S. V. Kokovikhin, V. P. Vasilko, A. F. Stashkina // News of the agricultural science of Tavrida. – 2023. – No. 36 (199). – P. 71-89. 11. 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.

12. 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.

13. Adamen, F. F. Efficiency of artificial humidification, taking into account meteorological factors in the cultivation of basic agricultural crops in the conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural

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

15. Магомедтагиров, А. А. Изучение продуктивности отечественных гибридов сахарной свеклы при возделывании в низинно-западинном агроландшафте центральной зоны Краснодарского края / А. А. Магомедтагиров, В. П. Василько // Год науки и технологий 2021 : Сборник тезисов по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 09–12 февраля 2021 года / Отв. за выпуск А.Г. Кошчаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 411.

16. Герасименко, В. Н. Использование новых гибридов сахарной свеклы для устойчивого получения сахара в Брюховецком районе / В. Н. Герасименко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 181. – С. 71-82.

17. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки на агрофизические свойства почвы в технологии возделывания сахарной свеклы / Р. В. Кравченко, А. В. Загорулько, О. С. Калинин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 81. – С. 97-102.

18. Шувалов, А. А. Зависимость агрохимических и агрофизических показателей почвы от основной ее обработки в технологии возделывания сахарной

science of Tavrida. – 2023. – No. 33 (196). – P. 34-43.

14. Nikolaev, E. V. Adaptive technologies - the main direction of crop production development / E. V. Nikolaev, A. M. Izotov, B. A. Tarasenko // Scientific works of the Southern branch of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Crimean Agrotechnological University". Series: Agricultural sciences. - 2012. - No. 149. - P. 5-13.

15. Magomedtagirov, A. A. Study of the productivity of domestic sugar beet hybrids when cultivated in the lowland-western agrolandscape of the central zone of the Krasnodar Territory / A. A. Magomedtagirov, V. P. Vasilko // Year of Science and Technology 2021: Collection of abstracts based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference, Krasnodar, February 09-12, 2021 / Responsible for the release A.G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2021. – P. 411.

16. Gerasimenko, V.N. Use of new sugar beet hybrids for sustainable sugar production in the Bryukhovetsky district one / V. N. Gerasimenko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. - 2022. - No. 181. - P. 71-82.

17. Kravchenko, R. V. Influence of primary tillage on agrophysical properties of soil in sugar beet cultivation technology / R. V. Kravchenko, A. V. Zagorulko, O. S. Kalinin // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2019. - No. 81. - P. 97-102.

18. Shuvalov, A. A. Dependence of agrochemical and agrophysical indicators

свеклы / А. А. Шувалов, Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 162. – С. 219-228.

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

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

21. 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.

22. Эффективность применения гербицидов в посевах кукурузы на зерно в зависимости от срока посева на черноземе выщелоченном центральной зоны Краснодарского края / Т. В. Логойда, А.

of soil on its primary tillage in sugar beet cultivation technology / A. A. Shuvalov, R. V. Kravchenko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2020. – No. 162. – P. 219-228.

19. Vasilko, V. P. Dynamics of the main parameters of agrochemical properties of leached chernozem in the flat agrolandscape of the central zone of Krasnodar Krai depending on the primary tillage system / V. P. Vasilko, A. A. Makarenko, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2022. – No. 102. – P. 110-113.

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

21. Zagorulko, A. V. Formation of grain corn productivity under the influence of nitrogen fertilizers and microelements / A. V. Zagorulko, A. A. 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, Krasnodar, June 05–09, 2023 / Responsible for the release A.G. Maksimenko. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2023. – P. 134-136.

22. Efficiency of herbicide application in grain corn crops depending on the sowing time on leached chernozem of the central zone of Krasnodar Krai / TV Logoyda, AA Makarenko, AA

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

23. Влияние системы основной обработки почвы на структуру чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / Т. В. Логойда, А. А. Макаренко, В. С. Баландин, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 155-166.

24. 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.

25. Василько, В. П. Разработка биологизированных технологий возделывания гибридов сахарной свеклы Кубанской селекции, обеспечивающих сохранение плодородия чернозема выщелоченного и реализацию биологического потенциала культуры / В. П. Василько, Е. С. Бойко // Теория и практика адаптивной селекции растений : Материалы Национальной научно-практической конференции, с. Июльское, 20 июля 2022 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – С. 41-48.

26. 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.

27. Макаренко, А. А. Моделирова-

Magomedtagirov [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2020. – No. 82. – P. 90-96.

23. Influence of the primary tillage system on the structure of leached chernozem in the Western Ciscaucasia / TV Logoyda, AA Makarenko, VS Balandin, AA Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2024. – No. 112. – P. 155-166.

24. 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.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2018. – No. 74. – P. 158-168.

25. Vasilko, V. P. Development of biologized technologies for the cultivation of sugar beet hybrids of Kuban selection, ensuring the preservation of the fertility of leached chernozem and the implementation of the biological potential of the crop / V. P. Vasilko, E. S. Boyko // Theory and practice of adaptive plant breeding: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference, p. Iyulskoye, July 20, 2022. – Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy, 2022. – P. 41-48.

26. 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.

27. Makarenko, A. A. Modeling of irrigated crop rotations using ecological-ameliorative and economic-economic

ние 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.

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

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

30. 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.

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.

28. 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.

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

30. 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:

Валентина Павловна Василько – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры общего и орошаемого земледелия Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail:

Information about the authors:

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.

agronomic@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13;

Владимир Ервантович Егоян – аспирант 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.

Kalinina, 13;

Vladimir Ervantovich Egoyan – Graduate Student of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

УДК 633.15:572.22:633.15

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ
КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ГЕРБИЦИДОВ, СРОКОВ
СЕВА И КОЛИЧЕСТВА
МЕЖДУРЯДНЫХ
КУЛЬТИВАЦИЙ В УСЛОВИЯХ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

**PRODUCTIVITY OF CORN
HYBRIDS DEPENDING ON
HERBICIDES, SOWING TIME AND
THE NUMBER OF INTERROW
CULTIVATIONS IN THE
CONDITIONS OF KRASNODAR
REGION**

Макаренко А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Коковихин С. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Логойда Т. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Makarenko A. A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
Kokovikhin S. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
Logoyda T. V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin"

Установлено, что гибрид кукурузы ДКС 4590 имел наибольшую высоту 216 см. Это незначительно (на 1,9%) превышало этот показатель у гибрида Ладожский 291, а у гибрида Феномен такое снижение было существенным – на 7,5%. Применение гербицидов не оказало влияния на высоту. Напротив, сроки сева имели значительное влияние. При раннем севе высота составила 223 см, на втором сроке (средний) уменьшилась на 7,2%, а наименьшее 198 см было при позднем севе. Проведение междурядных обработок почвы в период вегетации способствовало повышению высоты растений. Посев в ранние сроки обеспечил формирование максимального показателя 38,0 тыс. м²/га, а на втором и третьем – он снизился до 30,9-35,1 тыс. м²/га или на 8,3-22,9%. Минимальный показатель урожайности сухого вещества был зарегистрирован для гибрида Феномен – всего 116

It was found that the DKC 4590 corn hybrid had the greatest height of 216 cm. This was slightly (by 1.9%) higher than this figure for the Ladozhskiy 291 hybrid, and for the Phenomenon hybrid such a decrease was significant – by 7.5%. The use of herbicides did not affect the height. On the contrary, the sowing time had a significant effect. With early sowing, the height was 223 cm, at the second term (average) it decreased by 7.2%, and the smallest 198 cm was with late sowing. Inter-row soil cultivation during the growing season contributed to an increase in plant height. Sowing at early dates ensured the formation of the maximum indicator of 38.0 thousand m²/ha, and at the second and third dates it decreased to 30.9-35.1 thousand m²/ha or by 8.3-22.9%. The minimum dry matter yield was recorded for the Phenomenon hybrid – only 116 c/ha, which was 6.2 and 8.0% less than for the Ladozhskiy 291

ц/га, что было на 6,2 и 8,0% меньше, чем для гибридов Ладожский 291 и DKC 4590. Сроки посева оказали значительное влияние на выход сухой массы кукурузы, при раннем посеве отмечено увеличение этого показателя до 129 ц/га. При выращивании гибрида кукурузы DKC 4590 с применением гербицида Титус Плюс в условиях раннего срока сева и двух культиваций междурядий получена максимальная урожайность зерна – 77,2 ц/га. Этот результат на 80% превышал вариант с гибридом Феномен с обработкой гербицидом Люмакс, позднем посеве и без междурядных обработок. Гибриды Ладожский 291 и DKC 4590 сформировали наибольшую урожайность (61,3 и 63,3 ц/га) в среднем по изучаемым вариантам, тогда как гибрид Феномен имел самый низкий показатель на уровне 56,5 ц/га. Применение гербицида Титус Плюс увеличило урожайность на 2,3-2,7%. Наибольшее влияние имели гибридный состав (24,5%) и срок сева (17,1%). Доля участия гербицидов составила 3,2%, междурядных культиваций – 4,8%, что свидетельствует о меньшем вкладе в формирование урожая зерна кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза, высота растений, площадь листовой поверхности, сухое вещество, урожайность зерна.

and DKC 4590 hybrids. Sowing dates significantly changed the dry matter yield of corn; with early sowing, an increase in this indicator to 129 c/ha was noted. When growing the DKC 4590 corn hybrid with the use of the Titus Plus herbicide under conditions of early sowing and two inter-row cultivations, the maximum grain yield was obtained - 77.2 c/ha. This result was 80% higher than the variant with the Phenomenon hybrid treated with the Lumax herbicide, late sowing and without inter-row cultivations. Hybrids Ladozhskiy 291 and DKC 4590 formed the highest yield (61.3 and 63.3 c/ha) on average for the studied variants, while the hybrid Phenomenon had the lowest indicator at 56.5 c/ha. The use of the herbicide Titus Plus increased the yield by 2.3-2.7%. The greatest influence was had by the hybrid composition (24.5%) and sowing time (17.1%). The share of herbicides was 3.2%, inter-row cultivation - 4.8%, which indicates a smaller contribution to the formation of the corn grain yield.

Key words: corn, plant height, leaf area, dry matter, grain yield.

Введение. Выращивание кукурузы, важнейшей зерновой культуры современного сельского хозяйства, представляет собой очень сложный процесс, требующий применения адаптивных технологий, в которых необходимо использовать районированные гибриды с максимальным потенциалом продуктивности и устойчивостью к неблагоприятным и стрессовым факторам. Для каждого гибрида существует необходимость разработки сортовой технологии, позволяющей в максимальной мере реализовать генетический потенциал. В агроэкосистемах сорняки конкурируют с кукурузой и другими с.-х. культурами за воду, питательные вещества и свет, что приводит к снижению уро-

жайности и снижению экономических параметров сельского хозяйства [1-3]. Корневая система сорняков выделяет вещества, которые ингибируют рост и развитие кукурузы, также сорняки являются хозяевами для вредителей и болезней, которые могут повреждать кукурузу, присутствие сорняков затрудняет проведение агротехнических мероприятий, таких как механизированная обработка, внесение удобрений и др. [4-7]. По оценкам учёных и практиков потери урожайности кукурузы из-за сорняков могут достигать 30-50% в зависимости от степени засорённости поэтому уничтожение сорняков позволяет повысить урожайность и качество зерна, а также снизить производственные затраты. Химические вещества, которые используются для уничтожения или подавления сорняков имеют свои позитивные и негативные свойства по эффективности и продолжительности действия, стоимости внесения на 1 га посевов, фитотоксичности и др., что обуславливает необходимость проведения исследований в этом направлении. Наиболее эффективным является интегрированный подход к защите от сорняков, который включает в себя сочетание агротехнических и химических методов борьбы с сорняками на уровне севооборота, позволяющий оптимизировать использование ресурсов и снизить риск развития резистентности сорняков к гербицидам [8-12].

Изменение климата приводит к более высоким температурам, более частым, интенсивным атмосферным осадкам и более экстремальным погодным явлениям. Эти изменения влияют на оптимальные сроки сева кукурузы, поскольку влияют на такие факторы, как температуры почвы и воздуха; влажность почвы; опасность распространения вредителей и болезней, вероятность повреждения растений заморозков и др. Исследования [13-16] показали, что более высокие температуры почвы и воздуха могут привести к более раннему прорастанию и развитию кукурузы. Однако слишком высокие температуры могут вызвать стресс у растений, затормозить физиологические процессы и снизить урожайность и качество. Повышенное количество осадков может привести к накоплению влаги в верхних слоях почвы, особенно при понижении рельефа, что может привести к снижению прорастания семян и всходам. Переувлажнение на фоне низких температур также может увеличить риск некоторых заболеваний, таких как корневая гниль. Более экстремальные погодные явления, такие как заморозки, могут повредить или уничтожить молодые растения кукурузы [17-19]. При затягивании с севом на фоне повышенного температурного режима может возникнуть угроза пересыхания посевного слоя почвы, что может привести к разреженным всходам, а иногда и к их полному или частичному отсутствию. Поэтому важно выбирать сроки сева, которые сводят к минимуму риски этих погодных явлений.

Изменение климата оказывает значительное влияние на сроки сева кукурузы. Исследования и наблюдения показали, что корректировка сроков сева с учётом ожидаемых погодных условий может помочь фермерам максимизировать урожайность и минимизировать риски, связанные с изменением климата [20-23]. Мониторинг температуры почвы и осадков является ключом к принятию обоснованных решений о сроках сева и достижению устойчивого произ-

водства кукурузы. Защита кукурузы от сорняков в Краснодарском крае имеет сильное научное и экономическое обоснование. Интегрированный подход, включающий агротехнические и химические методы, позволяет эффективно повысить урожайность кукурузы, минимизировать потери и улучшить общее состояние сельскохозяйственных угодий.

Междурядные культивации кукурузы являются важной частью системы возделывания данной культуры многих других пропашных широкорядных культур, поскольку они способствуют уничтожению сорняков, которые конкурируют с культурными растениями за питательные вещества, воду и свет. Культивации разрушает почвенную корку, улучшая аэрацию почвы и обеспечивая доступ кислорода к корням кукурузы. Она создают мульчу на поверхности почвы, которая помогает сохранять влагу и уменьшает испарение [24]. Количество необходимых междурядных культиваций зависит от влияния многих факторов, включая: фазу развития и высоту растений, влажность почвы, количество осадков, температурный режим, тип почвы влияют и плотность почвы. Более влажные условия и тяжёлые почвы требуют большего количества культиваций междурядий. Температура и влажность могут влиять на эффективность гербицидов, что также может повлиять на частоту культиваций. Более высокая густота посева повышает конкуренцию между растениями кукурузы, что может привести к необходимости проведения дополнительных культиваций для контроля сорняков. Междурядные обработки почвы, как правило, не проводятся на ранних фазах развития кукурузы, когда растения слишком малы, чтобы выдержать механическое воздействие. По мере роста растений корни становятся более развитыми и устойчивыми, что позволяет проводить одну, две или три культивации до того, как растения перерастут и культивации не проводят из-за угрозы травмирования кукурузы. Следует отметить, что количество необходимых культиваций может варьироваться в зависимости от локальных условий выращивания с.-х. культур. Поэтому необходимо проводить исследования для установления оптимального количества культиваций в зависимости от потребностей растений, погодных и других условий [25-27].

Материал и методы исследований. Целью исследований было изучить влияние гибридного состава, средств химической защиты растений от сорняков, сроков посева и эффективности применения междурядных культиваций на высоту растений, площадь листовой поверхности, урожайности сухого вещества и зерна при выращивании в условиях Краснодарского края.

В четырёхфакторном полевом опыте с гибридами кукурузы, который проводился на протяжении 2017-2019 гг. на опытном поле учебного хозяйства «Кубань» ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ изучали 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 и математическая обработка экспериментальных данных была проведена по методике опытного дела в агрономии [28].

Предшественником кукурузы на зерно была озимая пшеница. Агротехника в опытах была общепринятой для возделывания кукурузы на зерно в Краснодарском крае за исключением исследуемых факторов и вариантов полевого опыта. Метеорологические условия в годы проведения исследований были типичными для Центральной зоны Краснодарского края. Однако, количество осадков существенно изменялось в годы исследований (рис. 1), что существенно повлияло на уровень урожайности.

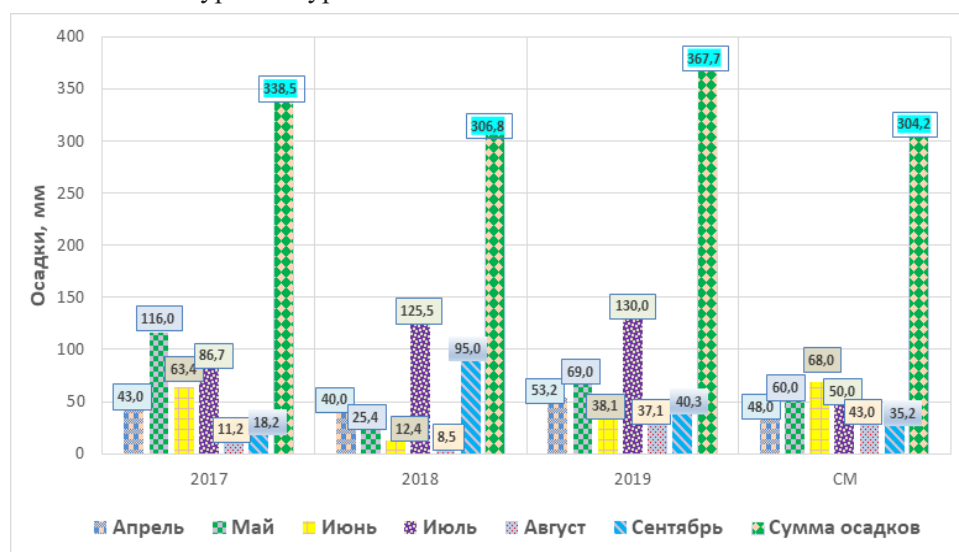


Рисунок 1. Динамика количества атмосферных осадков по месяцам вегетационного периода кукурузы на зерно в годы исследований, в сумме за вегетацию и среднемноголетние (СМ) их показатели (по данным метеостанции учхоза «Кубань» КубГАУ)

Наименьшее количество осадков за вегетационный период растений кукурузы зафиксировано в 2018 г. – 306,8 мм, а в 2017 и 2019 гг. они увеличились до 338,5 и 367,7 мм, или на 10,3 и 19,9%. Также, в засушливом 2018 г. в августе отмечено снижение суммы осадков до 8,5 мм, что негативно повлияло на налив зерна и, как следствие, на уровень урожайности исследуемой культуры, особенно при проведении посева в поздний срок.

Результаты и их обсуждение. В полевых исследованиях установлено, что максимальная высота растений кукурузы в среднем за три года проведения исследований на уровне 239 см сформировалась на варианте с гибридом ДКС 4590 при применении гербицида Люмакс, посеве в ранний срок и проведении двух междурядных культиваций. Снижение на 30,6%, до самого низкого показателя высоты растений (183 см), зафиксировано при выращивании гибрида кукурузы Феномен на фоне применения гербицида Элюмис, позднем севе и проведении одной междурядной обработки.

По гибриднему составу гибрид ДКС 4590 имел наивысшую высоту, в среднем по фактору А, 216 см. У гибрида Ладожский 291 этот показатель несущественно снизился до 212 см или на 1,9%, по сравнению с гибридом Феномен – на 7,5%. Гибрид Ладожский 291 был выше гибрида Феномен на 11 см, или на 5,5%.

Внесение гербицидов не влияло на высоту растений. На всех трёх исследуемых вариантах фактора В этот показатель был одинаковым и составлял 210 см.

По сроком проведения сева, напротив, установлена существенная разница формирования исследуемого показателя, причём с отрицательной тенденцией снижения высоты при переходе от раннего срока сева к среднему и позднему. Так, при раннем посеве высота растений была равна, в среднем, 223 см, при среднем снизилась до 208 см (на 7,2%), наименьшее её значение получено при позднем севе – 198 см, что ниже первого варианта на 12,6%, а второго – на 5,1%.

Проведения междурядных обработок почвы в период вегетации растений способствовало повышению высоты растений. На контрольном варианте фактора D, данный показатель был равен, в среднем, 207 см, при одной культивации он несущественно увеличился на 2,0 см или на 1,0%, что было меньше НСР₀₅ по этому фактору – 2,8 см. На варианте с двумя междурядными обработками почвы получено лучший результат – 213 см, который превышал первый вариант на 3,0%, а второй – на 1,9% и был математически достоверным.

По площади листовой поверхности посевов кукурузы проявились тенденции, выявленные нами по высоте растений, однако проявились и определённые отличия (табл. 2). Наивысшее значение площади листьев – 41,1 тс. м²/га, в среднем за 2017-2019 гг., получено на варианте с гибридом ДКС 4590, применении для уничтожения сорняков гербицида Титус Плюс, посеве в ранний срок и двух междурядных культивациях. Изучаемый показатель снизился в 1,6 раза, до 26,6 тыс. м²/га на варианте с гибридом Феномен, применением гербицида Люмакс, севе в третий (поздний) срок и без проведения культивации междурядий.

Таблица 1. Высота растений кукурузы в зависимости от гибридного состава, гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций, см, 2017-2019 гг.

Гибрид (фактор А)	Герби- цид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам		
			без культивации	одна культивация	две культивации	С	В	А
Ладож- ский 291	Люмакс	Ранний	215	221	232	223	210	212
		Средний	205	213	214	208		
		Поздний	190	200	206	198		
	Элюмис	Ранний	219	230	235		210	
		Средний	200	208	209			
		Поздний	199	196	204			
	Титус Плюс	Ранний	220	229	230		210	
		Средний	214	211	219			
		Поздний	200	205	209			
DKC 4590	Люмакс	Ранний	231	233	239		216	
		Средний	213	211	209			
		Поздний	196	199	211			
	Элюмис	Ранний	231	232	223			
		Средний	224	222	209			
		Поздний	204	212	214			
	Титус Плюс	Ранний	234	230	232			
		Средний	203	207	211			
		Поздний	191	193	209			
Феномен	Люмакс	Ранний	211	208	208		201	
		Средний	204	206	206			
		Поздний	186	191	197			
	Элюмис	Ранний	217	205	209			
		Средний	201	196	197			
		Поздний	185	183	199			
	Титус Плюс	Ранний	217	224	218			
		Средний	198	202	200			
		Поздний	185	184	192			
Среднее по фактору D			207	209	213			
НСР ₀₅ по факторам ABCD – 2,8 см								

Среднефакториальный анализ показал несущественные отличия относительно величины площади ассимиляционной поверхности между гибридами Ладожский 291 и DKC 4590, у которых, в среднем по фактору А, он составлял 35,1 и 35,9 тыс. м²/га, соответственно. То есть разница между этими вариантами составляла 2,3% и была меньше НСР₀₅ (0,9 тыс. м²/га).

По гербицидам (фактор В) площадь листовой поверхности находилась на одном уровне – 34,4-34,9 тыс. м²/га, а разница между вариантами была несущественной – меньше НСР₀₅. Зафиксировано слабое преимущество применения гербицида Титус Плюс на 0,9-1,45% с точки зрения увеличения изучаемого показателя на по сравнению с вариантами внесения препаратов Люмакс и Элюмис.

Таблица 2. Площадь листовой поверхности гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций, тыс. м²/га, 2017-2019 гг.

Культивации, тыс. м ² /га, 2017-2019 гг.								
Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам		
			без культивации	одна культивация	две культивации	С	В	А
Ладож- ский 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 в наибольшей степени повлиял на величину площади ассимиляционной поверхности посевов кукурузы. При раннем посеве (первый срок), в среднем по фактору, данный показатель был максимальным 38,0 тыс. м²/га. При перенесении сева на второй срок – он существенно снизился до 35,1 тыс. м²/га или на 8,3%, а при позднем посеве (третий срок), такое снижение было наибольшим – на 7,1 тыс. м²/га или на 22,9%. Разница между средним и поздним севом составила 13,6% с преимуществом второго срока.

По четвёртому исследуемому фактору (количество междурядных культиваций – фактор D) все отличия показателей площади листовой поверхности были существенными –0,9-1,7 тыс. м²/га, то есть были равны или превышали НСР₀₅, которое составило 0,9 тыс. м²/га. Максимальное значение изучаемого показателя получено при двух культивациях – 35,5 тыс. м²/га, наименьшим (33,8 тыс. м²/га) он был на варианте без обработок междурядий кукурузы.

Показатели сухой массы также изменялись в широком диапазоне по срокам сева и гибриднему составу и в меньшей степени – по вариантам применения средств химической защиты от сорняков и количеству междурядных культиваций посевов исследуемой культуры (табл. 3).

Отмечено повышение выхода сухого вещества кукурузы с 1 га посевной площади до максимального уровня – 139 ц, при применении таких элементов агротехнологии: гибрид – ДКС 4590; гербицид – Титус Плюс; срок сева – ранний; количество культивации – две междурядные обработки почвы. Такая величина была в 1,4 раза больше минимального значения (97 ц/га), которое сформировалось при выращивании гибрида Феномен, защите посева от сорняков с помощью препарата Люмакс, позднем сроке сева и отказе от проведения культивации междурядий.

В среднем по гибриднему составу наибольшая сухая масса сформировалась у гибрида кукурузы ДКС 4590 – 122 ц/га. Несущественное (меньше НСР₀₅ – 2,3 ц/га) снижение на 1,7% наблюдалось у гибрида Ладожский 291. Наименьший сбор сухого вещества в полевом опыте был на делянках с гибридом Феномен, который составил всего 116 ц/га, что было меньше гибридов Ладожский 291 и ДКС 4590 на 6,2 и 8,0%, соответственно.

Применение гербицидов слабо влияло на формирование сухой массы. Этот показатель был равен, в среднем по фактору В, на вариантах с внесением Люмакс и Элюмис 118 ц/га, а при применении гербицида Титус Плюс он существенно (на 0,9%) увеличился до 119 ц/га.

Как и по другим исследуемым показателям, сроки посева имели большое влияние на урожайность сухой массы. Ранний посев способствовал увеличению показателя сухой массы, в среднем по фактору С, до 129 ц/га. Перенесение посева на средний срок обусловило снижение исследуемого показателя до 119 ц/га или 8,4%, поздний сев вызвал ещё большее уменьшение сухой массы – до 107 ц/га или на 20,6%. Второй срок посева позволил сформировать сухой массы на 11,2% больше, чем третий (поздний) срок.

Таблица 3. Сухая масса 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 культивации	одна культивация	две культивации	С	В	А	
Ладож- ский 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				
DKC 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									

Проведение культиваций междурядий кукурузы в разной степени повысило сбор сухой массы от 116 ц/га и контрольном варианте (без междурядных культиваций) до 188 и 121 ц/га или на 1,7 и 4,3%, соответственно. При двух культивациях получена существенная прибавка урожайности сухой массы на 3 ц/га или на 2,5%.

В полевых опытах установлено, что урожайность зерна изучаемых гибридов кукурузы варьировала под действием химической защиты растений от сорняков, изменения сроков сева и количества междурядных культиваций в разной количественной и качественной направленности (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность зерна гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций,

ц/га, 2017-2019 гг.

ц/га, 2017–2019 гг.								
Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам		
			без культивации	одна культивация	две культивации	С	В	А
Ладож- ский 291	Люмакс	Ранний	64,2	65,2	70,7	67,5	59,8	61,3
		Средний	61,2	63,6	66,0	61,3		
		Поздний	46,7	54,9	57,2	52,4		
	Элюмис	Ранний	64,3	67,4	71,0		60,0	
		Средний	57,9	59,8	62,3			
		Поздний	51,3	52,9	52,9			
	Титус Плюс	Ранний	66,5	68,9	72,0		61,4	
		Средний	60,0	62,8	66,9			
		Поздний	55,0	56,3	57,9			
DKC 4590	Люмакс	Ранний	74,5	74,3	70,7			63,3
		Средний	68,3	61,5	61,0			
		Поздний	55,3	49,4	51,1			
	Элюмис	Ранний	69,4	71,9	67,6			
		Средний	66,0	70,8	59,8			
		Поздний	53,6	59,5	55,0			
	Титус Плюс	Ранний	68,6	72,2	77,2			
		Средний	61,5	61,4	66,5			
		Поздний	53,0	49,9	58,8			
Феномен	Люмакс	Ранний	61,5	59,4	61,0		56,5	
		Средний	56,2	57,3	58,9			
		Поздний	42,3	49,6	51,7			
	Элюмис	Ранний	63,5	59,6	64,7			
		Средний	57,7	55,6	57,6			
		Поздний	48,4	47,9	53,0			
	Титус Плюс	Ранний	63,9	65,4	67,5			
		Средний	56,1	58,2	59,9			
		Поздний	49,6	49,1	51,4			
Среднее по фактору D			59,1	60,2	61,9			
НСР ₀₅ по факторам ABCD – 1,26 ц/га								

Максимальная урожайность на уровне 77,2 ц/га получена при выращивании гибрида ДКС 4590 с применением гербицида Титус Плюс с посевом его в ранний срок и при проведении двух междурядных обработок. На варианте с гибридом Феномен, на котором для защиты растений от сорняков использовали гербицид Люмакс, а сев проводили в поздний срок и не применяли культивацию междурядий этот показатель снизился в 1,8 раза – до 42,3 ц/га.

В среднем по фактору А у гибридов Ладожский 291 и ДКС 4590 урожайность зерна была максимальной и находилась на уровне 61,3 и 63,3 ц/га. При выращивании гибрида Феномен этот показатель был на минимальном уровне – 56,5 ц/га, что на 8,5 и 12,0% меньше, чем у первого и второго гибридов.

По второму исследуемому фактору (химическая защита растений от сорняков) доказано преимущество использования гербицида Титус Плюс, на варианте с которым зерновая продуктивность увеличилась до 61,4 ц/га, или на 2,3-2,7% по сравнению с применением гербицидов Люмакс и Элюмис. При этом такая прибавка урожая зерна кукурузы была математически достоверной – 1,4-1,6 ц/га при НСР₀₅ – 1,26 ц/га. Между вариантами с внесением препаратов Люмакс и Элюмис прибавка урожая находилась в пределах ошибки полевого эксперимента – 0,2 ц/га, или 0,3%.

По срокам сева (фактор С) проявилась чёткая закономерность снижения урожайности при перенесении на средний и, особенно, на поздний срок. Так, при раннем сроке среднефакториальная урожайность кукурузы была наибольшей и равнялась 67,5 ц/га. При среднем сроке она снизилась на 10,1% и составляла 61,3 ц/га. На позднем сроке сева отмечено её снижение до 52,4 ц/га, что меньше раннего срока на 28,8%, а среднего – на 17,0%. Такие результаты следует рассматривать как проявление влияния глобального и регионального потепления климата, которое требует корректировки сроков сева и их перенесения на ранний период.

Количество междурядных обработок по-разному повлияло на урожайность зерна исследуемых гибридов кукурузы. Так, на варианте без проведения культиваций урожайность была наименьшей – 59,1 ц/га. При проведении одной междурядной обработки зафиксировано её несущественное увеличение на 1,1 ц/га, или на 1,9% (при НСР₀₅ = 1,26 ц/га). При двух культивациях изучаемый показатель возрос до 61,9 ц/га, что было математически достоверным и превышало первый вариант фактор D на 2,8 ц/га, или 4,7%.

Изучаемые в полевых опытах факторы в разной степени проявили влияние на уровень урожайности зерна кукуруза (рисунок 2). Гибриды (фактор А) и срок сева (фактор С) имели наибольшую величину долевого участия – 24,5 и 17,1%, соответственно. Удельный вес применения гербицидов (фактор В) – 3,2% и культивации междурядий (фактор D) – 4,8%, имел низкий уровень.

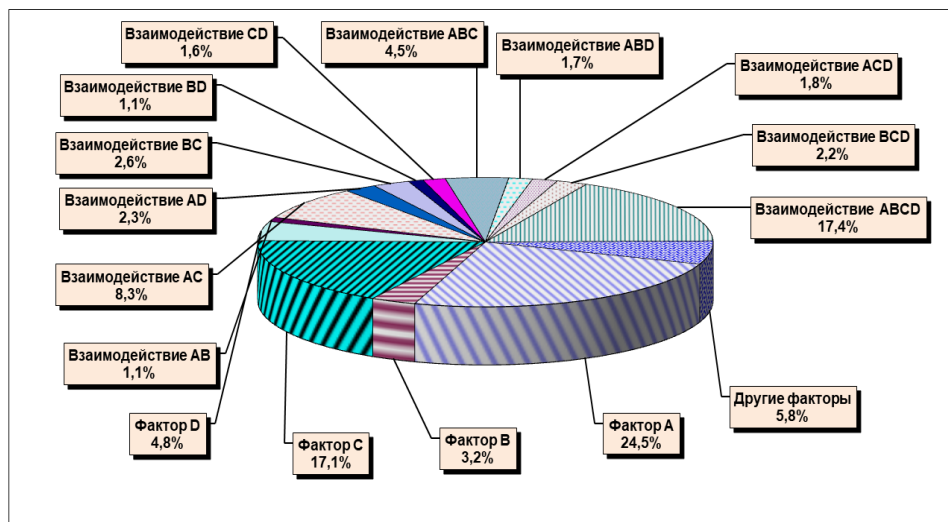


Рисунок 2. Доля участия в формировании урожайности зерна кукурузы исследуемых факторов: фактор А – гибрид; фактор В – гербицид; фактор С – срок сева; фактор D – культивации, %

Взаимодействие исследуемых факторов изменялась в очень широком диапазоне. Так, наибольшее влияние на зерновую продуктивность растений имело полное взаимодействие изучаемых элементов технологии возделывания кукурузы – ABCD, которое составило 17,4%. Также высоким был удельный вес взаимодействия гибридного состава и сроков сева (AC) – 8,3%. Наименьшее взаимодействие на уровне 1,1% отмечено при сочетании факторов АВ (гибрид и гербицид) и BD (гербицид и междурядные обработки почвы). Влияние неучтённых факторов, к которым следует отнести отличия в погодных условиях, элементах технологии выращивания, пестроты плодородия и др., составило 5,8%.

Выводы. В проведённых полевых опытах установлена разная степень влияния на продуктивность гибридов кукурузы (высоту растений, площадь листьев, выход сухой массы, урожайность зерна) в зависимости от средств химической защиты растений, сроков сева и проведения междурядных обработок посевов на продуктивность культуры. Гибрид кукурузы ДКС 4590 имел наибольшую высоту 216 см. Это незначительно (на 1,9%) превышало этот показатель у гибрида Ладожский 291, а у гибрида Феномен такое снижение было существенным – на 7,5%. Применение гербицидов не оказало влияния на высоту. Напротив, сроки сева имели значительное влияние. При раннем севе высота составила 223 см, на втором сроке (средний) уменьшилась на 7,2%, а наименьшее 198 см было при позднем севе. Проведение междурядных обработок почвы в период вегетации способствовало повышению высоты растений. Так, на необрабатываемых делянках она составила 207 см, при одной культивации – несущественно возросла на 2,0 см, а её максимальное значение (213 см) получили при двух культивациях междурядий кукурузы.

Величина площади ассимиляционной поверхности листьев кукурузы между гибридами Ладожский 291 и ДКС 4590 статистически не различалась. Средний показатель для обоих гибридов составил 35,5 тыс. м²/га, а разница между ними была незначительной - всего 2,3%, что ниже минимального допустимого порогового значения (0,9 тыс. м²/га), однако на варианте с гибридом Феномен зафиксировано снижение данного показателя до 32,8 тыс. м²/га или на 7,0-9,5%. Зафиксирован некоторый положительный эффект от внесения гербицида Титус Плюс, который увеличил площадь поверхности листьев на 0,9-1,45% по сравнению с препаратами Люмаксом и Элюмисом. Посев в ранние сроки обеспечил формирование максимального показателя 38,0 тыс. м²/га, а на втором и третьем – он снизился до 30,9-35,1 тыс. м²/га или на 8,3-22,9%. На опытных делянках без культиваций площадь листьев была минимальной – 33,8 тыс. м²/га, а их применение обеспечило возрастание этого показателя до 35,5 тыс. м²/га.

Наибольший выход сухого вещества был получен при выращивании гибрида ДКС 4590 – 122 ц/га. Незначительное снижение урожайности на 1,7% (менее 2,3 ц/га) отмечалось только при использовании гибрида Ладожский 291. Минимальный показатель урожайности сухого вещества был зарегистрирован для гибрида Феномен - всего 116 ц/га, что было на 6,2 и 8,0% меньше, чем для гибридов Ладожский 291 и ДКС 4590 соответственно. Гербицидная обработка слабо влияли на формирование сухого вещества. Сроки посева оказали значительное изменяли выход сухой массы кукурузы, при раннем посев отмечено увеличению этого показателя до 129 ц/га. Сдвиг срока посева на средний и поздний периоды привёл к снижению урожайности на 8,4% и 20,6%. Применение междурядных культиваций по сравнению с контрольным вариантом увеличило сбор сухой массы на 1,7-3,4%.

Полученные результаты продемонстрировали, что выбор гибрида кукурузы, обработка гербицидами, время посева и междурядные культивации оказывают существенное влияние на урожайность зерна. Так, при выращивании гибрида кукурузы ДКС 4590 с применением гербицида Титус Плюс в условиях раннего срока сева и двух культиваций междурядий получена максимальная урожайность зерна – 77,2 ц/га. Этот результат на 80% превышал вариант с гибридом Феномен с обработкой гербицидом Люмакс, позднем посеве и без междурядных обработок. Гибриды Ладожский 291 и ДКС 4590 сформировали наибольшую урожайность (61,3 и 63,3 ц/га) в среднем по изучаемым вариантам, тогда как гибрид Феномен имел самый низкий показатель на уровне 56,5 ц/га. Применение гербицида Титус Плюс увеличило урожайность на 2,3-2,7%. Ранний посев способствовал получению максимальной зерновой продуктивности – 67,5 ц/га, при позднем севе (третий срок) – урожайность снизилась на 28,8%. Проведение двух междурядных обработок увеличили урожайность на 4,7%, достигнув 61,9 ц/га.

Дисперсионный анализ подтвердил, что все исследуемые факторы оказали значительное влияние на урожайность кукурузы. Наибольшее влияние имели

гибридный состав (24,5%) и срок сева (17,1%). Доля участия гербицидов составила 3,2%, междурядных культиваций – 4,8%, что свидетельствует о меньшем вкладе в формирование урожая зерна кукурузы.

Список использованных источников:

1. 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.

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

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

4. Коковихин, С. В. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв / С. В. Кокови-

References:

1. Zagorulko, A. V. Formation of grain corn productivity under the influence of fertilizing with nitrogen fertilizers and microelements / A. V. Zagorulko, A. A. 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, Krasnodar, June 5–9, 2023 / Responsible for the release A. G. Maksimenko. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2023. - P. 134-136.

2. Vasilko, V. P. Dynamics of the main parameters of agrochemical properties of leached chernozem in the flat agrolandscape of the central zone of the Krasnodar Territory depending on the primary tillage system / V. P. Vasilko, A. A. Makarenko, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2022. - No. 102. - P. 110-113.

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

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

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

5. 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.

6. 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.

7. Влияние системы основной обработки почвы на структуру чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / Т. В. Логойда, А. А. Макаренко, В. С. Баландин, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 155-166.

8. 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.

9. Баландин, В. С. Влияние системы удобрения на урожайность и качество зерна кукурузы в условиях низинно-западного агроландшафта / В. С. Баландин, В. П. Василько // Современные векторы развития науки : Сборник статей по материалам ежегод-

- П. 71-89.

5. 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.

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

7. Influence of the primary tillage system on the structure of leached chernozem in the Western Ciscaucasia / TV Logoyda, AA Makarenko, VS Balandin, AA Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2024. – No. 112. – P. 155-166.

8. 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.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2018. – No. 74. – P. 158-168.

9. 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 vectors of science development: Collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of R&D for 2023, Krasnodar,

ной 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. - 3

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Вожегова, Р. А. Агромелиоративное обоснование севооборотов на неполивных и орошаемых землях Южной степи Украины / Р. А. Вожегова, И. Н.

February 06, 2024. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2024. - P. 3-4. - 3

10. 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.

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

12. 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.

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

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

Беляева, С. В. Коковихин // Стратегические направления развития АПК стран СНГ : материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах, Барнаул, 27–28 февраля 2017 года. Том 2. – Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 235-237.

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

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

17. Ничипуренко, Е. Н. Изменения содержания общего гумуса в почве травяно-зернопропашного севооборота в зависимости от системы удобрений в низинно-западинном агроландшафте / Е. Н. Ничипуренко, А. А. Магомедтагиров // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 74-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2018 год, Краснодар, 26 апреля 2019 года / Ответственный за выпуск А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 55-56.

18. Modeling safflower seed

Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, 2017. – P. 235-237.

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

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

17. Nichipurenko, E. N. Changes in the content of total humus in the soil of grass-grain-row crop rotation depending on the fertilizer system in the lowland-western agricultural landscape / E. N. Nichipurenko, A. A. Magomedtagirov // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 74th scientific and practical conference of students on the results of R&D for 2018, Krasnodar, April 26, 2019 / Responsible for the release A.G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2019. – P. 55-56.

18. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. Lykhovyd [et al.] // Journal of Ecological Engineering. – 2019. – Vol. 20, No. 4. – P. 8-13.

19. Kokovikhin, S. V. The

productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. Lykhovyd [et al.] // *Journal of Ecological Engineering*. – 2019. – Vol. 20, No. 4. – P. 8-13.

19. Коковихин, С. В. Влияние изменений климата и погодных условий на урожайность озимой пшеницы в условиях Центральной зоны Краснодарского края / С. В. Коковихин, Е. С. Бойко, А. А. Магомедтагиров // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2023. – № 106. – С. 104-115.

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

21. 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.

22. 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.

23. Коковихин, С. В. Кластерный анализ качественных показателей поливной воды рек Ингулец и Днепр, используемых для орошения в условиях Северного Причерноморья / С. В. Коко-

influence of climate change and weather conditions on the yield of winter wheat in the Central zone of Krasnodar Krai / S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko, A. A. Magomedtagirov // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. – 2023. – No. 106. – P. 104-115.

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

21. 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.

22. 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.

23. 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.

24. Adamen, F. F. Efficiency of

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

24. 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..

25. Калинин, О. С. Влияние способа основной обработки почвы на урожайность сахарной свеклы в условиях центральной зоны Краснодарского края / О. С. Калинин, В. С. Баландин, А. С. Ивлев // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства : Сборник статей V Международной научно-практической конференции, Пенза, 21–22 февраля 2020 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 67-69.

26. 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.

27. 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.] //

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

25. Kalinin, O. S. Influence of primary soil cultivation method on sugar beet yield in the central zone of Krasnodar Krai / O. S. Kalinin, V. S. Balandin, A. S. Ivlev // Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock products: Collection of articles of the V International scientific and practical conference, Penza, February 21-22, 2020. – Penza: Penza State Agrarian University, 2020. – P. 67-69.

26. 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.

27. The influence 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 issue A. G.

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.

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

Koshchaev. Volume Part 1. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2021. - P. 61-64.

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

Сведения об авторах:

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

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».

Тимофей Владимирович Логой-

Information about the authors:

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.

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

Timofey Vladimirovich Logoyda – Candidate of Agricultural Sciences,

да – кандидат сельскохозяйственных наук, директор учебно-опытного хозяйства «Кубань» КубГАУ, доцент кафедры растениеводства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», e-mail: agronomic@kubsau.ru, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

Director of the educational and experimental farm “Kuban” KubSAU, Associate Professor of the Department of Plant Growing of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, e-mail: agronomic@kubsau.ru , 350044, Krasnodar, st. Kalinina, 13.

УДК 631.43:631.526.32:631.51.021

**ДИНАМИКА ПЛОТНОСТИ
СЛОЖЕНИЯ
ТЕМНО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ
ОБРАБОТКИ ПРИ
ВЫРАЩИВАНИИ ОЗИМЫХ И
ЯРОВЫХ КУЛЬТУР В
ОРОШАЕМОМ
СЕВООБОРОТЕ**

**DYNAMICS OF THE
DENSITY OF DARK CHESTNUT
SOIL DEPENDING
ON THE SYSTEM OF
PRIMARY CULTIVATION
IN THE CULTIVATION OF
WINTER
AND SPRING CROPS IN
IRRIGATED CROP
ROTATION**

Адамень Ф. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НААН, ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – национальный научный центр РАН»;

Коковихин С. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»;

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

Adamen F. F., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, FSBI S "Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden - National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences";
Kokovikhin S. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin";

Stashkina A. F., Candidate of Agricultural Sciences, "Karadag Scientific Station named after T.I. Vyazemsky - Nature Reserve of the Russian Academy of Sciences"

Доказано, что в начале вегетационного периода 2015 г. плотность почвы варьировала от 1,27 до 1,29 г/см³. В среднем за две ротации, плотность почвы составила 1,20-1,29 г/см³, что на 6,4% ниже, чем в первый год исследования. Наблюдалось также постепенное снижение плотности почвы в течение каждой ротации в зависимости от применяемой системы обработки. Длительное использование дифференцированной системы обработки почвы привело к снижению плотности сложения от 1,28 г/см³ до 1,22 г/см³

It was shown that at the beginning of the vegetation period of 2015, the soil density varied from 1.27 to 1.29 g/cm³. On average, over two rotations, the soil density was 1.20-1.29 g/cm³, which is 6.4% lower than in the first year of the study. A gradual decrease in soil density was also observed during each rotation, depending on the applied tillage system. Long-term use of the differentiated tillage system led to a decrease in bulk density from 1.28 g/cm³ to 1.22 g/cm³ (by 4.9% on average over the crop rotation). Similarly, no-till

(на 4,9% в среднем по севообороту). Аналогично, безотвальная разнотрубинная обработка снизила плотность почвы до оптимальных значений – от 1,27 до 1,20 г/см³ (на 5,8%). В ходе полевых экспериментов изучалось влияние сидератов на плотность почвы. На контроле зафиксирована средняя плотность сложения почвы в слое 0-40 см на уровне 1,25 г/см³. Применение сидеральных культур привело к её снижению до значений 1,22-1,23 г/см³, что составляет уменьшение на 2,4% по сравнению с контролем. Более значительное снижение плотности почвы, на 3,2%, было зафиксировано в слое 20-30 см. В противоположность этому, длительное применение мелкой дисковой обработки почвы на глубину 12-14 см привело к незначительному, на 0,8%, увеличению плотности почвы по сравнению с контрольной группой. Наиболее уплотнённой оказалась почва на варианте с безотвальной мелкой одноглубинной обработкой в слое 0-20 см. При дифференцированной системе обработки почвы уплотнение составило 5,7% по сравнению с началом вегетационного периода. Применение мелкой безотвальной обработки привело к более значительному уплотнению – 8,1%. Безотвальная разнотрубинная обработка показала меньшее уплотнение – 4,9%, а нулевая обработка почвы с посевом в необработанную почву – 6,3%. В совокупности полученные данные свидетельствуют о том, что на вариантах опытов, где сидеральная культура не применялась, наблюдается заметное ухудшение структуры почвы в результате механических воздействий и процессов, происходящих

variable-depth cultivation reduced the soil density to optimal values - from 1.27 to 1.20 g/cm³ (by 5.8%). The effect of green manure on soil density was studied during field experiments. The average soil bulk density in the 0-40 cm layer was 1.25 g/cm³ in the control group. The use of green manure crops led to its decrease to 1.22-1.23 g/cm³, which is a decrease of 2.4% compared to the control. A more significant decrease in soil density, by 3.2%, was recorded in the 20-30 cm layer. In contrast, long-term use of shallow disc tillage to a depth of 12-14 cm led to an insignificant increase in soil density by 0.8% compared to the control group. The soil in the variant with shallow single-depth no-till cultivation in the 0-20 cm layer turned out to be the most compacted. With the differentiated soil cultivation system, compaction was 5.7% compared to the beginning of the growing season. The use of shallow no-till cultivation led to more significant compaction - 8.1%. No-till, variable-depth cultivation showed lower compaction – 4.9%, and zero tillage with sowing into uncultivated soil – 6.3%. Taken together, the data obtained indicate that in the experimental variants where green manure crops were not used, there is a noticeable deterioration in the soil structure as a result of mechanical impacts and processes occurring during the growth of agricultural crops. On the contrary, the studies confirm that the use of green manures contributes to a significant reduction in the intensity of soil compaction, preventing a negative impact on its physical properties and providing more favorable conditions for plant growth.

во время роста сельскохозяйственных культур. Напротив, исследования подтверждают, что использование сидератов способствует значительному снижению интенсивности уплотнения почвы, предотвращая негативное воздействие на её физические свойства и обеспечивая более благоприятные условия для роста растений.

Ключевые слова: почвы, плотность сложения, севооборот, кукуруза, озимый ячмень, соя, озимая пшеница, сидераты.

Key words: soils, bulk density, crop rotation, corn, winter barley, soybeans, winter wheat, green manure.

Введение. Формирование урожайности сельскохозяйственных культур в орошаемых землях в значительной степени обусловлено влиянием на ростовые процессы, накопление надземной и подземной биомассы, фотосинтетическую деятельность агрофизических показателей и параметров водного режима почвы. Задача агрономических исследований состоит в разработке агротехнических мероприятий, направленных на оптимизацию водно-воздушного режима почвы по направлению наилучшего обеспечения растений водой и питательными веществами. Наибольшее влияние на водно-физические показатели почвы проявляют система его обработки и система удобрения. Эти факторы способны улучшить рост и развитие растений, получить высокие и качественные урожаи полевых культур, не допустить проявления негативных экологических последствий, обеспечить максимальную экономическую и энергетическую эффективность агропроизводства [1, 2, 3, 4].

Плотность почвы – важная характеристика, показывающая, в каких условиях растут и развиваются растения. От плотности сложения грунта зависят все почвенные режимы: воздухообмен, водопроницаемость, влагоёмкость, теплоёмкость, микробиологические и окислительно-восстановительные процессы. Она влияет на технологические свойства, качество обработки почвы. Все это отражается на величине и качестве урожая. При оптимальном строении пахотного слоя создаются условия для повышенного расходования влаги на испарение, а при плотном – неблагоприятные для развития корни растений. Значительный вред почвам наносит агрофизическая деградация, которая проявляется в уплотнении почвы и ухудшении его структуры [5, 6, 7].

Из всей совокупности физических свойств почвы, она является основным свойством, определяющим многие другие. От плотности зависит водный, воздушный, тепловой режим почвы, интенсивность микробиологических процессов, мобилизация питательных веществ и условия питания растений [8]. Отклонения от агрофизических параметров неблагоприятно сказываются на развитии культур, что, в свою очередь, приводит к заметному снижению уро-

жайности сельскохозяйственных культур [9, 10]. Низкий уровень плотности пахотного слоя почвы обуславливает большой расход воды на испарение, медленное прорастание и получение слабых недружественных всходов, а также повреждение корневой системы растений, в результате естественного процесса уплотнения и оседания почвы [11, 12, 13, 14]. Повышенная плотность ухудшает водно-воздушный режим, уменьшает микробиологическую активность, ингибирует процесс нитрификации и угнетает развитие корневой системы растений [15, 16, 17]. Для недопущения естественного переуплотнения почв в системах земледелия предусматриваются меры по улучшению их физических свойств путём правильного чередования культур в севообороте, внесения органических удобрений, известкования и гипсования. Также следует отметить, что тепловой режим, регулируемый плотностью сложения. От неё зависят теплопроводность и теплоёмкость [18, 19, 20, 21]. Любую технологическую операцию, которую мы влияем, можно рассматривать как приёмы тепловой мелиорации. Так, чрезмерное уплотнение почвы приводит к снижению биологической и ферментативной активности и, как следствие, снижает доступность элементов питания [22, 23, 24, 25, 26]. Одной из основных задач обработки почвы является увеличение содержания доступной влаги в почве в период вегетации культур. К факторам влияния на формирование как водного, так и питательного режима почвы относятся плотность сложения, пористость и водопроницаемость почвы [27, 28].

Материал и методы исследований. Целью исследований было изучить влияния разных систем основной обработки почвы на плотность сложения темно-каштановой почвы при выращивании озимых и яровых культур в орошаемом севообороте в условиях Северного Причерноморья.

Многолетние полевые опыты были проведены на территории опытного хозяйства «Асканийское» Института орошаемого земледелия на протяжении 2015-2020 гг.

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

За контроль была принята общепризнанная для орошаемых земель Северного Причерноморья система дифференцированной основной обработки почвы, где в течение ротации севооборота чередуются глубокие, мелкие и поверхностные способы с оборотом и без оборота пласта. Во втором варианте применялась мелкая одноглубинная безотвальная система основной обработки почвы. В третьем варианте изучалась разноглубинная чизельная обработка почвы с глубиной рыхления от 23-25 до 28-30 см. В четвертом варианте исследовалась возможность отказа от почвенной обработки – использование нулевой обработки. Площадь посевных делянок – 860-920 м², учётных – 38-50 м². Закладка и математическая обработка экспериментальных данных была проведена по методике опытного дела в агрономии [28].

Результаты и их обсуждение. В полевых опытах установлено, что в на-

чале вегетации с.-х. культур севооборота плотность сложения зависела как от способа основной обработки почвы, так и от агробиологических параметров каждой культуры. Максимальные показатели плотности сложения в слое 0-40 см зафиксированы на опытных делянках с озимой пшеницей – 1,35-1,46 г/см³ и соей – 1,26-1,46. Этот показатель несущественно снизился на посевах кукурузы в зависимости от способа и глубины основной обработки почвы – до 1,28-1,38 г/см³.

В посевах озимой пшеницы наибольшая плотность сложения в слое 0-40 см наблюдалась при прямом посеве в предварительно необработанную почву (нулевая обработка), которая возросла до 1,46 г/см³. Следует отметить, что наибольшее уплотнение наблюдалось в слое почвы 10-20 и 20-30 см – 1,53 и 1,47 г/см³, соответственно. Эти показатели превышали оптимальные значения плотности почвы для озимой пшеницы, что негативно отразилось на уровне урожайности этой культуры. Самая рыхлая почва была во всех слоях почвы на глубине 0-40 см при чизельной её обработке на глубину 23-25 см (безотвальная разноглубинная система основной обработки) – 1,12-1,36 г/см³. Такая же тенденция наблюдалась на делянках с кукурузой, когда максимальная плотность почвы в слое 0-40 см сформировалась на варианте посева в предварительно необработанную почву – 1,38 г/см³. Наиболее уплотнёнными были слои почвы 0-10, 10-20 и 20-30 см – 1,40 г/см³. Наименьшей плотностью отличился вариант безотвальной разноглубинной системы основной обработки почвы – 1,28 г/см³, которая превышала контроль на 0,06 г/см³ за счёт более уплотнённого слоя на глубине 30-40 см (рис. 1).

На опытных делянках с слей наименьшая плотность сложения почвы была при применении вспашки на глубину 28-30 см (дифференцированная система основной обработки), которая была равна 1,26 г/см³ в слое 0-40 см. Наибольшее возрастание плотности почв получено при дисковой обработке на 12-14 см (безотвальная мелкая система обработки), которое составляло 1,40 г/см³. Высокая плотность наблюдалась во всех слоях до глубины 40 см. Такие значения плотности сложения почвы выше оптимальных параметров зафиксированы и при выращивании сои. Следует отметить, что наименьшими показателями плотности почвы характеризовался вариант разноглубинного безотвального рыхления, который изменялся в диапазоне 1,26-1,29 г/см³, в зависимости от исследуемой культуры, что фактически было на уровне контрольного варианта (дифференцированной системы основной обработки), которая была равна 1,28 г/см³.

Уменьшение глубины обработки почвы привело в свою очередь к увеличению показателей плотности в слое 0-40 см – до 1,36 г/см³, или, в среднем, на 6,2% по сравнению с контролем, а использование нулевой обработки – до максимальных показателей в опыте на уровне 1,39 г/см³, что свидетельствует о том, что использование нулевой обработки увеличивает плотность в первый год его использования на 8,6% по сравнению с дифференцированной системой основной обработки почвы.

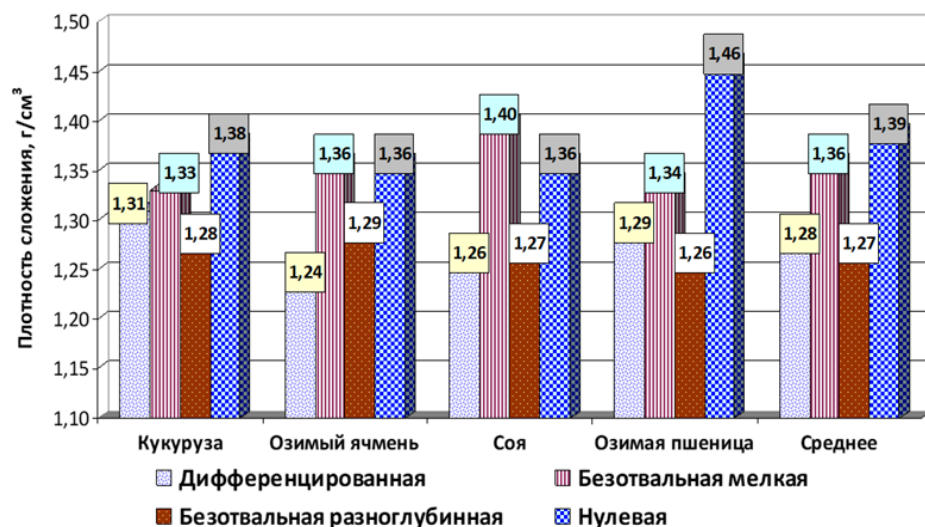


Рисунок 1. Плотность сложения темно-каштанового грунта в слое 0-40 см в зависимости от системы основного возделывания в начале вегетации культур орошаемого севооборота, г/см³, 2019 г.

В то же время применение минимизированной обработки почвы способствовало разрыхлению только верхнего слоя почвы (0-10 см), в котором исследуемый показатель составил – 1,22 г/см³, в то время как горизонты почвы 10-30 см – были переуплотнены до 1,42-1,39 г/см³, что свидетельствует о формировании так называемой «плужной подошвы» в слое почвы 10-30 см. Наиболее уплотнённая почва была при нулевой обработке почвы в севообороте, где изучаемый показатели колебались от 1,33 г/см³ в слое почвы 0-10 см до 1,43 г/см³ – в слое 20-30 см, в среднем по севообороту.

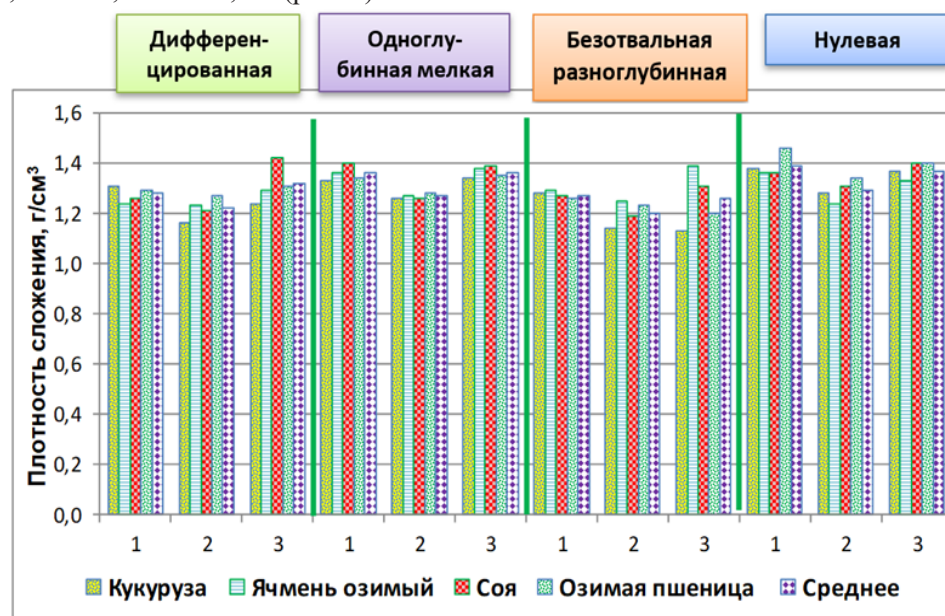
Результаты полевых исследований, проведённых на протяжении 2015-2020 гг. в начале вегетации показали, что уменьшение глубины обработки почвы приводит к увеличению плотности сложения. Так, максимальные показатели (1,26-1,28 г/см³), в зависимости от культуры изучаемого севооборота, наблюдались при одноглубинной мелкой системе обработки почвы, что выше дифференцированной обработки (контроль), в среднем, на 4,1%.

Наибольшие показатели плотности почвы на уровне 1,24-1,29 г/см³, в зависимости от культуры севооборота, и, в среднем, были больше контроля на 5,7%, сформировались при нулевой обработке почвы. Использование вспашки на глубину 28-30 см в системе дифференцированной обработки почвы уменьшали плотность сложения до 1,20-1,22 г/см³. В то же время, наименьшие её показатели получены при разнотрубной безотвальной обработке почвы – 1,17-1,20 г/см³, что меньше контроля на 1,6%, ниже мелкой одноглубинной, в среднем, на 5,8%, а нулевой обработки почвы на 7,5%.

Это свидетельствует о том, что применение традиционной вспашки оказывает сильное разрыхляющее действие на пахотный слой и, в то же время,

переуплотняя слой почвы 30–40 см. Поверхностная и мелкая обработка почвы обеспечивают рыхление верхнего 0–10 см слоя почвы, однако в слоях 10–30 см плотность почвы существенно повышается. Использование разноглубинной безотвальной обработки почвы приводит к уплотнению среднего слоя почвы, тогда как нижняя его часть – имеет меньшую плотность и остаётся более рыхлой. В то же время, обобщая полученные экспериментальные данные, можно сделать выводы по поводу изменения плотности сложения за две ротации орошаемого севооборота в зависимости от исследуемых систем основной обработки почвы. Так, в начале вегетации (2015 г.) плотность в зависимости от системы основной обработки колебалась в пределах от 1,27 до 1,29 г/см³.

В среднем за две ротации севооборота получены показатели плотности почвы на уровне 1,20–1,29 г/см³, то есть меньше первого года использования, в среднем, на 6,4%. Также можно наблюдать и за уменьшением плотности в течение ротации севооборотов в зависимости от исследуемых систем основной обработки почвы. Доказано, что длительное использование дифференцированной системы основной обработки почвы уменьшает плотность от 1,28 до 1,22 г/см³, или на 4,9%, в среднем по севообороту. Безотвальная разноглубинная обработка также уменьшает плотность почвы до оптимальных параметров – от 1,27 до 1,20 г/см³, или на 5,8% (рис. 2).



Примечания: сроки отбора проб почвы: 1 – начало вегетации 2015 г.; 2 – начало вегетации, в среднем за 2015–2020 гг.; 3 – конец вегетации, в среднем за 2015–2020 гг.

Рисунок 2. Динамика плотности сложения темно-каштановой почвы в слое 0–40 см при выращивании с.-х. культур севооборота в зависимости от систем основной обработки почвы, г/см³

Длительное применение мелкой безотвальной системы основной обработки почвы уменьшило её плотность от 1,36 до 1,27 г/см³ или на 7,1%, а нулевая обработка, соответственно, от 1,39 до 1,29 г/см³ или на 7,7%. То есть при использовании минимизированной и нулевой обработки почвы наблюдалось максимальное снижение плотности почвы, это свидетельствует о том, что использование этих систем приводит к наименьшему количеству формирования органического вещества и переработке его почвой и снижению содержания гумуса.

Анализом данных динамики плотности сложения почвы по пахотному горизонту, в среднем за 2015-2020 гг., определено, что оптимальные показатели для развития исследуемых с.-х. культур севооборота сформировались по системам разноглубинной безотвальной обработки почвы в слое 0-10 см – 1,12 г/см³; в слое 10-20 см – 1,24 г/см³; в слое 20-30 см – 1,32 г/см³; в слое 30-40 см – 1,35 г/см³ (рис. 3).

При дифференцированной системе обработки почвы показатели плотности почвы показали тенденцию к снижению – до 1,15 г/см³ в слое 0-10 см; до 1,41 г/см³ – в слое 20-30 см, в среднем по исследуемому севообороту. Длительное применение безотвальной мелкой обработки почвы привело к переуплотнению слоя 10-20 и 20-30 см до 1,42 и 1,43 г/см³, соответственно. При нулевой обработке почвы получены максимальные показатели в полевых опытах, которые составляли 1,33 г/см³ в слое 0-10 см; 1,43 г/см³ – в слое почвы 30-40 см (табл. 1).

При завершении вегетации с.-х. культур, выращиваемых в экспериментальном севообороте, плотность почвы увеличилась независимо от использованной системы основной обработки. Наименьшими её показателями отличалась безотвальная разноглубинная обработка почвы. В слое почвы 0-40 см эти показатели колебались в пределах 1,25-1,26 г/см³ в зависимости от культуры севооборота, что меньше по сравнению с контролем, в среднем, на 4,7%.

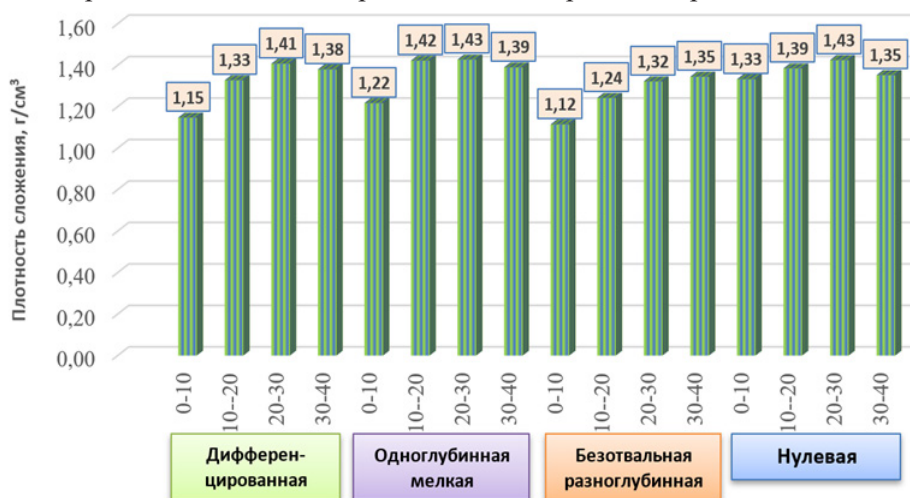


Рисунок 3. Динамика плотности сложения по слоям пахотного горизонта в зависимости от основной обработки почвы в начале вегетации, г/см³ (среднее за 2015-2020 гг.).

**Таблица 1. Плотность сложения темно-каштанового грунта
в зависимости от системы основной обработки почвы в конце вегетации,
г/см³ (среднее за 2015-2020 гг.)**

Система обработки почвы	Слой почвы, см	Культура севооборота				
		кукуруза	озимый ячмень	соя	озимая пшеница	среднее
Дифференциро- ванная	0-10	1,12	1,06	1,34	1,07	1,15
	10-20	1,24	1,29	1,49	1,29	1,33
	20-30	1,26	1,48	1,46	1,43	1,41
	30-40	1,35	1,34	1,38	1,45	1,38
	0-40	1,24	1,29	1,42	1,31	1,32
Безотвальная мелкая	0-10	1,19	1,16	1,34	1,18	1,22
	10-20	1,38	1,45	1,44	1,42	1,42
	20-30	1,45	1,46	1,38	1,42	1,43
	30-40	1,35	1,43	1,39	1,39	1,39
	0-40	1,34	1,38	1,39	1,35	1,36
Безотвальная разноглубинная	0-10	1,00	1,20	1,26	1,00	1,12
	10-20	1,07	1,45	1,34	1,11	1,24
	20-30	1,16	1,40	1,40	1,33	1,32
	30-40	1,27	1,52	1,23	1,36	1,35
	0-40	1,13	1,39	1,31	1,20	1,26
Нулевая	0-10	1,25	1,43	1,31	1,34	1,33
	10-20	1,44	1,30	1,43	1,37	1,39
	20-30	1,42	1,40	1,49	1,39	1,43
	30-40	1,38	1,17	1,38	1,48	1,35
	0-40	1,37	1,33	1,40	1,40	1,37
НСР ₀₅ , г/см ³		0,04	0,03	0,05	0,04	0,05

Использование безотвальной мелкой системы привело к увеличению плотности почвы до 1,34-1,39 г/см³ в зависимости от культуры севооборота, что в среднем было выше на 3,0% по сравнению с контролем. Максимальные показатели наблюдались при нулевой обработке, которая превышала контрольный вариант, в среднем, на 3,8%, или 0,05 г/см³.

В технологиях выращивания сельскохозяйственных культур для получения высоких и стабильных урожаев решающее значение принадлежит, прежде всего, использованию удобрений, которые способны усилить и оптимизировать продукционный процесс растений. В связи с этим на третью ротацию севооборота в полевых опытах возникла необходимость научно обосновать возможность использования сидеральных удобрений, соломы озимых и яровых культур как весомого фактора воспроизводства органического вещества в почве, в первую очередь гумуса, улучшения агрофизических и агрохимических свойств почвы, повышения урожайности и качества продукции сельскохозяй-

ственных культур в севообороте.

В начале вегетации культур наибольшая плотность почвы в слое 0-40 см на уровне 1,28 г/см³ в среднем по севообороту, наблюдалась при посеве в предварительно необработанную почву на вариантах без применения послеуборочного сидерата, что было на 3,9% больше контроля (дифференцированная система обработки почвы) (табл. 2).

Таблица 2. Плотность сложения слоя почвы 0–40 см в начале вегетации с.-х. культур при различных системах основной обработки почвы и сидерации, г/см³ (среднее за 2015–2020 гг.)

Система обработки почвы (А)	Слой почвы см	Система удобрения (В)									
		применение сидерата					без применения сидерата				
		соя	озимая пшеница	кукуруза	озимый ячмень	среднее	соя	озимая пшеница	кукуруза	озимый ячмень	среднее
I	0-10	1,19	1,14	0,98	1,09	1,10	1,11	1,16	1,00	1,16	1,11
	10-20	1,27	1,29	1,24	1,29	1,27	1,34	1,28	1,15	1,27	1,26
	20-30	1,28	1,29	1,26	1,29	1,28	1,31	1,22	1,18	1,24	1,24
	30-40	1,28	1,25	1,30	1,25	1,27	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	0-40	1,25	1,24	1,19	1,23	1,22	1,25	1,23	1,14	1,23	1,23
II	0-10	1,20	1,17	1,06	1,13	1,14	1,14	1,17	1,09	1,02	1,11
	10-20	1,26	1,30	1,36	1,34	1,32	1,33	1,28	1,34	1,27	1,31
	20-30	1,22	1,25	1,30	1,25	1,26	1,27	1,26	1,33	1,25	1,28
	30-40	1,27	1,25	1,30	1,24	1,27	1,33	1,27	1,29	1,23	1,28
	0-40	1,24	1,24	1,25	1,24	1,24	1,26	1,25	1,26	1,19	1,24
III	0-10	1,19	1,17	1,05	1,17	1,15	1,07	1,22	1,18	1,08	1,14
	10-20	1,33	1,13	1,17	1,13	1,19	1,32	1,17	1,30	1,18	1,24
	20-30	1,27	1,17	1,20	1,17	1,20	1,26	1,33	1,27	1,20	1,27
	30-40	1,22	1,18	1,30	1,18	1,22	1,26	1,30	1,30	1,18	1,26
	0-40	1,25	1,16	1,18	1,16	1,19	1,23	1,25	1,26	1,16	1,23
IV	0-10	1,21	1,27	1,28	1,20	1,24	1,29	1,18	1,26	1,19	1,23
	10-20	1,33	1,05	1,33	1,26	1,24	1,31	1,35	1,31	1,33	1,33
	20-30	1,25	1,25	1,31	1,20	1,25	1,28	1,27	1,25	1,27	1,27
	30-40	1,29	1,32	1,31	1,17	1,27	1,29	1,23	1,30	1,28	1,28
	0-40	1,27	1,22	1,31	1,21	1,25	1,29	1,26	1,28	1,27	1,28

Примечания: I – система разноглубинной дифференцированной основной обработки почвы; II – мелкая одноглубинная безотвальная обработка почвы; III – разноглубинная безотвальная обработка почвы; IV – нулевая обработка почвы

В то же время применение сидеральной культуры в полевых экспериментах уменьшило плотность сложения почвы на нулевом варианте (без обработки), в среднем, до 1,25 г/см³, или на 2,4%. Без сидератов показатели плотности

почвы в слое 0-40 см составляли 1,23 и 1,24 г/см³, а на вариантах с применением сидератов – 1,22 и 1,23 г/см³, соответственно. При этом в слое почвы 20-30 см плотность почвы была, в среднем, ниже на 3,2%, чем без сидерата.

Особенно отразилось влияние выращивания зелёного удобрения на плотность сложения почвы на озимые культуры (озимый ячмень, озимая пшеница). Так, плотность в слое 0-40 см при использовании сидерата уменьшалась на 0,4 г/см³ на посевах пшеницы озимой и 0,5 г/см³ – озимого ячменя, или, соответственно, на 3,2 и 4,9%. На посевах сои и кукурузы плотность уменьшалась в слое 0-40 см – на 0,2 и 0,3 г/см³ или на 1,5 и 2,3%, соответственно.

В то же время при мелкой дисковой обработке на глубину 12-14 см в системе длительного её применения в севообороте плотность почвы по сравнению с контролем была больше на 0,8%. Максимальное уплотнённой почва была на варианте с безотвальной мелкой одноглубинной обработкой почвы в слое 0-20 см.

До завершения вегетации культур плотность сложения почвы возрастала при всех системах основной обработки почвы. В период уборки урожая культур севооборота на вариантах, где исследовали эффективность применения сидерата, плотность почвы повысилась на 5,7% – при дифференцированной системе возделывания; на 7,3% – при мелкой одноглубинной безотвальной; на 4,2% – при безотвальной разнотравной; на 3,2% – за посев в предварительно необработанную почву (табл. 3).

На вариантах полевого опыта, где не использовали сидеральную культуру, уплотнение пахотного слоя почвы по сравнению с периодом начала вегетации культур севооборота составляло 5,7% – при дифференцированной системе почвенной обработки; 8,1% – при мелкой безотвальной; 4,9% – при безотвальной разнотравной; 6,3% – при нулевой обработке почвы с посевом в предварительно необработанную почву. Таким образом, как свидетельствуют результаты исследований, уплотнение почвы за период вегетации сельскохозяйственных культур на вариантах с применением сидератов менее интенсивно, чем на вариантах, где сидерат не использовали.

Таблица 3. Плотность сложения слоя почвы 0–40 см на период уборки урожая культур при различных системах основного возделывания почвы и сидерации, г/см³ (среднее за 2016-2020 гг.)

Система обработки почвы (А)	Слой почвы см	Система удобрения (В)									
		применение сидерата					без применения сидерата				
		соя	озимая пшеница	кукуруза	озимый ячмень	среднее	соя	озимая пшеница	кукуруза	озимый ячмень	среднее
I	0-10	1,12	1,10	1,19	1,17	1,15	1,21	1,09	1,29	1,13	1,18
	10-20	1,42	1,25	1,20	1,23	1,28	1,44	1,22	1,33	1,22	1,30
	20-30	1,42	1,30	1,41	1,31	1,36	1,38	1,35	1,35	1,31	1,35
	30-40	1,45	1,31	1,38	1,31	1,36	1,35	1,35	1,43	1,39	1,38
	0-40	1,35	1,24	1,29	1,26	1,29	1,34	1,25	1,35	1,26	1,30
II	0-10	1,25	1,19	1,19	1,19	1,21	1,19	1,19	1,27	1,06	1,18
	10-20	1,35	1,35	1,44	1,39	1,38	1,39	1,40	1,47	1,34	1,40
	20-30	1,39	1,35	1,39	1,30	1,36	1,41	1,39	1,41	1,33	1,39
	30-40	1,39	1,39	1,41	1,30	1,37	1,40	1,41	1,39	1,34	1,39
	0-40	1,34	1,32	1,35	1,29	1,33	1,35	1,35	1,39	1,27	1,34
III	0-10	1,11	1,12	1,18	1,07	1,12	1,14	1,25	1,33	1,00	1,18
	10-20	1,20	1,24	1,30	1,22	1,24	1,22	1,45	1,46	1,11	1,31
	20-30	1,29	1,27	1,27	1,32	1,29	1,23	1,42	1,41	1,22	1,32
	30-40	1,32	1,31	1,30	1,27	1,30	1,28	1,46	1,33	1,21	1,32
	0-40	1,22	1,24	1,26	1,22	1,24	1,21	1,40	1,39	1,14	1,29
IV	0-10	1,25	1,30	1,26	0,96	1,19	1,29	1,36	1,28	1,24	1,29
	10-20	1,46	1,36	1,31	1,31	1,36	1,47	1,37	1,46	1,42	1,43
	20-30	1,39	1,31	1,25	1,26	1,30	1,38	1,34	1,42	1,36	1,38
	30-40	1,39	1,26	1,30	1,29	1,31	1,39	1,32	1,33	1,28	1,33
	0-40	1,37	1,31	1,28	1,21	1,29	1,38	1,35	1,38	1,32	1,36

Примечания: I – система дифференцированной обработки почвы; II – система мелкой одноглубинной безотвальной обработки почвы; III – система разноглубинной безотвальной обработке почвы; IV – сев с.-х. культур в необработанную почву (нулевая обработка почвы)

Выводы. Исследование влияния различных систем обработки почвы на её плотность в орошаемом севообороте показало неоднозначные результаты. Применение безотвальной разноглубинной обработки, хотя и привело к уплотнению среднего слоя почвы, оставило нижний слой более рыхлым и менее плотным. Анализ данных за две ротации севооборота позволил установить динамику изменения плотности почвы в зависимости от применяемой системы обработки. В начале вегетационного периода 2015 г. плотность почвы варьировала от 1,27 до 1,29 г/см³. В среднем за две ротации, плотность почвы составила 1,20-1,29 г/см³, что на 6,4%

ниже, чем в первый год исследования. Наблюдалось также постепенное снижение плотности почвы в течение каждой ротации в зависимости от применяемой системы обработки. Длительное использование дифференцированной системы обработки почвы привело к снижению плотности сложения от 1,28 г/см³ до 1,22 г/см³ (на 4,9% в среднем по севообороту). Аналогично, безотвальная разнотрубинная обработка снизила плотность почвы до оптимальных значений – от 1,27 до 1,20 г/см³ (на 5,8%). Наиболее значительное снижение плотности почвы (на 7,1%) было зафиксировано при длительном применении мелкой безотвальной обработки (от 1,36 до 1,27 г/см³). Нулевая обработка почвы показала ещё более выраженное снижение плотности – на 7,7% (от 1,39 до 1,29 г/см³). Минимизированная и нулевая обработка почвы продемонстрировали закономерность максимального снижения её плотности. Однако, это, вероятно, связано с меньшим формированием и усвоением органического вещества почвой, а также с пониженным содержанием гумуса при данных методах обработки. Следует отметить, что уплотнение среднего слоя при безотвальной разнотрубинной обработке требует дальнейшего изучения и, возможно, корректировки технологий выращивания озимых и зерновых культур.

В ходе полевых экспериментов изучалось влияние сидератов на плотность почвы. На контроле зафиксирована средняя плотность сложения почвы в слое 0-40 см на уровне 1,25 г/см³. Применение сидеральных культур привело к её снижению до значений 1,22-1,23 г/см³, что составляет уменьшение на 2,4% по сравнению с контролем. Более значительное снижение плотности почвы, на 3,2%, было зафиксировано в слое 20-30 см. Наиболее выраженное положительное воздействие сидератов наблюдалось на озимых культурах – озимом ячмене и озимой пшенице. Внесение сидератов на опытных делянках с озимой пшеницей уменьшило плотность почвы в слое 0-40 см на 0,4 г/см³ (3,2%), а на делянках с озимым ячменём – на 0,5 г/см³ (4,9%). Эффект был менее выражен на сое и кукурузе, где снижение плотности составило 0,2 г/см³ (1,5%) и 0,3 г/см³ (2,3%), соответственно. В противоположность этому, длительное применение мелкой дисковой обработки почвы на глубину 12-14 см привело к незначительному, на 0,8%, увеличению плотности почвы по сравнению с контрольной группой. Наиболее уплотнённой оказалась почва на варианте с безотвальной мелкой одноглубинной обработкой в слое 0-20 см. Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение сидератов является эффективным методом улучшения структуры почвы и снижения её плотности, особенно в сравнении с некоторыми видами механической обработки.

Результаты полевых опытов, проведённых без использования сидератов, демонстрируют значительное уплотнение пахотного слоя почвы за период вегетации сельскохозяйственных культур. Степень уплотнения варьировала в зависимости от системы обработки почвы. Так, при дифференцированной системе обработки почвы уплотнение составило 5,7% по сравнению с началом вегетационного периода. Применение мелкой безотвальной обработки привело к более значительному уплотнению – 8,1%. Безотвальная разнотрубинная

обработка показала меньшее уплотнение – 4,9%, а нулевая обработка почвы с посевом в необработанную почву – 6,3%. В совокупности полученные данные свидетельствуют о том, что на вариантах опытов, где сидеральная культура не применялась, наблюдается заметное ухудшение структуры почвы в результате механических воздействий и процессов, происходящих во время роста сельскохозяйственных культур. Напротив, исследования подтверждают, что использование сидератов способствует значительному снижению интенсивности уплотнения почвы, предотвращая негативное воздействие на её физические свойства и обеспечивая более благоприятные условия для роста растений.

Список использованных источников:

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

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

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

References:

1. Vasilko, V. P. Dynamics of the main parameters of agrochemical properties of leached chernozem in the flat agrolandscape of the central zone of Krasnodar Krai depending on the primary tillage system / V. P. Vasilko, A. A. Makarenko, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2022. - No. 102. - P. 110-113.

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

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

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

5. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. Lykhovyd [et al.] // Journal of Ecological Engineering. – 2019. – Vol. 20, No. 4. – P. 8-13.

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

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

8. 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.

9. The influence of farming activities on seeds productivity of winter wheat varieties in the conditions of the South

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

5. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, P. Lykhovyd [et al.] // Journal of Ecological Engineering. – 2019. – Vol. 20, No. 4. – P. 8-13.

6. 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.

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

8. Efficiency of intensive and biologized technology for 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.

9. 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,

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.

10. 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.

11. Алымов, С. А. Продуктивность подсолнечника в зависимости от доз и видов минеральных удобрений / С. А. Алымов, В. С. Баландин // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 79-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2023 год. В 2-х частях, Краснодар, 25 апреля 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2024. – С. 3-4.

12. Влияние системы основной обработки почв на продуктивность и облиственность растений люцерны 1-го года жизни в условиях Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, Д. В. Горобец, Т. Д. Федорова, Ш. Ю. Чимидов // Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 03–04 декабря 2020 года. Том Ч. 1. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 265-267.

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

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

10. 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.

11. Alymov, S. A. Sunflower productivity depending on doses and types of mineral fertilizers / S. A. Alymov, V. S. Balandin // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 79th scientific and practical conference of students on the results of R&D for 2023. In 2 parts, Krasnodar, April 25, 2024. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2024. – P. 3-4.

12. The influence of the primary soil cultivation system on the productivity and foliage of alfalfa plants of the 1st year of life in the conditions of the Krasnodar Territory / E. N. Nichipurenko, D. V. Gorobets, T. D. Fedorova, Sh. Yu. Chimidov // Youth science - for the development of the agro-industrial complex: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists, Kursk, December 3-4, 2020. Vol. Part 1. - Kursk: Kursk State Agricultural Academy, 2020. - P. 265-267.

13. Adamen, F. F. Efficiency of using artificial moisture taking into account meteorological factors in growing the main agricultural crops in the conditions of the Northern Black Sea region / F. F. Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of the agricultural science of Tavrida. -

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

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

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

16. Коковихин, С. В. Влияние изменений климата и погодных условий на урожайность озимой пшеницы в условиях Центральной зоны Краснодарского края / С. В. Коковихин, Е. С. Бойко, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 106. – С. 104-115.

17. 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.

18. Вожегова, Р. А. Моделирование и агроameliorативное обоснование се-

2023. - No. 33 (196). - P. 34-43. 14. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on depth of plowing, fertilization and plants density / R. Vozhehova, S. Kokovikhin, I. Biliaieva [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. - 2020. - Vol. 26, No. 4. - P. 885.

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

16. Kokovikhin, S. V. The influence of climate change and weather conditions on the yield of winter wheat in the Central zone of the Krasnodar Territory / S. V. Kokovikhin, E.

S. Boyko, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2023. - No. 106. - P. 104-115.

17. 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.

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

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

19. Влияние системы основной обработки почвы на структуру чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / Т. В. Логойда, А. А. Макаренко, В. С. Баландин, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 155-166.

20. 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.

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

22. Коковихин, С. В. Оптимизация

19. The influence of the primary tillage system on the structure of leached chernozem in the Western Ciscaucasia / T. V. Logoida, A. A. Makarenko, V. S. Balandin, A. A. Magomedtagirov // Transactions of the Kuban State Agrarian University. - 2024. - No. 112. - P. 155-166.

20. Zagorulko, A. V. Formation of grain corn productivity under the influence of fertilizing with nitrogen fertilizers and microelements / A. V. Zagorulko, A. A. 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, Krasnodar, June 5–9, 2023 / Responsible for the release A. G. Maksimenko. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2023. - P. 134-136.

21. Balandin, V. S. The influence of the fertilization system on the yield and quality of corn grain in the conditions of the lowland-western agricultural landscape / V. S. Balandin, V. P. Vasilko // Modern vectors of science development: Collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of R&D for 2023, Krasnodar, February 06, 2024. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2024. - P. 3-4.

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

23. Efficiency of using biopreparations

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.

23. 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.

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

26. Калинин, О. С. Влияние способа основной обработки почвы на урожайность сахарной свеклы в условиях центральной зоны Краснодарского края / О. С. Калинин, В. С. Баландин, А. С. Ивлев // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства : Сборник статей V Международной научно-практической конферен-

in growing winter wheat after different 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.

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

25. 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.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2018. - No. 74. - P. 158-168.

26. Kalinin, O. S. The influence of the primary soil cultivation method on the yield of sugar beet in the central zone of the Krasnodar Territory / O. S. Kalinin, V. S. Balandin, A. S. Ivlev // Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock products: Collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference, Penza, February 21-22, 2020. - Penza: Penza State Agrarian University, 2020. - P. 67-69.

27. Yield of winter wheat of the Graf variety depending on the bulk density of leached chernozem in the lowland-western agrolandscape of the central zone of the Krasnodar Territory / A. A. Magomedtagirov, E. N. Nichipurenko, D. V. Gorobets [et al.] // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection

ции, Пенза, 21–22 февраля 2020 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 67-69.

27. Урожайность озимой пшеницы сорта Граф в зависимости от плотности сложения чернозема выщелоченного в низинно-западинном агроландшафте центральной зоны Краснодарского края / А. А. Магомедтагиров, Е. Н. Ничипуренко, Д. В. Горобец [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. 30-33.

28. 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. 6-8.

29. 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.

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. Trubilin, 2021. - P. 30-33.

28. 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. 6-8.

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

Сведения об авторах:

Фёдор Фёдорович Адамень – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НААН, советник директора по науке Федерального государственного бюджетного учрежде-

Information about the authors:

Fedor Fedorovich Adamen – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Advisor to the Director for Science of the Federal State Budgetary

ния науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – национальный научный центр РАН».

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

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

Institution of Science "Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden - National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences".

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

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

УДК 630*231: 582. 47

**ОСОБЕННОСТИ
ЕСТЕСТВЕННОГО
ВОЗОБНОВЛЕНИЯ И
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ
СТРУКТУРА ПОДРОСТА
МОЖЖЕВЕЛЬНИКА
ДЕЛЬТОВИДНОГО (JUNIPERUS
DELTOIDES R.P. ADAMS) И
СОСНЫ КРЫМСКОЙ (PINUS
NIGRA J.F. ARNOLD SUBSP.
PALLASIANA (LAMB.))
НОЛМБОВЕ В УСЛОВИЯХ
БАХЧИСАРАЙСКОГО
ВНУТРЕННЕКУЭСТОВОГО
ЛЕСНОГО ЛАНДШАФТА
КРЫМСКОГО ПРЕДГОРЬЯ**

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

Роговой В.И., кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель;

Ерёменко А.И., магистр направления подготовки «Лесное дело», Институт «Агротехнологическая академия» ФГА-ОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

*Считается, что вероятной причиной снижения численности можжевельника дельтовидного является его низкая репродуктивная способность. В связи с чем, нами были выполнены исследования естественного возобновления *Juniperus deltoides* R.P. Adams в условиях Бахчисарайского внутреннекуэстового лесного ландшафта Крымского предгорья. Установлено, что естественное возобновление можжевельника дельтовидного протекает вполне успешно. Причиной*

**FEATURES OF
NATURAL REPRODUCTION AND
SPATIAL
STRUCTURE OF
UNDERGROWTH OF
DELTOIDES JUNIPER
(JUNIPERUS DELTOIDES R.P.
ADAMS) AND
CRIMEAN PINE
(PINUS NIGRA J.F. ARNOLD
SUBSP. PALLASIANA (LAMB.))
HOLMBOE IN THE CONDITIONS
OF THE BAKHCHISARAISKY
VNUTRENNECUESTOVY FOREST
LANDSCAPE OF THE CRIMEAN
FOOTHILLS**

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

Rogovoy V.I., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer;

Eremenko A.I., Master of Science in the field of training "Forestry" at the Institute "Agrotechnological Academy" at the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

*According to scientists, the probable reason for the decline in the number of *Juniperus deltoides* is its low reproductive capacity. In this regard, we conducted studies of the natural regeneration of *Juniperus deltoides* R.P. Adams in the conditions of the Bakhchisarai inner-cuesta forest landscape of the Crimean foothills. It was found that the natural regeneration of *Juniperus deltoides* is quite successful. The reason for the population surges of juniper is the consumption and spread of juniper seeds*

популяционных всплесков можжевельника является потребление и распространение семян можжевельника зимующими видами птиц.

Ключевые слова: лесной ландшафт, всплеск возобновления, можжевельник дельтовидный, подрост, птицы.

by wintering bird species.
Key words: forest landscape, surge of regeneration, *Juniperus deltoides*, undergrowth, birds.

Введение. Результаты многочисленных, в том числе современных исследований, позволяют утверждать, что типологическая структура, продуктивность лесных насаждений, смена пород, направленность процессов естественного возобновления согласованы и в определённой мере подчинены структурным особенностям лесного ландшафта [1, 9].

В рамках данного исследования изучение процессов естественного возобновления можжевельника дельтовидного (*Juniperus deltoides* R.P. Adams) нами было выполнено в границах Бахчисарайского внутреннекуэстового лесного ландшафта [3]. Ввиду типичности геоморфологической основы, куэсты Крымского предгорья выполняют функцию объекта, которому свойственна вполне определённая пространственная характеристика растительного покрова. В тоже время на фоне длительной антропогенной нагрузки существует вероятность, что связи между структурными элементами ландшафта и особенностями лесного покрова со временем и интенсивностью нагрузки были либо утрачены или же изменены. Одним из вероятных итогов антропогенной трансформации лесных экосистем горного Крыма является формирование дизъюнктивных ареалов различной плотности и специфики пространственной структуры лесообразователей. Так, в настоящее время исследователи выделяют, по меньшей мере, три обособленные и различные по плотности и структуре популяции *J. deltoides* (популяции областей), включающие в себя 10 ландшафтных и 15 местных популяций [13]. По оценкам учёных, площадь, занятая растительными сообществами с участием можжевельника дельтовидного варьирует от 4,8 тыс. га до 80,5 га, что служит основанием для предположения о существовании весьма узкой или же динамично сокращающейся экологической ниши *J. deltoides* и, конечно, разной системе оценок лесного покрова, в данном случае представленного можжевельными лесами [11, 13].

Одной из причин, объясняющих процесс возможного снижения численности вида, признана низкая репродуктивная способность *J. deltoides*. Так, исследованиями установлено, что количество полноценных семян *J. deltoides* варьирует в пределах от 0,44 до 42,66% от общего числа учтённых. Численность подроста составляет от 33,3 шт./га до 193,3 шт./га, что согласно нормативам, принятым в лесоводстве, свидетельствует об очень слабом естественном возобновлении, практически о затухании популяционных всплесков в границах существующего ареала можжевельника (*J. deltoides*). В связи с чем, допустимо предположение, что сокращение ареала вида - событие ожидаемое, следствием которого будут

процессы замещения можжевельника видами - экологическими аналогами. В настоящее время в связи с угрозой сокращения численности *J. deltoides* занесён в Красную Книгу Республики Крым и г. Севастополь [7, 8].

Принимая во внимание тот факт, что Крым является северной границей ареала распространения можжевельника дельтовидного, изучение процессов естественного возобновления, а, следовательно, и оценка устойчивости *J. deltoides* в пространстве горного Крыма представляет значительный научный и практический интерес.

Краткая характеристика объекта и методика выполнения исследования. Объект исследования приурочен к останцевому горному массиву Уч-Кая. Почвенный, плодородный слой южного обрывистого склона незначительный или же отсутствует, появляясь в нижней его трети и основании останца. Основой почвенного покрова являются щебенисто-каменистые отложения, накопленные в результате длительного разрушения горных известняковых пород куэсты.

Северный склон, заметно отличающийся от южного - слабополгий постепенно переходящий в холмистое межгрядовое понижение. В отличие от южной, юго-восточной и юго-западной поверхности куэсты, на северной пологой её части распространены суглинисто-дресвяно-щебенисто-каменистые отложения, отличающиеся от коренных пород цветом и плотностью. В этих условиях наблюдается формирование дерново-карбонатных и малоразвитых видов почвенного покрова. Отметим, что общей закономерностью куэстового ландшафта в том и другом случае, хотя и со значительными отличиями является постепенное усиление процессов почвообразования с удалением от вершины склона к его основанию и, соответственно, авторегуляцией процессов расселения растительности и освоения пространства куэсты и прилегающих территорий.

При наличии малоразвитого примитивного почвенного покрова на северных пологих склонах куэсты предпочтение отдавалось ведению лесного хозяйства. В случае улучшения почвенных условий и усиления процессов почвообразования указанные земли вовлекались в сельскохозяйственное пользование. Так, например, в верхней трети склона объекта исследования были созданы лесные культуры с доминированием в составе насаждений сосны крымской. В настоящее время это средневозрастные сосняки, вступившие в репродуктивную фазу. По мере формирования дерново-карбонатных почв фрагменты склонов куэсты активно использовались в сельскохозяйственном производстве, в том числе, для выращивания пропашных культур. Контуры полей, очерчивающие границы сельскохозяйственных угодий, сохранились до настоящего времени. За исключением антропогенной нагрузки на рубеже прошлого и текущего столетий последовал процесс стихийного облесения земель, бывших некогда в сфере сельскохозяйственного пользования.

В течении 2023-2024 гг. в границах указанного объекта нами было выполнено рекогносцировочное исследование и установлено наличие жизнеспособных ценопопуляций подроста и молодняков *J. deltoides*, в ряде случаев с незначительной примесью подроста сосны крымской и дуба скального. После

чего нами была сформирована сеть пробных площадей в количестве 40 единиц. На южной части склона сеть опытных объектов состояла из 24 проб, на северной пологой части склона было заложено 16 пробных площадей. Пробные площади на южном склоне были размещены в следующем порядке: у подошвы горы на выровненных или же слабо пологих элементах рельефа, в средней и верхней части склона, а также на выровненной поверхности горного останца Уч-Кая. На северном слабопологом склоне пробные площади размещались на удалении от стены лесных культур 78 квартала Михайловского участкового лесничества: 100, 150, 200 метров. Размер пробных площадей составил 10×10 (м²). В границах варианта опыта предполагалась четырёхкратная повторность пробных площадей, как правило, примыкающих друг к другу. Перечёт подроста и молодняков *J. deltoides* был выполнен в соответствии с методиками С.С. Пятницкого [12], Ю.А. Злобина [4], С.Н. Санникова [14] и др.

Для растений, включённых в перечёт, были установлены следующие характеристики: диаметр подроста на высоте груди (см), высота растения (см), проекция кроны во взаимно противоположных направлениях (см), устанавливался возраст особи (лет) и оценивалось жизненное состояние растения по двухбалльной шкале. В том случае, если высота растения была менее 1,3 м, диаметр подроста (см) замерялся на уровне шейки корня. Для можжевельника дельтовидного, кроме указанных показателей, был зафиксирован балл плодоношения по шкале Каппера. Полученные данные обработаны методами математической статистики.

Результаты исследования. Выполненные нами исследования показали, что на склонах горного останца с течением времени практически повсеместно сформировались жизнеспособные ценопопуляции подроста *J. deltoides*. Присутствие подроста сосны крымской и дуба скального на южном склоне и прилегающих к нему территориях незначительное. Как правило, доминируют простые по составу, чистые насаждения можжевельника дельтовидного. В процессе оценки пространственной структуры подроста было установлено, что источники семян *J. deltoides* находятся на удалении порядка 150-200 м от ближайшего внешнего контура подроста ценопопуляции можжевельника. Удаление источника семян от противоположного, максимально удалённого контура ценопопуляции подроста составляет более 500 м. Одиночно стоящие растения и сравнительно низкие по плотности биогруппы подроста *J. deltoides* зафиксированы на удалении до 900-1000 м от плодоносящих особей можжевельника дельтовидного. На северном склоне, плодоносящие особи *J. deltoides*, находятся в непосредственной близости к формируемым ценопопуляциям подроста и их пространственным фрагментам. По нашим оценкам, удаление подроста от стены лесного насаждения с участием в составе насаждения плодоносящих особей можжевельника дельтовидного в границах второго варианта опыта колеблется от 50 до 300 м.

При проведении рекогносцировочных исследований было установлено, что минимальная густота подроста свойственна биогруппам, расположенным

в верхней трети горного склона там, где почвенный слой незначительный, и на плоской вершине Уч-Кая, в непосредственной близости к обрывистому южному склону. Здесь в условиях примитивного почвенного покрова количество растений *J. deltoides* колеблется от 100 до 500 шт./га. Лишь верхние известняковые горизонты, образованные прочным бронирующим гребнем куэсты, остаются непокрытыми древесной и кустарниковой растительностью. Максимальная плотность ценопопуляции была зафиксирована в нижней выравненной части склона горного останца и на подошве куэсты. Плотность ценопопуляции подроста *J. deltoides*, как характеристика пространственной её структуры, неоднородна и значительно варьирует. Так, например, результаты исследований 2023 года позволяют утверждать, что плотность ценопопуляции подроста в средней и нижней части склона в среднем составляет 4,0-4,6 тыс. шт./га, при варьировании числа растений от 1,5 до 8,1 тыс. шт./га. Высота подроста на момент рекогносцировочного исследования в границах уплотнённых группировок, расположенных в нижней трети склона составляла $147,0 \pm 10,59$ см.

Принимая во внимание особенности пространственной структуры растительных группировок с доминированием *J. deltoides*, на южном склоне куэсты нами было заложено три варианта опыта. Серия пробных площадей в границах склона была размещена в следующем порядке. Первый вариант опыта, включающий в себя четыре пробных площади, был заложен у подошвы горы Уч-Кая на выровненной поверхности в условиях, где годом ранее была зафиксирована максимальная густота можжевельника. Второй вариант опыта с четырёхкратной повторностью пробных площадей был размещён в средней части склона. В верхней трети Уч-Кая в непосредственной близости к вершине горы был размещён ещё один вариант опыта. В границах третьего варианта опыта также была предусмотрена четырёхкратная повторность пробных площадей.

При создании сети пробных площадей и последующем учёте и описании подроста было установлено, что в границах исследуемого объекта отчётливо прослеживается сравнительно успешный рост и доминирование *J. deltoides*. В тоже время на пробных площадях можно наблюдать присутствие единичных особей сосны крымской и дуба скального. В ряде случаев подрост дуба скального и сосны крымской обгоняет в росте можжевельник дельтовидный. В подтверждение сказанному приведём краткую оценку биометрических показателей подроста на южном склоне Уч-Кая в соответствии с указанными вариантами опыта (табл. 1). Одиночный подрост сосны крымской на пробных площадях присутствовал лишь в верхней трети склона.

**Таблица 1. Биометрическая оценка подроста можжевельника
дельтовидного (*Juniperus deltoides* R.P. Adams) на южном склоне Уч-Кая по
вариантам выполненного исследования**

Пробная площадь	Высота, см	Асимметричность	Эксцесс	Точность опыта, %	Количество, шт./га
Вариант - 1					
1	164,4±14,01	1,02	1,08	8,6	4000
2	195,8±10,98	-0,04	0,45	5,6	4700
3	191,9±15,27	0,31	-0,80	7,9	3500
4	214,1±13,67	-0,29	-0,85	6,4	3600
Вариант - 2					
1	152,8±14,56	0,56	0,12	9,5	1900
2	142,9±6,10	0,35	-0,86	4,3	6000
3	150,1±12,10	0,54	0,61	8,3	3500
4	144,1±9,21	0,36	-0,75	6,4	5300
Вариант - 3					
1	157,8±16,35	0,83	-0,20	10,3	2500
2	141,4±29,1	1,17	0,66	20,6	1100
3	131,8±26,96	1,62	-	20,5	1900
4	144,2±24,5	1,10	0,31	16,9	1300

Полученные нами данные позволяют утверждать, что максимальные показатели средней высоты и количества растений на единице площади характерны для фрагментов ценопопуляции подроста, приуроченных к нижней части горного останца или подошве склона. Разница по показателю средней высоты растений в верхней и нижней части склона может достигать 30 % и более (табл. 1). В нижней и средней части склона количество подроста *J. deltoides* колеблется в границах 4,0-4,6 тыс. шт./га, при максимально установленном показателе 8,1 тыс. шт./га. В верхней трети склона среднее количество растений снижается до 1,7 тыс. шт./га. В отдельных случаях, как показывают полученные нами данные, плотность ценопопуляции снижается до 1.1 тыс. шт./га. В настоящее время тип ценопопуляции подроста можжевельника дельтовидного независимо от особенностей его размещения в пространстве куэсты - процветающий. Размах варьирования растений по высоте составляет от нескольких дециметров до 2-х и даже 3-х метров. То есть выполненные наблюдения позволяют утверждать, что ценопопуляция *J. deltoides* постоянно пополняется новыми поколениями жизнеспособных растений. Отметим, что в процессе выполнения исследований нами были установлены лишь единичные повреждённые особи, долевое участие которых в общем количестве растений слагающих ценопопуляцию не превышает 1-3 %. В настоящее время ценопопуляция *J. deltoides*, приуроченная к южному склону горы Уч-Кая, преимущественно, чистая по составу образующих её особей. Ещё раз обратим внимание на тот факт, что единичная примесь сосны крымской была зафиксирована на пробных площадях расположенных в верхней трети южного склона. Подрост дуба скального

также не является исключением, и встречаются в составе формируемых молодняков. Однако долевое участие растений не оказывает существенного влияния на структуру и состав насаждений можжевельника дельтовидного. Отметим, что на пробных площадях подрост дуба не был отмечен. Можно прогнозировать, что со временем и по мере повторения периодов с обильным урожаем указанных лесообразователей (сосна и дуб) следует ожидать увеличения их долевого участия и, соответственно, последующего преобразования структуры и таксационного строения насаждения.

Некоторые изменения в структуре ценопопуляций и составе формируемых насаждений были нами выявлены на опытных объектах, заложенных в границах северной пологой части куэсты. Одним из очевидных отличий является присутствие в составе насаждений жизнеспособного подроста сосны крымской. Нередко растениям (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmb.) свойственен опережающий рост по сравнению с можжевельником. Долевое участие сосны крымской в составе формируемых в настоящее время насаждений достигает 12-29 % от общего числа особей на пробных площадях и включённых в перечень. Средняя высота подроста *J. deltoides* по сравнению с сосной крымской здесь заметно ниже (табл. 2).

Таблица 2. Биометрическая оценка подроста можжевельника дельтовидного (*Juniperus deltoides* R.P. Adams) и сосны крымской на северной покатости куэсты по вариантам опыта

Пробная площадь	Высота, см	Асимметричность	Эксцесс	Точность опыта, %	Количество, шт./га
Можжевельник дельтовидный					
1-4	111,6±25,9	1,15	-0,07	23,3	430
5-8	106,3±12,5	0,94	0,12	11,8	1000
1-8	107,9±11,59	1,06	0,131	10,7	710
Сосна крымская					
1-4	171,4±33,49	0,83	0,84	38,8	180
5-8	142,0±35,13	0,75	-1,93	24,7	130
1-8	159,2±23,69	0,75	-0,04	14,8	150

Полученные данные (табл.2) позволяют утверждать, что плотность ценопопуляции подроста *J. deltoides* северного склона Уч-Кая колеблется от 0,4 до 1,0 тыс. шт./га, что в четыре-восемь раз меньше чем на первом опытном объекте или южном склоне куэсты. По показателю средней высоты также существуют весьма заметные отличия. Так, например, средняя высота подроста можжевельника дельтовидного на пробных площадях северного макросклона колеблется от 106,3±12,5 до 111,6±25,90 см., что в полтора-два раза меньше аналогичных показателей установленных нами для подроста *J. deltoides*, расположенного на южном склоне. Вероятной причиной, повлёкшей за собой снижение биометрических показателей, является тот факт, что земли сельскохозяйственного пользования постепенно исключались из оборота и стихийное облесение пашни происходило в более поздние сроки. Тем не менее, следует отметить, что

максимальная высота растений здесь намного выше, чем приведённый нами усреднённый показатель. Так, например, максимальное значение высоты можжевельника дельтовидного на объекте исследования составляет $4,1 \pm 0,31$ м. Соответственно, средний диаметр на высоте груди равен $5,6 \pm 0,56$ см. Значительная разница анализируемых показателей объясняется тем, что во втором случае более молодые особи были исключены при оценке значений высоты подроста.

В целом данный фрагмент ценопопуляции можжевельника дельтовидного, приуроченный к северному склону куэсты также можно уверенно отнести к процветающему типу. На фоне успешного роста доля повреждённых и погибших в общем числе продуцирующих растений незначительна (1-3%). В границах существующей ценопопуляции присутствуют представители разных возрастных поколений *J. deltoides*. Достаточно убедительным подтверждением жизнеспособности ценопопуляции можно считать наличие прямой зависимости между высотой (см) и диаметром кроны растений (см). На рисунке, расположенном ниже по тексту, приведена в виде графиков зависимость между высотой растений и диаметром кроны для ценопопуляций подроста можжевельника дельтовидного, произрастающего на северном и южном склонах куэстовой гряды.

Таким образом, можно утверждать, что отличительной чертой ценопопуляции, расположенной на северном пологом склоне куэсты является наличие примеси *P. nigra* subsp. *pallasiana*, доленое участие которой в составе насаждения достигает 29-30%. При этом по высоте сосна крымская превосходит можжевельник дельтовидный в 1,4-1,6 раза (табл. 2). То есть, в первые 10-20 лет сосна крымская в данных условиях растёт лучше, опережая можжевельник по показателю средней высоты.

Ещё одной характерной для объекта исследования чертой, установленной нами в процессе выполнения наблюдений, является достаточно высокий уровень плодоношения растений. Для проверки данного предположения нами было случайным образом отобрано 60 особей *J. deltoides* и выполнена оценка процесса плодоношения можжевельника дельтовидного по шкале Каппера. Укажем, что для оценки плодоношения можжевельника нами использовались особи, высота которых на момент наблюдения составляла более 1 метра. Полученные данные позволяют выдвинуть предположение о том, что вергинильные особи *J. deltoides* в границах объекта исследования вступили в репродуктивную фазу. Средний балл плодоношения на объекте исследования составил $3,5 \pm 0,14$. Долевое участие особей с баллом плодоношения 3-5 баллов составило 72 %, с баллом плодоношения 4 и 5 - 47 %. То есть практически для 50% особей в границах выборки, используемой нами для оценки указанного процесса, балл плодоношения следует оценивать как хороший или высокий. Можно предположить, что год успешного плодоношения завершится популяционным всплеском и последующим расселением *J. deltoides* по ключевым элементам внутреннекуэстового лесного ландшафта Крымского предгорья.

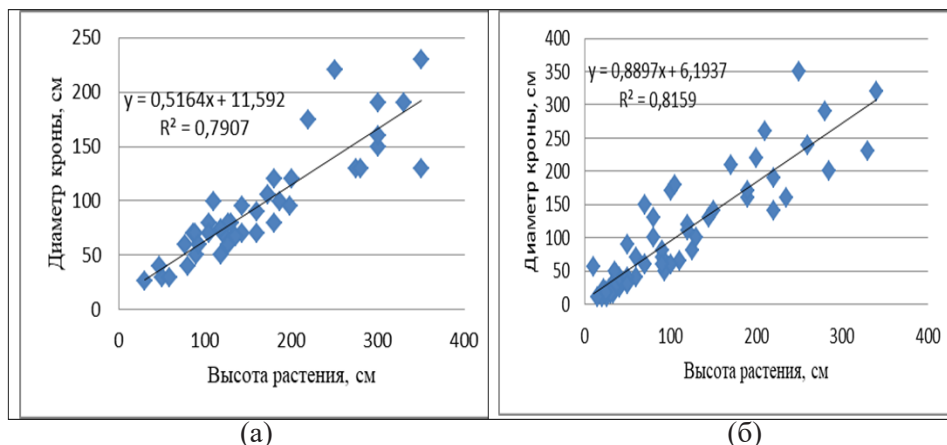


Рисунок 1. Зависимость между высотой и диаметром кроны подроста можжевельника дельтовидного (*Juniperus deltoides* R.P. Adams) на а) южном и б) северном склоне горного останца Уч-Кая

Выполненные нами исследования позволяют выдвинуть предположение о том, что естественное возобновление можжевельника дельтовидного в условиях внутреннекустового лесного ландшафта протекает вполне успешно. Очевидно, можно поставить под сомнение положение, ранее выдвигаемое исследователями о том, что репродуктивная способность *J. deltoides* низкая и, как следствие, количество подроста незначительное, что является причиной затухания популяционных всплесков и сокращения границ ареала можжевельника дельтовидного. В данном случае причиной популяционного всплеска можжевельника и последующего формирования жизнеспособных ценопопуляций подроста являются следствия массовой колониальной зимовки чёрного дрозда (*Turdus merula*) в горнолесном Крыму. Известно, что шишкоягоды *J. deltoides* в зимний и зимне-весенний период активно потребляются и распространяются птицами (*Turdus merula*) в границах Крымского предгорья. Можно допустить, что грубая внешняя оболочка семян можжевельника проходит естественную скарификацию и соответственно стимуляцию, необходимую для появления жизнеспособных всходов и самосева. В подтверждение высказанному предположению можно сказать, что в процессе выполнения исследований по оценке комплекса биометрических характеристик подроста *J. deltoides* нами неоднократно были зафиксированы погадки чёрного дрозда с наличием семян можжевельника. Кроме того, на территории горно-лесного Крыма зимует свиристель (*Bombycilla garrulus* L.), которая держится как большими стаями, так и в одиночку. Из литературных источников известно, что популяции зимующих птиц способны распространять значительное количество семян можжевельника [5, 15]. Очевидно, что такой симбиоз на уровне лесного ландшафта стимулирует популяционные всплески и является одним из условий успешного воспроизводства популяции можжевельника дельтовидного. Единство функционирования внутреннекустового лесного ландшафта Крымского предгорья и орнито-

комплекса, свойственное данному ландшафту, где ведущее место принадлежит зимующим видам птиц, влечёт за собой процессы восстановления утраченного биоразнообразия лесных экосистем. Со временем и восстановлением можжевельных лесов, а также закономерным усложнением их структуры и состава правомерно ожидать оптимизацию структуры и плотности орнитокомплекса. В свою очередь не менее закономерное усложнение орнитокомплекса будет определять структуру и устойчивость лесных экосистем, способствовать восстановлению биоразнообразия лесов Крымского предгорья.

На наличие подобных межпопуляционных взаимоотношений и весьма успешного симбиоза между древесно-кустарниковой растительностью и поддержанием устойчивого состояния лесных экосистем неоднократно указывали исследователи [5, 6, 10, 15, 17]. В связи с чем, допустимо предположение о том, что успешный «старт» формирования ценопопуляции подроста можжевельника дельтовидного возможен в случае совпадения периода обильного плодоношения *J. deltoides* и колониальной зимовки чёрного дрозда и свиристели. Удаление подроста на значительное расстояние от материнских плодоносящих деревьев также не вызывает сомнений, поскольку исследователи утверждают, что дальность разноса семян птицами достигает от нескольких десятков метров до нескольких километров [6, 10, 15, 17].

Исключение связей между составляющими лесной экосистемы, как показывает практический опыт, влечёт за собой формирование производных насаждений, или же закономерное снижение биологического разнообразия и устойчивости лесных экосистем.

Можно с уверенностью сказать, что в практике ведения лесного хозяйства Крыма в настоящее время нельзя найти объект с культурами можжевельника дельтовидного не вызывающими критики, тем более на площади достигающей несколько десятков гектар. В тоже время анализ и оценка жизненного состояния лесных экосистем, поиск причин и путей воссоздания коренных лесов, позволит подойти к разработке и внедрению новых лесоводственно-экологических и экономически оправданных технологий приёмов, методов и способов воссоздания лесного покрова. Один из наиболее вероятных путей - это разработка новых биотехнологических решений в комплексе теоретических исследований и их реализация при решении практических задач, внедрение элементов бионики в производственные процессы и создание цифровых или гибридных двойников, позволяющих не только «сканировать природные процессы», но и переносить успешно освоенные «новые» технологические элементы в циклы создания-выращивания-пользования лесами в практику устойчивого лесопользования.

Выводы: В настоящее время, по оценкам учёных, площадь, занятая растительными сообществами с участием можжевельника дельтовидного варьирует от 4,8 тыс. га до 80,5 га. Очевидное противоречие в оценках распространения вида служит основанием для предположения о существовании весьма узкой

или же динамично сокращающейся экологической ниши *J. deltoides*. Наиболее вероятной причиной, снижения численности вида, признана низкая репродуктивная способность *J. deltoides*. Численность подроста, по оценкам исследователей, незначительна и составляет от 33,3 шт./га до 193,3 шт./га. Согласно нормативам, принятым в лесоводстве такое количество подроста свидетельствует об очень слабом естественном возобновлении. Допустимо предположение о затухании популяционных всплесков в границах существующего ареала можжевельника дельтовидного в горнолесном Крыму.

Полученные данные позволяют утверждать, что исследованные нами ценопопуляции можжевельника дельтовидного на южном и северном склонах куэсты можно уверенно отнести к процветающему типу. Количество жизнеспособного подроста в среднем составляет около 4,0 тыс. шт./га, максимальная плотность растений - 8,1 тыс. шт./га, минимальная 1,1 тыс. шт./га. Тем не менее, процессы естественного возобновления успешнее протекают на южном, нежели северном склоне куэсты. В границах существующих ценопопуляций растений присутствуют представители разных возрастных поколений. На фоне успешного роста доля повреждённых и погибших в общем числе продуцирующих растений незначительна (1-3%). Значительная часть растений в границах существующих ценопопуляций подроста и молодняков можжевельника дельтовидного вступила в репродуктивную фазу. Средний балл плодоношения на объекте исследования составил $3,5 \pm 0,14$. Долевое участие особей с баллом плодоношения 3-5 баллов составило 72 %, с баллом плодоношения 4 и 5 - 47 %. То есть практически для 50% особей в границах выборки, используемой нами для оценки указанного процесса, балл плодоношения следует оценивать как хороший или высокий. Можно предположить, что год успешного плодоношения завершится популяционным всплеском и последующим расселением *J. deltoides* по ключевым элементам внутреннекуэстового лесного ландшафта Крымского предгорья.

Результаты наших исследований позволяют выдвинуть предположение о том, что естественное возобновление можжевельника дельтовидного в условиях внутреннекуэстового лесного ландшафта протекает вполне успешно. Очевидно, можно поставить под сомнение положение, ранее выдвигаемое исследователями о том, что репродуктивная способность *J. deltoides* низкая и, как следствие, количество подроста незначительное, что является причиной затухания популяционных всплесков и сокращения границ ареала можжевельника дельтовидного. На наш взгляд причиной популяционного всплеска можжевельника и формирования жизнеспособных ценопопуляций подроста являются следствия массовой колониальной зимовки чёрного дрозда (*Turdus merula*) в горнолесном Крыму. Семена *J. deltoids* в зимний и зимне-весенний период активно потребляются и распространяются птицами в границах Крымского предгорья. Такой симбиоз стимулирует популяционные всплески и является одним из условий успешного воспроизводства популяции можжевельника дельтовидного. Исключение связей между составляющими лесной экосисте-

мы, как показывает практический опыт, влечёт за собой формирование производных насаждений, или же закономерное снижение биологического разнообразия и устойчивости лесных экосистем.

Выявленные закономерности являются причиной и основанием для разработки и внедрению новых лесоводственно-экологических и экономически оправданных технологий приёмов, методов и способов воссоздания лесного покрова. Один из наиболее вероятных путей - это разработка новых биотехнологических решений в комплексе теоретических исследований и практических задач, внедрение элементов бионики в производственные процессы и создание цифровых или гибридных двойников, позволяющих не только «сканировать природные процессы», но и переносить успешно освоенные технологические элементы в практику устойчивого лесопользования.

Список литературы

1. Громцев А.Н. Основы ландшафтной экологии европейских таёжных лесов России / А.Н. Громцев. Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, 2008. – 238 с.

2. Денеко, В. Н. Учет урожая лесных семян : метод. указания к проведению практ. занятия для студентов ЛХФ очной и заочной форм обучения, специальность 250201 «Лесное дело» / В. Н. Денеко, А. В. Капралов, Л. Л. Садриева ; Урал. гос. лесотехн. ун-т, Каф. лесных культур и мелиораций – Екатеринбург : УГЛТУ, 2012. – 14 с.

3. Ена А.В. Природная флора Крымского полуострова. – Симферополь: Н. Орианда, 2012. – 232 с.

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

5. Коренькова О. О. Рекомендации по поддержанию и восстановлению популяции *Juniperus foetidissima* Willd. в горах Крыма / О.О. Коренькова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского «Биология, химия». – Том 1 (67). – 2015.

References:

1. Gromtsev A.N. Fundamentals of Landscape Ecology of European Taiga Forests of Russia / A.N. Gromtsev. Petrozavodsk, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2008. – 238 p.

2. Deneko, V.N. Accounting for the yield of forest seeds: method. instructions for conducting practical. classes for full-time and part-time students of the Forestry Faculty, specialty 250201 "Forestry" / V.N. Deneko, A.V. Kapralov, L.L. Sadrieva; Ural. state forestry university, Department of forest crops and melioration - Yekaterinburg: USLTU, 2012. – 14 p.

3. Ena A.V. Natural flora of the Crimean Peninsula. – Simferopol: N. Orianda, 2012. – 232 p.

4. Zlobin Yu.A. Assessment of the quality of coenopopulations of undergrowth of tree species // Lesovedenie. – 1976. – No. 6. – P. 72 – 79.

5. Korenkova O. O. Recommendations for maintaining and restoring the population of *Juniperus Foetidissima* Willd. in the Crimean mountains / O.O. Korenkova // Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University "Biology,

№ 4. – С. 10–18.

6. Кошелев В.А., Матрухан Т.И., Яковлева А.С. Участие птиц в распространении семян плодово-ягодных деревьев и кустарников в условиях северо-западного Приазовья / В.А. Кошелев, Т.И. Матрухан, А.С. Яковлева // Збірник наукових праць Харківського національного університету ім. Г.С. Сковороди «Біологія та Валеологія», 2016. Вип. 18. – С. 24-37.

7. Красная книга города Севастополя / Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя. – Калининград; Севастополь: ИД «РОСТ-ДООАФК», 2018. – 432 с.

8. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. д. б. н., проф. А. В. Ена и к. б. н. А. В. Фатерыга. – Симферополь : ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.

9. Морозов Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. – М. – Л.: Гослесбумиздат, 1949. – 455 с.

10. Нечаев В.А., Нечаев А.А. Птицы – потребители и распространители семян тиса остроколючного *Taxus cuspidata* Siebold et Zucc. на Дальнем Востоке России / В.А. Нечаев, А.А. Нечаев // Вестник ДВО РАН, 2018. – №2. – С. 13 – 18.

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

12. Пятницкий С.С. Методика исследований естественного семенного возобновления в лесах левобережной Лесостепи Украины. – Х., 1959. – С. 18 – 26.

13. Ругузова А.И. Биологические особенности можжевельника красного (*Juniperus oxcedrus* L.) в Крыму в связи с его охраной: автореф. дисс... канд.

Chemistry". Vol. 1 (67). – 2015. No. 4. – P. 10 – 18.

6. Koshelev V.A., Matrukhan T.I., Yakovleva A.S. Participation of birds in the dispersal of seeds of fruit and berry trees and shrubs in the conditions of the north-western Azov region / V.A. Koshelev, T.I. Matrukhan, A.S. Yakovleva // Collection of scientific works of the Kharkov National University named after G.S. Skovoroda "Biology and Valeology", 2016. Issue. 18. – P. 24 – 37.

7. The Red Book of the City of Sevastopol / Main Directorate of Natural Resources and Ecology of the City of Sevastopol. – Kaliningrad; Sevastopol: ID "ROST-DOAFK", 2018. – 432 p.

8. The Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi / Ed. D.Sc. (Biology), prof. A.V. Yena and Ph.D. (Biology). – Simferopol: ООО "IT" ARIAL", 2015. – 480 p.

9. Morozov G.F. The study of the forest / G.F. Morozov. – M. - L.: Goslesbumizdat, 1949. – 455 p.

10. Nechaev V.A., Nechaev A.A. Birds - consumers and distributors of seeds of the pointed yew *Taxus cuspidata* Siebold et Zucc. in the Russian Far East / V.A. Nechaev, A.A. Nechaev // Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 2018. – No. 2. – P. 13 – 18.

11. Plugatar Yu.V. Forests of Crimea. - Yalta: State Budgetary Institution of the Republic of Crimea "NBS-NNC". – 2015. – 385 p.

12. Pyatnitsky S.S. Methodology for studying natural seed regeneration in the forests of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. – Kh., 1959. – P. 18 – 26.

13. Ruguzova A.I. Biological features of red juniper (*Juniperus Oxycedrus* L.) in

биол. наук. – Ялта, 2006. – 21 с.

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

15. Смирнов А. В. Мир растений: Рассказы о соснах и можжевельниках, орляке и кукушкином льне, сморчках, опенках, мухоморах, морской капусте, пепельнике и многих других редких и хорошо известных растениях / А. В. Смирнов. – М.: Молодая гвардия, 1982. – 335 с.

16. Фомина, Н.В. Лесные культуры [Электронный ресурс]: практикум / Н.В. Фомина; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2022 – 189 с.

17. Формозов А.Н. Звери, птицы и их взаимоотношения со средой обитания / А.И. Формозов. – М.: URSS, 1976. – 224 с.

Crimea in connection with its protection: author's abstract. diss... cand. biol. sciences. – Yalta, 2006. – 21 p.

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

15. Smirnov A. V. The World of Plants: Stories about Pines and Junipers, Bracken and Cuckoo Flax, Morels, Honey Fungi, Fly Agarics, Sea Kale, Ash and Many Other Rare and Well-Known Plants / A. V. Smirnov. – М.: Molodaya Gvardiya, 1982. – 335 p.

16. Fomina, N. V. Forest Cultures [Electronic Resource]: Workshop / N. V. Fomina; Krasnoyarsk State Agrarian University. – Krasnoyarsk, 2022 – 189 p.

17. Formozov A. N. Animals, Birds and Their Relationships with the Environment / A. I. Formozov. – М.: URSS, 1976 – 224 p.

Сведения об авторах:

Салтыков Андрей Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесного дела и садово-паркового строительства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail saltykov.andrey.1959@mail.ru 295492, РФ, Республика Крым, Симферополь, Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», корп. 1, каб. 232.

Роговой Владимир Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесного дела и садово-паркового строитель-

Information about the author:

Saltykov Andrey Nikolaevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry and Landscape Construction at the Institute "Agrotechnological Academy" at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail saltykov.andrey.1959@mail.ru 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye, Institute "Agrotechnological Academy" at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University",

ства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail saltykov.andrey.1959@mail.ru 295492, РФ, Республика Крым, Симферополь, Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», корп. 1, каб. 235.

Ерёменко Алексей Игоревич – магистр направления подготовки «Лесное дело», Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», e-mail l-karol@bk.ru, 295492, РФ, Республика Крым, Симферополь, Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

building 1, room 234.

Rogovoy Vladimir Ivanovich – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Institute "Agrotechnological Academy" at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail v_rogovoy@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye, Institute "Agrotechnological Academy" at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", building 1, room 235.

Eremenko Aleksey Igorevich – Master of Science in the field of training "Forestry" at the Institute "Agrotechnological Academy" at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail l-karol@bk.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoye, Institute "Agrotechnological Academy" at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 004.42:621.176

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ШЕСТЕРЁННЫХ НАСОСОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

COMPUTER-AIDED DESIGN AND ENGINEERING ANALYSIS SYSTEM FOR GEAR PUMPS OF AGRICULTURAL MACHINERY

Завалий А.А., доктор технических наук, доцент;

Рутенко В.С., кандидат технических наук, доцент;

Шиян О.В., кандидат физико-математических наук;

Высоцкая Н.Д., кандидат технических наук, доцент, Институт «Агро-технологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

Zavaliy A.A., Candidate of Technical Sciences, docent;

Rutenko V.S., Candidate of Technical Sciences, docent;

Shiyan O.V., Candidate of Physico-mathematical Sciences;

Vysotskaya N.D., Candidate of Technical Sciences, docent, Institute of Agricultural Technology Academy FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University».

Разработан комплекс компьютерных программ, назначением которого является автоматизация проектирования и анализа рабочего процесса шестерённых насосов сельскохозяйственных машин. Основное назначение модели – выяснение характера зависимостей исследуемых характеристик от параметров и режимов эксплуатации насоса, чувствительности характеристик к изменениям параметров и режимов, что невозможно изучить экспериментальным путём.

Ключевые слова: шестерённый насос с/х машин, автоматизация проектирования, гидродинамика, теплообмен, профили зубчатых колёс.

A complex of computer programs, the purpose of which is to automate the design and analysis of the workflow of gear pumps of agricultural machinery are development. The main purpose of the model is to clarify the nature of the dependencies of the studied characteristics on the parameters and operating modes of the pump, the sensitivity of the characteristics to changes in parameters and modes, which cannot be studied experimentally.

Keywords: gear pump of agricultural machinery, design automation, hydrodynamics, heat transfer, gear profiles.

Введение. Современные агротехнологические агрегаты и машины (почвообрабатывающие, посевные, уборочные, хим. защиты и др.) оснащены гидравлическими приводами. Гидропривод этих машин выполняет широкий спектр функций – перемещение, подъем/опускание и удерживание рабочих органов, автоматизация управления механизмами [1, 2, 3].

В качестве генератора гидравлической энергии, обеспечивающей функционирование гидроприводов агротехнологических машин, преимущественно применяются шестерённые насосы. Их эксплуатационная надежность и соответственно надежность гидроприводов агротехнологической техники в значительной степени определяет качество выполнения агротехнологических операций, соблюдение агротехнических требований и норм, таких, как глубина почвообработки, норма и глубина внесения семян и удобрений в почву, потеря зерна при уборке и другие [4, 5].

Среди устройств генерации гидравлической энергии в гидросистемах насосы шестерённого типа с внешним эвольвентным зацеплением занимают приоритетное положение, что обусловлено их конструкционной простотой, удобством обслуживания, ремонтопригодностью [6].

Однако опыт проектирования и практика эксплуатации шестеренных гидронасосов с эвольвентным профилем зубьев зубчатых колёс и внешним зацеплением показал, что их эксплуатационная надежность весьма чувствительна к отклонениям от номинальных конструктивных параметров (формы профиля зубьев зубчатых колёс, боковых зазоров между ними, контактной прочности поверхности зубьев), а также к характерными для условий агропроизводства интенсивно изнашивающей рабочей среды, часто меняющимся характером и режимом рабочих нагрузок [7, 8].

Поиск целесообразных конструктивных решений с оптимальными конструктивными и эксплуатационными параметрами для агротехники с учетом указанных и выявлением превалирующих факторов возможен посредством вычислительного эксперимента с использованием конечно-элементных моделей проточной части и конструктивных элементов насосов.

Материал и методы исследования. Известен широкий круг программных продуктов, предназначенных для решения задач проектирования (AutoCAD, SolidWorks, КОМПАС, включая модуль «Валы и механические передачи») и анализа механических процессов и процессов гидрогазодинамики и тепло-массообмена (например, интегрированные среды разработки ANSYS, Comsol Multiphysics, Nastran, CATIA), позволяющих проектировать шестерённые насосы и анализировать происходящие в них процессы [9, 10, 11, 12, 13].

Для эффективного выполнения проектирования и анализа конструкций узлов, агрегатов и машин разрабатывают специализированные программные комплексы, использующие указанные выше универсальные программные продукты и программные средства автоматизации обмена данными между ними.

Результат. Целью настоящей работы является разработка системы автома-

тизированного проектирования (САПР) в виде комплекса компьютерных программ, назначением которой является автоматизация проектирования и анализа рабочего процесса шестерённых насосов сельскохозяйственных машин.

Направления анализа включают в себя анализ гидродинамики и теплообмена при течении рабочей жидкости в полости насоса, а также анализ напряжённого и деформированного состояния элементов конструкции насоса.

Использование разработанной САПР шестерённых насосов позволяет:

- установить зависимости эксплуатационных характеристик насосов от геометрии их проточной части (параметры эвольвентного зацепления, зазоры между диаметром вершин зубчатых колёс и корпусом насоса, размеры и форма входного и выходного отверстий) и режимов эксплуатации (частота вращения, вязкость и плотность жидкости, давление на выходе из насоса);

- установить влияние на эксплуатационные характеристики насосов изменений геометрии зубчатого венца, зазоров между диаметром вершин зубчатых колёс и корпусом насоса, смещения центров вращения колёс вследствие деформаций их осей под нагрузкой противодействия в гидравлической системе, геометрической формы и размеров каналов входа и выхода рабочей жидкости из насоса;

- создать 3D модели деталей насоса для дальнейшей разработки программ их изготовления на станках с ЧПУ.

Схема САПР шестерённых насосов представлена на рис. 1.

Ввод исходных данных, управление процессом вычислений геометрии профилей зубчатого зацепления колёс насоса осуществляется управляющими элементами табличного процессора MS Excel, позволяющего использовать эффективный набор средств управления табличными данными. Вычисления и управление графическими построениями выполняется программными модулями среды программирования VBA. Контроллер автоматизации программ-приложений VBA обеспечивает интеграцию процессов вычислений и графических построений в CAD-приложениях AutoCAD, SolidWorks, КОМПАС подключением библиотек типов к создаваемому VBA-проекту.

Полученная в CAD-приложении геометрия зубчатого зацепления импортируется форматами передачи графической информации (например, Parasolid) в генератор сеточной модели Gambit Fluent и является основой для построения 3D моделей деталей и сборочной единицы шестерённого насоса.

Для сеточной модели проточной части насоса в CFD Fluent решается задача течения и теплообмена перекачиваемой жидкости, основными результатами которой являются поля скоростей, давлений и температур жидкости, массовый расход жидкости через насос, пульсации давления и расхода на входе и выходе из насоса.

3D модель насоса и распределение давлений в полости насоса позволяют выполнить анализ напряжённого и деформируемого состояния элементов конструкции насоса в конечно-элементной программной среде моделирования физических процессов IDE Cmsol.

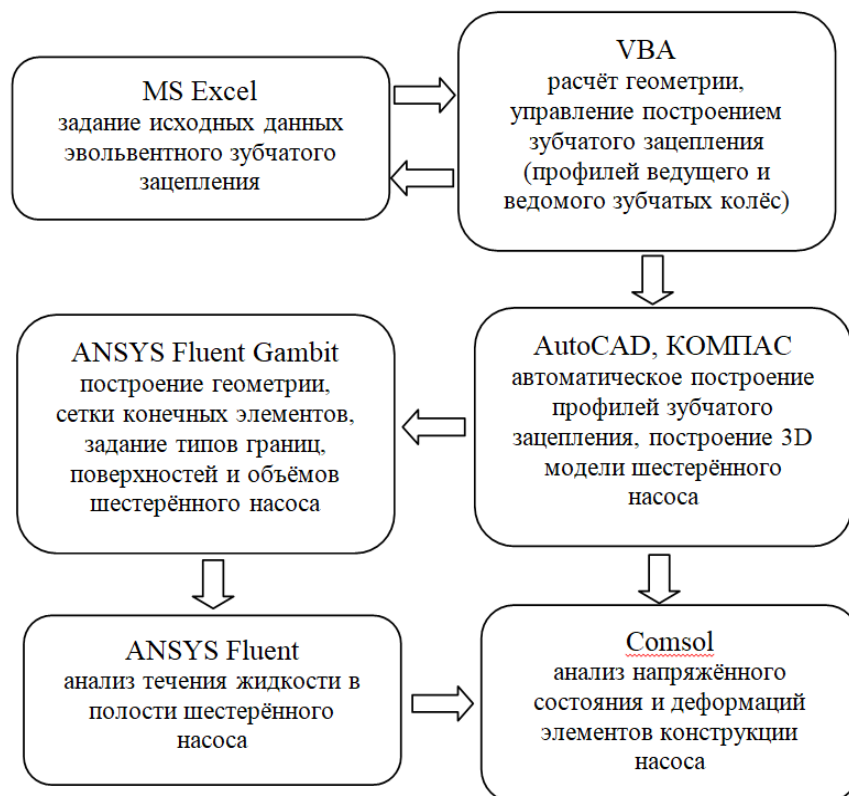


Рисунок 1. Схема взаимосвязей программ в составе САПР шестерённых насосов

Функции программ-приложений в составе САПР шестерённых насосов.

В табличном процессоре MS Excel задаются исходные данные для проектирования и анализа шестерённого насоса, представляющие собой параметры эвольвентного зацепления: модуль зацепления, количество зубьев шестерни и колеса, коэффициенты смещения, удлинения профиля, геометрия впадин между зубьями. Управляющие элементы MS Excel (кнопки) запускают на выполнение программы расчёта и построения профилей зубчатых колёс насоса.

Контроллер управления приложениями VBA содержит тексты программ расчёта и построения и устанавливает связь с CAD-приложением AutoCAD, подключая библиотеку типов AutoCAD инструментом Tools → References среды программирования VBA. В результате подключения библиотеки типов AutoCAD проект VBA получает доступ к программируемым объектам AutoCAD, что позволяет выполнять из проекта управляющие действия и действия построений и модификаций в графическом редакторе AutoCAD. Доступ к объектам AutoCAD осуществляется объектным браузером проекта View → Object Browser.

Программы расчёта и построения профилей зубчатых колёс насоса реализуют методику расчёта профиля эвольвентного зубчатого зацепления в соот-

в соответствии с ГОСТ 16532-70 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления» и ГОСТ 13755-2015 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные». Особенностями программ являются расчёт геометрии двух зубчатых колёс в их зацеплении, вычисление с заданной точностью величины инволюты угла, построение эвольвентного профиля зуба по заданному количеству точек, построение профилей зубчатых колёс в пространстве модели AutoCAD. Результат построения профилей представлен на рис. 2.

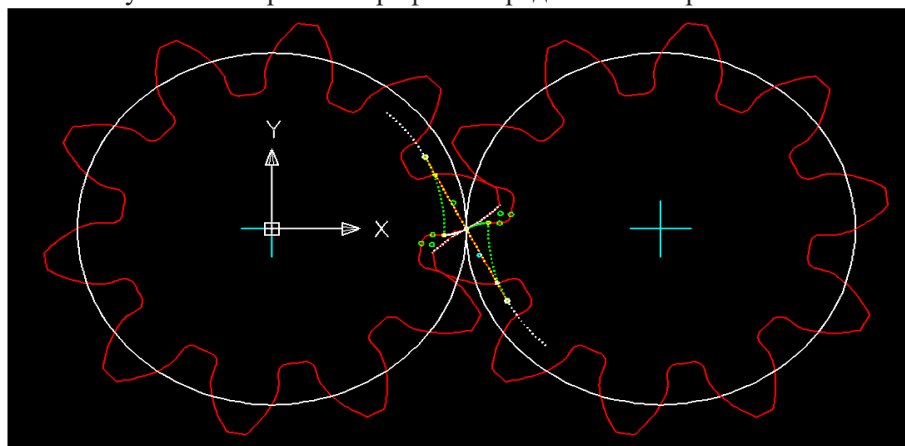


Рисунок 2. Профили зубчатых колёс в пространстве модели AutoCAD

Геометрия профилей колёс является основой для построения геометрии проточной части насоса, генерации в ней сетки конечных элементов и задания свойств объектов геометрии (границ и зон) в построителе геометрии и генераторе сетки Gambit Fluent. 2D модель проточной части насоса НШ10-М приведена на рис. 3.

Затенённая область на рис. 3 является проточной частью насоса. межцентровое 31,7497 по расчёту

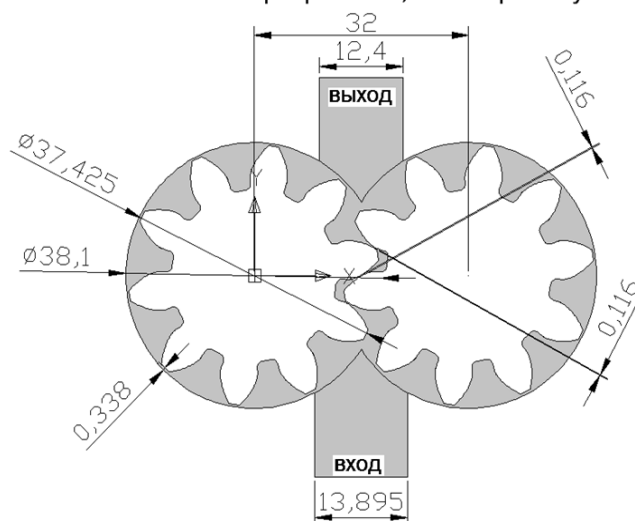


Рисунок 3. Схема модели проточной части насоса НШ10-М

Параметры зубчатого колеса насоса НШ 10-М приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры зубчатого колеса насоса НШ10-М

Наименование	Обозначение	Значение
Модуль	m	3
Число зубьев	z	10
Нормальный исходный контур		ГОСТ 13755-2015
Угол профиля	α	20°
Коэффициент смещения исходного контура	X	+0,3458
Диаметр делительной окружности	d	30
Диаметр основной окружности	d_o	28,191
Диаметр окружности впадин зубьев	d_f	24,7
Межцентровое (межосевое) расстояние	a_w	31,75

Особенностью расчёта течения жидкости в полости насоса является наличие вращающихся профилей зубчатых колёс, то есть задача расчёта является нестационарной с подвижной сеткой конечных элементов. Подвижная сетка не может иметь разрывов, то есть в сеточной модели между контактирующими зубьями колёс должно быть пространство, заполненное сеткой проточной части насоса [14, 15]. Для создания непрерывной сетки конечных элементов межцентровое расстояние увеличено до 32 мм, в результате чего зазоры между зубьями в зоне контакта составили 0,116 мм. Зазор между диаметром вершин колёс и внутренним диаметром корпуса насоса установлен величиной 0,338 мм.

Сеточная модель рабочего объёма насоса приведена на рис. 4. Использована нерегулярная сетка четырехугольных и треугольных элементов, общее количество элементов 139542. Для успешного перестроения динамической сетки количество элементов в минимальном зазоре между стенками должно быть не менее 2-х [16], в связи с чем минимальный размер стороны конечного элемента в сетке составляет 0,05 мм. Модель содержит неподвижные стенки (wall) внутреннего объёма корпуса насоса, сечения входа (inlet) и выхода (outlet) рабочей жидкости, вращающиеся вокруг своих осей в противоположных направлениях стенки (wall) профилей зубчатых колёс, а также три сеточные зоны (zone): две зоны неподвижной сетки каналов входа и выхода жидкости, подвижная зона канала между стенками колёс и корпуса насоса. Границы раздела между подвижной и неподвижными стенками являются общими (interior).

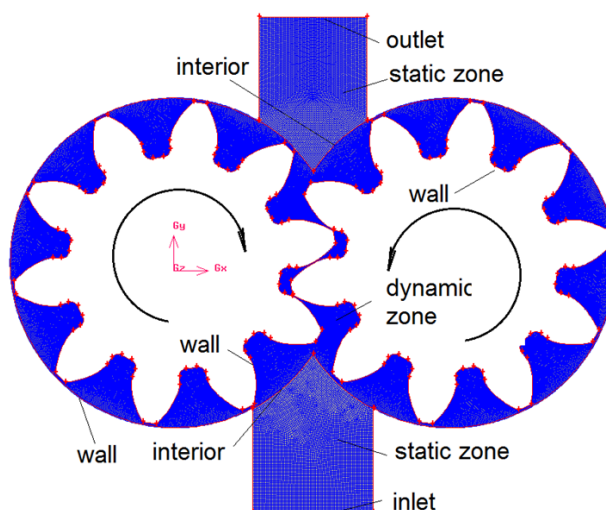


Рисунок 4. Сеточная модель шестерённого насоса

Для моделирования принята 2D модель, в которой не учитываются торцевые перетечки жидкости и движение вязкой жидкости в вертикальном (по оси OZ) направлении. Все приведенные отличия модели от реальной геометрии насоса приведут к отличию расчётных значений исследуемых характеристик насоса от реальных. Основным назначением модели является выяснение характера зависимостей исследуемых характеристик от параметров и режимов эксплуатации насоса, чувствительности характеристик к изменениям параметров и режимов, что крайне трудно или невозможно изучить экспериментальным путём.

Геометрия и сетка модели сохраняется в файле с расширением .dbs. Для передачи геометрии и сетки в решатель Fluent в Gambit выполняют импорт сетки в Mesh-файл, получающий расширение .msh.

Решение задачи течения рабочей жидкости в насосе осуществляется в решателе CFD Fluent. Основными этапами решения задачи являются следующие.

1. Импорт Mesh-файла, проверка, масштабирование и выравнивание сетки (исправление вырожденных или близких к ним элементов). При невозможности выравнивания сетки в Fluent её необходимо перестроить в Gambit.

2. Определение типа задачи как нестационарной, выбор модели турбулентности течения жидкости, свойств рабочей жидкости, условий на границах расчётной области, задание параметров динамической сетки, задание вращения стенок колёс насоса.

Для задания вращения стенок колёс используются пользовательские функции UDF. Пользовательская функция записывается на языке программирования C или C++ с использованием макросов Fluent. Пользовательские функции могут быть интерпретированы в Fluent непосредственно при составлении задачи или скомпилированы компилятором Fluent, для которого установлены связи с библиотеками Visual C, Microsoft Visual Studio и библиотеками операционной системы. Макросы, управляющие движением стенок, могут быть только скомпилированы.

Текст пользовательской функции создаётся в текстовом редакторе (например, Notepad) и сохраняется в файле с расширением .c в папке, в которой размещён Mesh-файл сетки.

После компиляции пользовательской функции можно установить связь между стенкой профиля зуба колеса и макросом, управляющим его движением. При этом стенка профиля зуба обозначается как твёрдое тело (Rigid Body). Указываются координаты центра вращения и угол поворота.

3. Задание типа решателя, системы уравнений и их разностных представлений, шагов изменения переменных в итеративном процессе решения задачи, параметров сходимости процесса решения по каждой из независимых переменных. Инициализация процесса решения, задание предельного количества итераций в ходе решения, запуск решателя.

4. Представление результатов расчёта, формирование таблиц и отчётов. Обработка сохранённых во внешние файлы результатов расчёта с использованием программ для инженерных, научных, статистических расчётов (Mathcad, Matlab, Statistica, MS Excel и др.).

На рис. 5 приведены поля давления и скорости в сеточной области моделирования насоса НШ 10.

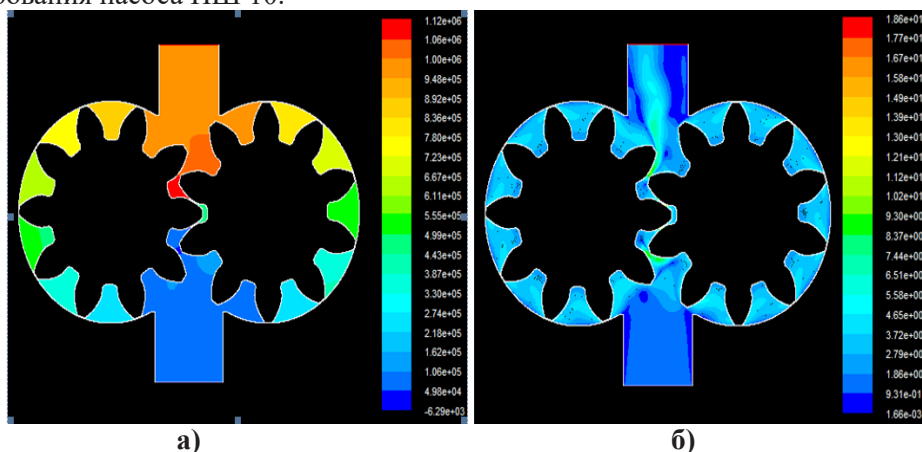


Рисунок 5. Поле давления (а) и скорости движения жидкости (б) в полости насоса НШ 10

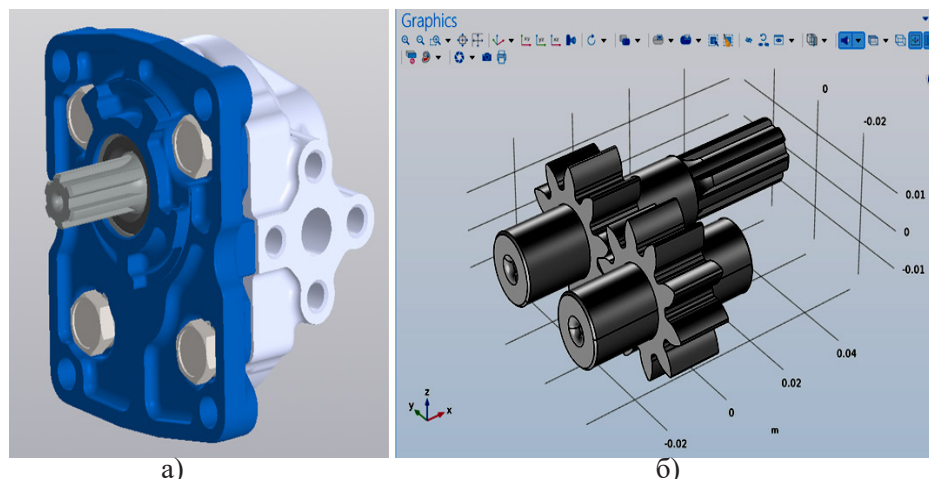


Рисунок 6. 3D модель насоса (а), соединение зубчатых колёс насоса в графическом поле IDE Comsol (б)

3D модель насоса (см. рис. 6, а), построенная по результатам расчёта и построения зубчатого зацепления его колёс, и распределение давлений по поверхности зубчатых венцов, полученное в результате расчёта течения рабочей жидкости, позволяют выполнить анализ напряжённого и деформированного состояния зубчатых колёс насоса. На рис. 6, б в графическом поле Comsol расположено соединение зубчатых колёс насоса. Граничными условиями задач прочности, в частности статической прочности, являются шарнирные опоры посадочных поверхностей осей зубчатых колёс, крутящий момент на оси ведущего колеса и распределение давлений на поверхностях зубчатых венцов колёс насоса.

Вывод. Разработана САПР в виде комплекс программ для автоматизированного проектирования и исследования характеристик шестерённых насосов, позволяющий устанавливать зависимости характеристик насоса от конструктивных параметров и эксплуатационных факторов, характерных для условий применения шестерённых насосов на машинах сельскохозяйственного назначения.

Список использованных источников:

1. Исаев А.П. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / А.П. Исаев, Б.И. Сергеев, В.А. Дидур. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 340 с.

2. Преимущества гидравлических систем в сельскохозяйственной технике. Обзорная статья. [Электронный ресурс] URL: <https://psm-st.com/blog/preimushhestva-gidravlicheskih-sistem-v-selskohozyajstvennoj-122>

References:

1. Isaev A.P. Hydraulics and hydromechanization of agricultural processes / A.P. Isaev, B.I. Sergeev, V.A. Didur. Moscow: VO "Agropromizdat", 1990. – 340 p.

2. Advantages of hydraulic systems in agricultural machinery. Review article. [electronic resource] URL: Access <https://psm-st.com/blog/preimushhestva-gidravlicheskih-sistem-v-selskohozyajstvennoj-122>

tehnike/#:~:text=Эти%20системы%20помогают%20фермерам%20повысить,гидравлического%20столика%20и%20многое%20другое.

3. Блог/ Производитель сельскохозяйственной техники Ростсельмаш / <https://rostselmash.com/>

4. Спицын И.А. Сельскохозяйственная техника и технологии: [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 110303 "Механизация переработки сельскохозяйственной продукции"] / И.А. Спицын, А.Н. Орлов, В.В. Ляшенко и др. – М.: Колос, Междунар. ассоц. "Агрообразование", 2006. – 646 с.

5. Зартдинов, Ф.Ф. Анализ условий надежности гидросистем сельскохозяйственной техники. / Ф.Ф. Зартдинов, А.А. Зартдинова, Гузяев, Л. Хохлов, А.А. Глушченко// Инженерно-техническое обеспечение АПК. Сборник материалов VIII Международная научно-практическая конференция Наука, образование и инновации для АПК, 2024 – С.132-135.

6. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода: Справочник. Киев: Технжа, 1977. – 320 с.

7. Вишенский И.И. Исследование работы шестеренных насосов // Пневматика и гидравлика. М., 1973. – С. 264-273.

8. Аистов И.П. Диагностирование рабочего состояния шестеренного насоса во время его эксплуатации. // Проблемы механики современных машин: Материалы второй международной конференции. Улан-Удэ: ВСГТУ, 2003. – Т. 2. – С. 49-52.

9. Программное обеспечение и

tehnike/#:~:text=Эти%20системы%20помогают%20фермерам%20повысить,гидравлического%20столика%20и%20многое%20другое.

3. Blog/ Agricultural machinery manufacturer Rostselmash / <https://rostselmash.com/>

4. Spitsyn I.A. Agricultural machinery and technologies: [textbook for university students studying in the specialty 110303 "Mechanization of agricultural products processing"] / I.A. Spitsyn, A.N. Orlov, V.V. Lyashenko et al. – M.: Kolos, International Journal of Agricultural Sciences. assoc. "Agroeducation", 2006. – 646 p.

5. Zartdinov, F.F. Analysis of reliability conditions of hydraulic systems of agricultural machinery. / F.F. Zartdinov, A.A. Zartdinova, Guzyaev, L. Khokhlov, A.A. Glushchenko// Engineering and technical support of the agro-industrial complex. Collection of materials of the VIII International Scientific and Practical Conference Science, Education and Innovations for agriculture, 2024 - P.132-135.

6. Abramov E.I., Kolesnichenko K.A., Maslov V.T. Elements of hydraulic drive: Handbook. Kiev: Technzha Publ., 1977. - 320 p.

7. Vishenskiy I.I. Investigation of the operation of gear pumps // Pneumatics and hydraulics, Moscow, 1973, P. 264-273.

8. Storov I.P. Diagnosis of the working condition of a gear pump during its operation. // Problems of mechanics of modern machines: Proceedings of the second international Conference. Ulan-Ude: VSGTU, 2003. – Vol. 2. – P. 49-52.

9. Software and IT solutions.

- IT-решения. [Электронный ресурс] URL: <https://www.cadfem-cis.ru/products/>
10. Введение в COMSOL Multiphysics [Электронный ресурс] URL: https://cdn.comsol.com/doc/5.4/IntroductionToCOMSOLMultiphysics.ru_RU.pdf
11. SOLIDWORKS - Все продукты по доменам [Электронный ресурс] URL: <https://www.solidworks.com/product/all-products>
12. AutoCAD - это промышленное стандартное программное обеспечение в CAD-дизайне [Электронный ресурс] URL: <https://autocad.softonic.ru/>
13. КОМПАС – 3D Система трёхмерного моделирования [Электронный ресурс] URL: <https://kompas.ru/>
14. Strasser W. CFD Investigation of Gear Pump Mixing Using Deforming/Agglomerating Mesh // J. Fluids Eng. 2006. Vol. 129. – No 4. – P. 476–484.
15. Алексеев Д.П. К расчёту характеристик шестерённого насоса на основе двумерного и трёхмерного моделирования / Д.П.Алексеев, С.В.Гувернюк, А.Ю.Чулюнин, Ф.Ф.Шейпак // Машиностроение и инженерное образование, 2013. – №4. – С.46-53.
16. Родионов Л.В. Моделирование рабочего процесса шестерённого насоса: учеб. пособие / Л.В. Родионов, С.А. Гафуров. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2015. – 116 с.
- [electronic resource] URL: <https://www.cadfem-cis.ru/products/>
10. Introduction to COMSOL Multiphysics [electronic resource] URL: https://cdn.comsol.com/doc/5.4/IntroductionToCOMSOLMultiphysics.ru_EN.pdf
11. SOLIDWORKS - All products by domain [electronic resource] URL: <https://www.solidworks.com/product/all-products>
12. AutoCAD is an industrial standard software in CAD design [electronic resource] URL: <https://autocad.softonic.ru/>
13. COMPASS – 3D 3D modeling system [electronic resource] URL: <https://kompas.ru/>
14. Strasser W. CFD Investigation of Gear Pump Mixing Using Deforming/Agglomerating Mesh // J. Fluids Eng. 2006. Vol. 129. – No. 4. – P. 476-484.
15. Alekseev D.P. On calculating the characteristics of a gear pump based on two-dimensional and three-dimensional modeling / D.P.Alekseev, S.V.Gouvernuyuk, A.Yu.Chulyunin, F.F.Shapa

Сведения об авторах:

Завалий Алексей Алексеевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой общетехниче-

Information about the authors:

Zavaliy Alexey Alekseevich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department

ских дисциплин института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», e-mail: zavalym@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»;

Рутенко Владимир Степанович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технических систем в агробизнесе института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», e-mail: rutvs@mail.ru, 295492, 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, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»;

Высоцкая Наталья Дмитриевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общетехнических дисциплин института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», e-mail: natali.v-v@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

of General Technical Disciplines at the Institute “Agrotechnological Academy” of the V.I. Vernadsky KFU, e-mail: zavalym@mail.ru, Institute of "Agrotechnological Academy" FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University" 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe;

Rutenko Vladimir Stepanovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Institute “Agrotechnological Academy”, V.I. Vernadsky KFU, e-mail: rutvs@mail.ru, Institute of "Agrotechnological Academy" FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University" 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe;

Olga Vladimirovna Shiyana – Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines at the Institute “Agrotechnological Academy” of the V.I. Vernadsky KFU, e-mail: olgshiyana@yandex.ru, Institute of "Agrotechnological Academy" FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University" 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe;

Vysotskaya Natalia Dmitrievna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines at the Institute “Agrotechnological Academy” of the V.I. Vernadsky KFU, e-mail: natali.v-v@mail.ru, Institute of "Agrotechnological Academy" FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University" 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

УДК 631.3; 51-74

**ОПТИМИЗАЦИЯ
ПАРАМЕТРОВ
КОНСТРУКТИВНЫХ
РЕШЕНИЙ ВРАЩАЮЩИХСЯ
ВАЛОВ В АГРЕГАТАХ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО
КОМПЛЕКСА, НАПРАВЛЕННАЯ
НА ИСКЛЮЧЕНИЕ
ВОЗМОЖНОСТИ ПОЯВЛЕНИЯ
АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ
НАСТУПЛЕНИИ РЕЗОНАНСА**

**OPTIMIZATION
OF PARAMETERS
OF DESIGN SOLUTIONS
FOR ROTATING SHAFT IN
UNITS OF THE AGRICULTURAL
INDUSTRIAL COMPLEX,
AIMED AT ELIMINATING
THE
POSSIBILITY OF EMERGENCY
SITUATIONS WHEN OCCASION
OF RESONANCE**

Ажермачев С.Г., кандидат технических наук, доцент;

Высоцкая Н.Д., кандидат технических наук, доцент;

Решетник А.А., студентка, группа АИ-б-о-231.2, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

Azhermachev S.G., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Vysotskaya N.D., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Reshetnik A.A., student, group AI-b-o-231, Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University"

Рассмотрено влияние параметров конструктивных решений вращающихся валов на возможность наступления аварийных ситуаций при наступлении резонанса. Многие аварийные ситуации при работе агрегатов в агропромышленном комплексе в ряде случаев связаны с явлением резонанса. Резонанс является опасным явлением потому, что может вызвать разрушение колеблющейся системы как следствие чрезвычайно-го возрастания амплитуды. Имеет место тот факт, что при вращении длинные тонкие валы, которыми, например, являются передаточные валы от моторов к водоотливным насосам в оросительных и других системах при определенных скоростях вращения не-

The influence of the parameters of design solutions of rotating shafts on the possibility of emergency situations when resonance occurs is considered. Many emergency situations during the operation of units in the agro-industrial complex are in some cases associated with the phenomenon of resonance. Resonance is a dangerous phenomenon because it can cause destruction of the oscillating system as a consequence of an extreme increase in amplitude. There is a fact that when rotating, long thin shafts, which, for example, are transmission shafts from motors to sump pumps in irrigation and other systems, at certain rotation speeds, cease to maintain a rectilinear shape. Sharp transverse vibrations begin to be observed, which

рестают сохранять прямолинейную форму. Начинают наблюдаться резкие поперечные колебания, которые могут затухать и возрастать вновь и это может повторяться периодически. Если произвести дальнейшее увеличение числа оборотов вращения вала, то эффект сильной вибрации и раскачивания прекращается. Но при дальнейшем увеличении числа оборотов до определенного уровня эффект сильной вибрации возобновляется. Рассмотрено теоретическое обоснование возможности выбора оптимальных конструктивных решений вращающихся валов во время их работы, а так же установлена связь параметров вала и условий, которые служат причиной изменения собственной частоты поперечных колебаний и искривления собственной оси вала при достижении критических значений угловой скорости вращения вала.

Ключевые слова: вал, скорость, колебания, прогиб, диск, резонанс, вращение, центробежная сила, аварийная ситуация

can fade and increase again, and this can be repeated periodically. If you further increase the number of revolutions of the shaft, the effect of strong vibration and rocking stops. But with a further increase in the speed to a certain level, the effect of strong vibration resumes. The theoretical justification for the possibility of choosing optimal design solutions for rotating shafts during their operation is considered, and a connection is established between the shaft parameters and the conditions that cause changes in the natural frequency of transverse vibrations and the curvature of the shaft's own axis when critical values of the angular velocity of the shaft rotation are reached.

Key words: shaft, speed, vibrations, deflection, disk, resonance, rotation, centrifugal force, emergency situation

Введение. Многие аварийные ситуации при работе агрегатов в агропромышленном комплексе в ряде случаев связаны с явлением резонанса [1]. Резонанс является опасным явлением потому, что может вызвать разрушение колеблющейся системы как следствие чрезвычайного возрастания амплитуды. Еще достаточно давно было установлено, что стабильная работа валов нарушается только при определенном числе оборотов. Работа валов при этом начинает сопровождаться сильными вибрациями и значительными прогибами вала. Это обстоятельство явилось поводом искать причину случающихся поломок агрегатов в явлении резонанса [2].

Обращалось внимание на тот факт, что при вращении длинные тонкие валы, которыми, например, являются передаточные валы от моторов к водотливным насосам в оросительных и других системах при определенных скоростях вращения перестает сохранять прямолинейную форму. Начинают наблюдаться резкие поперечные колебания, которые могут затухать и возрастать

вновь и это может повторяться периодически. Если произвести дальнейшее увеличение числа оборотов вращения вала, то эффект сильной вибрации и раскачивания прекращается. Но при дальнейшем увеличении числа оборотов до определенного уровня эффект сильной вибрации возобновляется.

Величина угловой скорости, которой соответствуют максимальные колебания вала называется критической угловой скоростью. Тогда, когда скорость вала достигает величины критической, вал теряет динамическую устойчивость. Динамическое состояние вала обычно определяется соотношением частот свободных и вынужденных колебаний. Если эти частоты совпадают, то наступает потеря динамической устойчивости вала. При вращении вала собственные колебания поддерживаются упругостью системы в целом. Причина возникновения вынужденных колебаний обычно в наличии на валу неуравновешенной массы. Частота вынужденных колебаний в большинстве случаев кратна угловой скорости вращения вала. При этом частота возмущающей силы соответствует угловой скорости.

Если вал находится в покое, изгиб вала от эксцентricности диска мал и таким изгибом можно пренебречь. В том случае, если диск находится в состоянии вращения с постоянным числом оборотов в секунду, появляется некоторый постоянный прогиб вала, который вызывается действием центробежной силы массы диска. Будет наблюдаться прогиб вала, величина которого зависит от размеров и массы диска, а так же от числа оборотов вала в секунду. Можно при этом считать, что вал вращается вокруг своей оси и остается при этом в таком изогнутом виде и имеющим постоянную стрелу прогиба.

Так же это вращение сопровождается еще и свободными поперечными колебаниями вала, но эти колебания могут быстро затухать благодаря тому, что происходит рассеяние энергии колебаний (в случае, когда их частота значительно отличается от числа оборотов вала в секунду). Если изменять угловую скорость вала и при этом приближать число оборотов в секунду вала к собственной частоте колебаний, будем наблюдать приближение резонанса. В этом случае считается, что вал вращается с критической угловой скоростью, в этом случае происходит возрастание поперечных колебаний вала, которые проявляются в виде «биения» вала и это явление может привести к разрушению. В этот момент, как считают, вал находится в неустойчивом состоянии.

Как уже говорилось ранее, если скорость вращения вала увеличивается до какого-то уровня, то можно наблюдать значительные прогибы вала и большие вибрации и как результат этого может произойти внезапная поломка вала. При дальнейшем увеличении скорости вращения вала колебания уменьшаются, и вал начинает работать в спокойном режиме. Спокойная работа вала сохраняется и при дальнейшем увеличении скорости пока она не достигнет нового определенного значения. Причина возникновения колебаний связана с особым динамическим состоянием вала, вращающегося с определенной скоростью.

Резонансные явления могут наступать при совпадении частот собственных

и вынужденных колебаний. При наступлении резонансных явлений наблюдаются интенсивные колебания всей системы, которые при продолжении работы в таком режиме, могут привести к потере устойчивости прямолинейной формы вала. Чтобы исключить возможность наступления такого критического состояния, необходимо не допускать совпадения рабочих и резонансных режимов работы вала в течение рабочего времени эксплуатации.

В реальных системах работающих агрегатов, как правило, не существует идеально уравновешенных валов и дисков и это может означать, что центр массы ротора может не совпадать с геометрической осью вала, то есть при этом может наблюдаться некоторый эксцентриситет относительно этой оси.

Если признаки резонанса начинают наблюдаться, необходимо внести изменения в саму конструкцию агрегата чтобы сместить резонансный режим и отрегулировать частоту собственных колебаний агрегата. Конструкции агрегатов, обычно имеют особенности, которые определяются схемой и мощностью, типами креплений, расположением и количеством опор, способами соединения вала с диском [3].

Материалы и методы исследований. Расчетные схемы таких агрегатов разнообразны и отличаются различным числом опор. Часто встречаются двух- и трех опорные валы. Бывают варианты с одной или двумя консолями. Встречаются так же валы, имеющие между собой соединения шлицевыми втулками-рессорами, с двумя опорами каждый.

Нагрузки и воздействия на вал могут быть различными. На вал обычно действует крутящий момент, центробежная сила неуравновешенной массы ротора, осевое усилие, инерционные силы и так далее.

Обычно при проектировании основные размеры вала определяются из условий прочности. Если условия работы вала предполагают большие угловые скорости и относительно малые значения крутящего момента, то в этом случае размеры вала назначают из конструктивных соображений.

При проектировании валов, чтобы исключить возможное наступление аварийной ситуации, обязательным является определение критической угловой скорости вращения, при этом должны быть определены все критические скорости вращения вала, такие как первая, вторая и по возможности третья, которые соответствуют более высоким частотам колебаний [4].

Результаты и обсуждения. Вращающиеся валы, попадая в резонанс, становятся динамически неустойчивыми при определенном числе оборотов в секунду. В результате этого возникают недопустимо большие колебания [4].

Может быть показано, что такое критическое число оборотов вала в секунду будет соответствовать собственной частоте поперечных колебаний вала.

На рисунке 1 изображен процесс вращения диска, насаженного на вал.

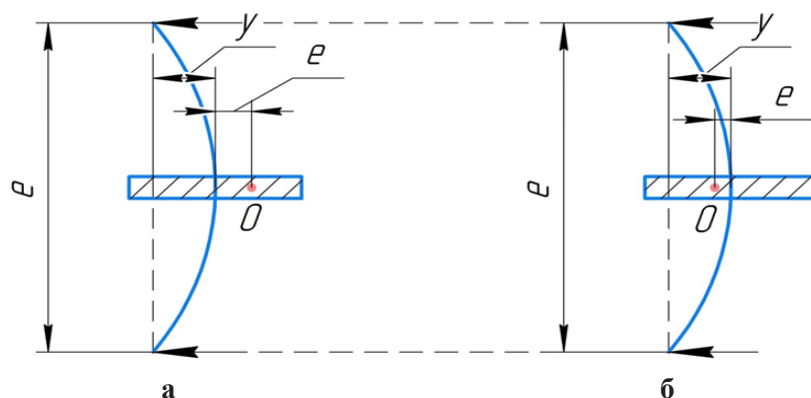


Рисунок 1. Процесс вращения диска, насаженного на вал

Центр тяжести диска O как правило не совпадает с осью вращения на величину некоторого эксцентриситета e (рисунок 1, а). Центробежная сила, которая действует на вал при вращении диска весом K с угловой скоростью V , будет определяться так:

$$T = \frac{K}{g} \cdot V^2 \cdot (y + e), \quad (1)$$

где y – прогиб вала в месте посадки диска;

g – ускорение свободного падения.

В месте приложения силы T реакция вала может быть показана так:

$$P = c \cdot y, \quad (2)$$

где c – изгибная жесткость.

Если сечение постоянно и имеет жесткость EI и если диск размещен посредине шарнирно опертого вала, изгибная жесткость

$$c = \frac{48EI}{l^3}. \quad (3)$$

Если учесть соблюдение условия равновесия реакция вала и центробежная сила будут равны между собой, то есть $P=T$. Приравняем правые части (1) и (2)

$$\frac{K}{g} \cdot V^2 \cdot (y + e) = c \cdot y. \quad (4)$$

Отсюда выразим величину прогиба вала в месте посадки диска:

$$y = \frac{e}{\frac{c}{V^2} \cdot \frac{g}{K} - 1}. \quad (5)$$

Собственная частота поперечных колебаний вала может быть выражена как

$$\omega^2 = \frac{c \cdot g}{K}. \quad (6)$$

После подстановки (6) в (5) выразим прогиб вала в месте посадки диска:

$$y = \frac{e}{\frac{\omega^2}{V^2} - 1}. \quad (7)$$

Из последнего выражения (7) получаем критическую угловую скорость, при которой прогиб вала $y \rightarrow \infty$ при этом в выражении (5) знаменатель должен стремиться к нулю, но это будет в случае, когда

$$\frac{c}{V^2} \cdot \frac{g}{K} = 1. \quad (8)$$

Отсюда критическая угловая скорость, при которой возможно наступление аварийной ситуации:

$$V_{кр} = \omega = \sqrt{\frac{c \cdot g}{K}}. \quad (9)$$

При подстановке (9) в (7) при стремлении знаменателя к нулю прогиб вала в месте посадки диска y будет стремиться к бесконечности. В этом случае будет наступать аварийная ситуация. В случае, когда критическая угловая скорость будет превышать собственную частоту, центр тяжести будет находиться между искривленной осью вала и линией, соединяющей опоры (рисунок 1, б) и уравнение для определения прогиба вала можно записать в следующем виде:

$$\frac{K}{g} \cdot V^2 \cdot (y - e) = c \cdot y. \quad (10)$$

Из этого выражения получаем величину прогиба вала в месте посадки диска. Для этого случая:

$$y = \frac{e}{1 - \frac{c}{V^2} \cdot \frac{g}{K}} = \frac{e}{1 - \frac{\omega^2}{V^2}}. \quad (11)$$

Из последнего выражения понятно, что при увеличении угловой скорости V прогиб вала в месте посадки диска $y \rightarrow e$. Можно сказать, что при очень больших угловых скоростях центр тяжести диска смещается на линию, соединяющую опоры и в этом случае изогнутый вал будет вращаться вокруг центра тяжести O диска.

Выводы

1) Собственная частота поперечных колебаний вала зависит от поперечного сечения вала, материала изготовления вала, длины вала, веса диска. Эти факторы учитываются при расчете порога наступления резонанса и возможного наступления аварийной ситуации.

2) При проектировании можно регулировать частоту поперечных колебаний вала, изменяя параметры, перечисленные в пункте первом.

3) Величину возможного прогиба вала во время его работы можно регулировать на стадии проектирования, изменяя параметры:

- а) угловую скорость вращения вала;
- б) параметры поперечного сечения вала;
- в) материала изготовления вала;
- г) длину вала;
- д) веса диска.

Список использованных источников:

1. Масленников А.М. Динамика и устойчивость сооружений: учебник и практикум для вузов / А.М. Масленников. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 366 с. – Серия: Специалист.

2. Беликов Г.В. Основы расчетов прочностной надежности специальных элементов конструкций автомобилей и тракторов: учебное пособие / Г.В. Беликов. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 98 с.

3. Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: материалы Международной научно-практической конференции 25-27 октября 2023 года: сб. науч. тр. / под общ. ред. И.П. Криволапова. – Мичуринск: Изд-во ООО «БиС», 2023. – 306 с.

4. Прочность. Устойчивость. Коллебания. Справочник в трех томах. Том 1. Под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. – М.: Издательство «Машиностроение», 1968. – 832 с.

References:

1. Maslennikov A.M. Dynamics and stability of structures: textbook and workshop for universities / A.M. Maslennikov. – Moscow: Publishing house YUrajt, 2016. – 366 p. – Series: Specialist.

2. Belikov G.V. Основы расчетов прочностной надежности специальных элементов конструкций автомобилей и тракторов: учебное пособие / G.V. Belikov. – Ul'yanovsk: Ulyanovsk State Technical University, 2008. – 98 p.

3. Engineering support of innovative technologies in the agro-industrial complex: materials of the International Scientific and Practical Conference October 25-27, 2023: collection of scientific papers / under the general editorship of I.P. Krivolapova. – Michurinsk: Publishing House LLC «BiS», 2023. – 306 p.

4. Strength. Sustainability. Oscillations. Handbook in three volumes. Volume 1. Edited by I.A. Birger and Ya.G. Panovko. – Moscow: Publishing house «Mechanical engineering», 1968. – 832 p.

Сведения об авторах:

Ажермачев Сергей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общетехнических дисциплин Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: SGA.simf@gmail.com, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Высоцкая Наталия Дмитриев-

Information about the authors:

Azhermachev Sergey Gennadievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines of the Institute "Agrotechnological Academy" of the Federal State Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky KFU", e-mail: SGA.simf@gmail.com, 295492, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarian settlement, Institute "Agrotechnological Academy"

на – кандидат технических наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: natali.v-v@mail.ru, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Решетник Анастасия Александровна – студентка группы АИ-б-о-231.2 Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: reshetniknastya2005@gmail.com, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

FGAOU VO "KFU named after V.I. Vernadsky".

Vysotskaya Natalia Dmitrievna – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of General Technical Disciplines of the Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: natali.v-v@mail.ru, Institute "Agrotechnological Academy" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

Reshetnik Anastasia Alexandrovna – student of group AI-b-o-231.2 of the Institute of Agrotechnological Academy of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail: reshetniknastya2005@gmail.com, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe settlement, Institute of Agrotechnological Academy of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

УДК 632.937

**БИОНИЧЕСКИЙ ПОДХОД К
СОЗДАНИЮ УСТРОЙСТВ
БИОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА
БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
РАСТЕНИЙ****BIONIC APPROACH
TO THE CREATION OF
BIOLOGICAL PEST
CONTROL DEVICES FOR
AGRICULTURAL
PLANTS****Бабицкий Л.Ф.**, доктор технических наук, профессор;**Османов Э.Ш.**, кандидат технических наук, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»;**Babitsky L.F.**, Doctor of Technical Sciences, Professor;**Osmanov E.Sh.**, Candidate of Technical Sciences, Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University».

Одной из важнейших задач современного земледелия является уменьшение использования пестицидов, оказывающих негативное влияние на природу. В этой связи, большое значение приобретают биологические методы защиты растений, одним из которых является применение трихограммы. До сих пор трихограмма распространялась, в основном, вручную из-за отсутствия механизированных способов. В статье предложено устройство, которое позволяет механизировано распространять трихограмму.

Ключевые слова: бионический подход, трихограммы, механизация, биологический метод, энтомофаги, вредители, устройство.

One of the most important tasks of modern agriculture is to reduce the use of pesticides that have a negative impact on nature. In this regard, biological methods of plant protection are of great importance, one of which is the use of a trichogram. Until now, the trichogram has been distributed mainly manually due to the lack of mechanized methods. The article proposes a device that allows the mechanized distribution of a trichogram.

Keywords: bionic approach, trichograms, mechanization, biological method, entomophages, pests, device.

Введение. В системе мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений наиболее широкое распространение получил химический метод, в сравнении с остальными известными методами. Однако использование химического метода приводит к устойчивому нарушению функционирования всей агроэкосистемы, нанося вред и здоровью человека [1–4]. То есть, в природную систему: почва – растение – атмосфера внедря-

ется инородное вещество в виде химиката, уничтожая вредителей и болезней, но нанося непоправимый вред всем составляющим этой системы – атмосфере – почве и растениям. Применение биосистемного подхода с использованием принципов и методов бионики, позволяет находить оригинальные технические решения при создании новых устройств для биологического метода борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур [5]. Рассматривая биологические действия на вредителей в пространстве и времени в биологическую систему следует ввести родственный этой системе уничтожающий вредителей биологический прототип с устройством для его функционирования. В результате такого объединения получим бионическую систему с устройством для обеспечения работы уничтожающий вредителей биологического прототипа (рис. 1).

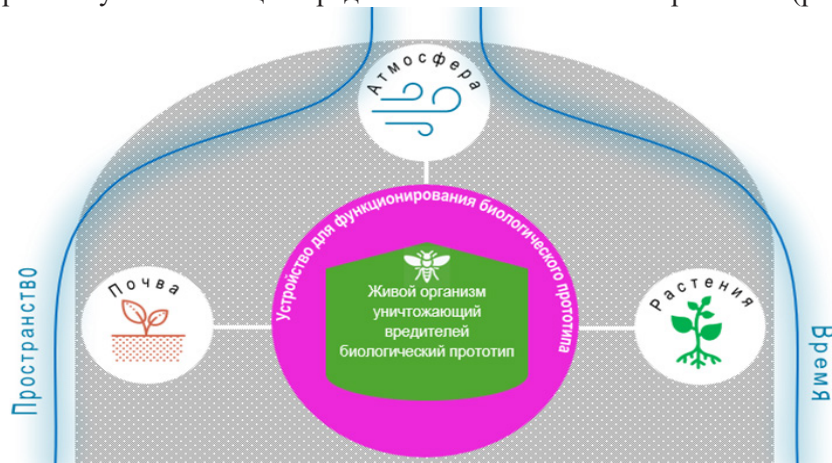


Рисунок 1. Бионический подход к созданию устройств для функционирования биологических прототипов, уничтожающих вредителей

Материалы и методы исследования. Такая система необходима для подбора и обоснования параметров соответствующих устройств для функционирования уничтожающих вредителей живых организмов на основе бионических сравнений. Характеристики работы живого прототипа в пространственно-временном контексте данной биологической системы определяют принципы и параметры действия механического устройства, предназначенного для функционирования этого прототипа – живого организма, уничтожающего вредителей. Сопоставляя создаваемые устройства с условиями функционирования биологических прототипов уничтожающих вредителей, можно сделать вывод, что с целью надежного функционирования биологического прототипа устройства должны работать в пространстве и времени. Нами проведено обоснование параметров таких устройств для конструктивного их исполнения.

Предлагаемое устройство для механизированного расселения энтомофагов на многолетних насаждениях (рис. 2) представляет собой конструкцию, монтируемую на серийные сельскохозяйственные орудия [6].

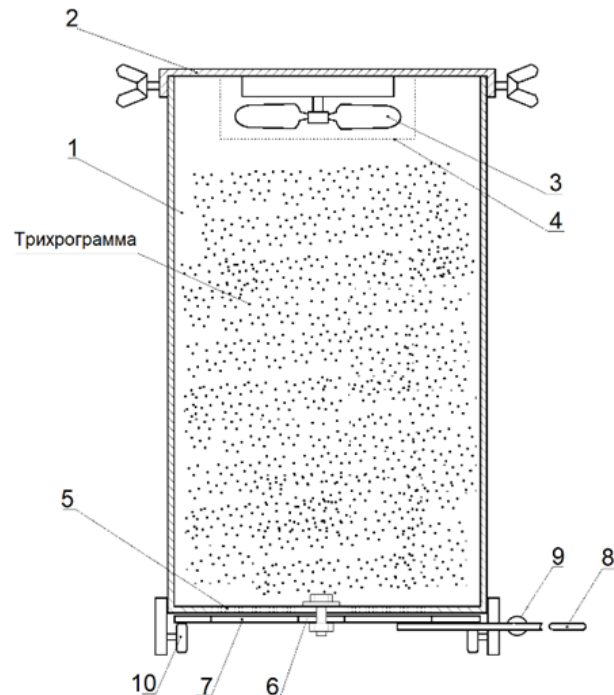


Рисунок 2. Схематическое изображения устройство для расселения трихограммы:

1 – бункер, 2 – крышка, 3 – вентилятор, 4 – сетка;
5 – распределительные отверстия на дне бункера; 6 – подающий диск;
7 – полости; 8 – щуп; 9 – пружина; 10 – прижимной ролик.

При конструировании распределительных отверстий на дне бункера 5 (рис. 3), их диаметр должен быть больше размера трихограммы для беспрепятственного прохождения ее через них.

Результаты и обсуждение. Примем трихограмму за частицу диаметром d_m . Рассмотрим движение этой частицы через распределительные отверстия d_p на дне бункера (рис. 3).

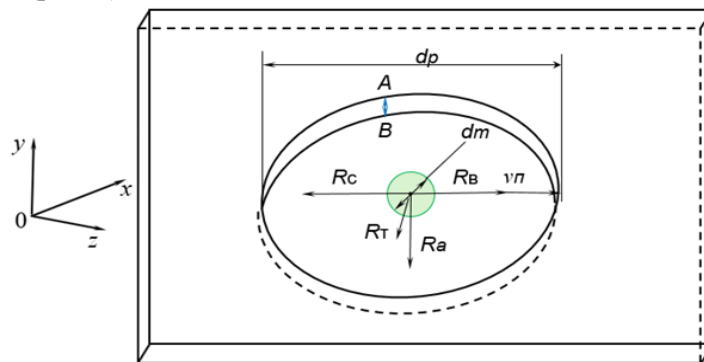


Рисунок 3. Схема прохождения трихограммы через отверстия

В процессе движения частицы через распределительные отверстия на нее будут действовать силы представленные на рисунке 3.

Результирующая всех сил R запишется в виде:

$$R = R_a + R_c + R_b + R_\tau, \quad (1)$$

где R_τ – сила тяжести;

R_a – сила аэродинамического потока;

R_c – сила лобового сопротивления;

R_b – толкающая сила воздушного потока, созданного вентилятором.

Сила R_a направлены по нормали к поверхности отверстий.

Приняв допущения, описанные выше, можно отметить, что действие всех сил расположено в плоскости хоу.

Так как сила тяжести R_m , из-за малых размеров трихограммы, очень мала, то ей можно пренебречь.

$$R_a = m \cdot k_n \cdot v_n^2, \quad (2)$$

где m – масса частицы, кг;

k_n – коэффициент парусности, m^{-1} ;

v_n – скорость воздушного потока в распределительном отверстии, м/с.

Так как движение частицы по поверхности дна бункера с распределительными отверстиями равномерное, то:

$$R_c + R_b = 0, \quad (3)$$

$$R = \frac{\rho \cdot \pi \cdot d_r^2}{6} \cdot \left(k_n \cdot v_n^2 + \frac{v_\tau^2}{r} \right), \quad (4)$$

где ρ – плотность частицы;

d_r – диаметр частицы.

Для того чтобы частица покинула бункер, она должна за некоторое время Δt погрузиться в распределительное отверстие на некоторое расстояние Δs .

$$\Delta s = \frac{R \cdot \Delta t^2}{2 \cdot m}. \quad (5)$$

Время Δt из выражения 5 с учетом выражения 4 запишем в виде:

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta s}{k_n \cdot v_n^2 + \frac{v_\tau^2}{r}}}. \quad (6)$$

За время Δt частица преодолет расстояние AB (рис. 3).

$$\Delta t = \frac{AB}{v_\tau} \quad (7)$$

Приравняв выражения 6 и 7 получим:

$$\frac{AB}{v_\tau} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta s}{k_n \cdot v_n^2 + \frac{v_\tau^2}{r}}}, \quad (8)$$

$$AB = v_{\text{ч}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta s}{k_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}}^2 + \frac{v_{\text{т}}^2}{r}}} \quad (9)$$

В своих работе [7] параметр Δs связывают прямой функциональной зависимостью с диаметром частицы d_p , т.е.:

$$\Delta s = f(d_p). \quad (10)$$

Подставляя выражение 10 в 9 получим:

$$f(d_p) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{AB}{v_{\text{ч}}} \right)^2 \cdot \left(k_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}}^2 + \frac{v_{\text{т}}^2}{r} \right) \quad (11)$$

Проанализировав уравнение 11, можно сказать, что продольный размер отверстия (отрезок АВ на рис. 3) будет влиять на размер частиц, способных пройти через распределительные отверстия.

Рассмотрим, как влияет форма отверстий на максимальный размер частиц d_{max} , способных пройти через распределительные отверстия. Выразив величину h как $d_{\text{max}}/2$, получим выражение, описывающее зависимость размера частиц, способных покинуть бункер, от продольного размера отверстия:

$$d_{\text{max}} \leq \frac{\left(k_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}}^2 + \frac{v_{\text{т}}^2}{r} \right) \cdot AB^2}{v_{\text{ч}}^2} + 2 \cdot (\sqrt{r^2 - AB^2}) \quad (12)$$

Отрезок АВ меняется от 0 до d_p и описывается уравнением:

$$AB = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{d_p}{2} \right)^2 - Z^2}, \quad (13)$$

где d_p – диаметр круглого отверстия;

Z – расстояние от центра отверстия до центра тяжести частицы по оси z .

Воздушный поток облегчает проход трихограммы сквозь распределительные отверстия, при этом вводится новый коэффициент λ , который показывает соотношение диаметров распределительных отверстий d_p и диаметра трихограммы d_t .

$$\lambda = d_p / d_t. \quad (14)$$

Выводы. Предложенный новый биосистемный подход с использованием принципов и методов бионики, позволяет находить оригинальные технические решения при создании новых устройств для биологического метода борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур.

Предложено устройство для механизированного расселения трихограммы и обоснованы параметры распределительных отверстий.

Список использованных источников:

1. Бабицкий, Л. Ф. Обоснование параметров устройства для расселения трихограммы / Л. Ф. Бабицкий, Э. Ш. Османов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – №

References:

1. Babitsky, L. F. Substantiation of the parameters of the device for the settlement of the trichogram / L. F. Babitsky, E. S. Osmanov // Izvestiya agrarianii nauki Tavrida. – 2023. – №

34(197). – С. 81-91.

2. Сорокина, А.П. Применение трихограммы: прошлое и настоящее / А. П. Сорокина // Защита и карантин растений. – 2011. – № 10. – С. 9–12.

3. Биологическая защита растений / М. В. Штерншис, Ф. С.-У. Джалилов, И. В. Андреева, О. Г. Томилова; Под ред. М. В. Штерншис. – М.: Колос, 2004. – 264 с.

4. Рашидов М., Кимсанбаев Х., Сулайманов Б., Сагдуллаев А. Требования к биологическим средствам (энтомофагом) борьбы с вредителями, сельскохозяйственных культур и методы их контроля. – Ташкент, – 2007 – 19 с.

5. Бабицкий, Л.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообрібних машин / Л.Ф. Бабицкий // К. Урожай, 1998. – 164с.

6. Патент на полезную модель № 230563 U1 Российская Федерация, МПК A01K 67/033. Устройство для распределения трихограммы на многолетних насаждениях : № 2024117669 : заявл. 24.06.2024 : опубл. 11.12.2024 / Л. Ф. Бабицкий, Э. Ш. Османов ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского".

7. Алешкин, В.Р. Некоторые закономерности прохода частиц через решето молотковой дробилки / В.Р. Алешкин // Механизация сельскохозяйственного производства: Записки ЛСХИ. – Л., 1968. – Т.119. – Вып. 1. – С. 118-124.

34(197). – Pp. 81-91.

2. Sorokina, A.P. Application of the trichogram: past and present / A. P. Sorokina // Protection and quarantine of plants. – 2011. – №. 10. – pp. 9-12.

3. Biological protection of plants / M. V. Sternshis, F. S.-U. Jalilov, I. V. Andreeva, O. G. Tomilova; Edited by M. V. Sternshis. – M.: Kolos, 2004. 264 p.

4. Rashidov M., Kimsanbayev Kh., Sulaimanov B., Sagdullaev A. Requirements for biological means (entomophages) of pest control, agricultural crops and methods of their control. – Tashkent, – 2007 – 19 p.

5. Babitsky, L.F. Bionichni, for example, drilling of ground-breaking machines / L.F. Babitsky // K. Crop, 1998. – 164с.

6. Utility model Patent № 230563 U1 Russian Federation, IPC A01K 67/033. A device for distributing trichograms on perennial plantings : No. 2024117669 : application 06/24/2024 : published 12/11/2024 / L. F. Babitsky, E. S. Osmanov ; applicant Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University".

7. Aleshkin, V.R. Some patterns of particle passage through the sieve of a hammer crusher / V.R. Aleshkin // Mechanization of agricultural production: Notes of the LSHI. – L., 1968. – Vol.119. – Issue 1. – pp. 118-124.

Сведения об авторах:

Бабицкий Леонид Фёдорович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени 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».

Энвер Шевхийевич Османов – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технических систем в агробизнесе, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского», e-mail: enver_hotboy@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского»

Information about the authors:

Babitsky Leonid Fedorovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness of the Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: kaf-meh@rambler.ru, Institute "Agrotechnological academy" of the FSAEI HE "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

Osmanov Enver Shevkhievich – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: enver_hotboy@mail.ru, Institute «Agrotechnological academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

УДК. 631.352

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ
МАЛОГАБАРИТНОГО
ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ
РАСТИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
РЕГРЕССИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**OPTIMIZATION
OF PARAMETERS
OF A SMALL-SIZED
PLANT
MATERIAL
GRINDER USING
REGRESSION
MODELING**

Красовский В.В., к.т.н., доцент;
Гербер Ю.Б., д.т.н., профессор, Ин-
ститут «Агротехнологическая акаде-
мия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.
Вернадского».

Krasovskiy V.V., Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor;
Gerber Y.B., Doctor of Technical Sciences,
Professor, Institute «Agrotechnological
Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky
Crimean Federal University».

В статье представлено исследование по оптимизации параметров (массы рабочего органа и скорости вращения) малогабаритного измельчителя растительных материалов с целью минимизации энергозатрат при заданном уровне производительности. Для построения адекватных математических моделей, описывающих взаимосвязь между параметрами процесса, производительностью и энергозатратами, использовано регрессионное моделирование. Оптимизация параметров позволила определить оптимальные значения массы и скорости, обеспечивающие минимизацию энергозатрат при заданном уровне производительности. Результаты исследования демонстрируют эффективность применения методов регрессионного моделирования для оптимизации параметров рабочих органов измельчителей, позволяя снизить энергопотребление за счёт выбора оптимальных значений массы и скорости.

The article presents a study on the optimization of the parameters (mass of the working element and rotation speed) of a small-sized shredder of plant materials in order to minimize energy consumption at a given level of productivity. Regression modeling was used to build adequate mathematical models describing the relationship between the process parameters, productivity and energy consumption. Optimization of the parameters made it possible to determine the optimal values of mass and speed, ensuring the minimization of energy consumption at a given level of productivity. The results of the study demonstrate the effectiveness of using regression modeling methods to optimize the parameters of the working elements of shredders, allowing to reduce energy consumption by choosing the optimal values of mass and speed.

Ключевые слова: регрессионное моделирование, оптимизация, малогабаритный измельчитель растительных материалов, масса, скорость, производительность, энергозатраты, энергоэффективность, квадратичная регрессия, параметры процесса.

Keywords: regression modeling, optimization, small-sized shredder of plant materials, mass, speed, productivity, energy consumption, energy efficiency, quadratic regression, process parameters.

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности и повышение конкурентоспособности агропромышленного комплекса России являются приоритетными направлениями развития, закреплёнными в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации (Указ Президента РФ № 20 от 21 января 2020 г.) и Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы [1, 2]. Для достижения этих целей необходимы инновационные подходы, направленные на повышение эффективности и снижение затрат в сельскохозяйственном производстве, включая садоводство и виноградарство. Одной из актуальных проблем в этих отраслях остается утилизация растительных отходов, таких как обрезки веток и лозы. Традиционные методы, включая сжигание и вывоз, неэффективны и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

В этом контексте исследования малогабаритных измельчителей растительных материалов представляются особенно актуальными, учитывая их соответствие потребностям небольших садоводческих хозяйств, широко распространённых в регионе. Такие хозяйства часто сталкиваются с нехваткой ресурсов, и применение крупногабаритной техники нецелесообразно как с экономической, так и с функциональной точки зрения. Компактные измельчители обеспечивают доступность, возможность эффективной переработки растительных отходов и интеграции в небольшие производственные циклы. Их использование способствует локальному решению проблемы утилизации отходов, повышению эффективности использования ресурсов и снижению экологического следа [3]. Однако существующие малогабаритные измельчители зачастую характеризуются недостаточной производительностью, ограниченными возможностями обработки различных видов материалов и относительно высоким энергопотреблением. Таким образом, проведение экспериментальных исследований, направленных на оптимизацию конструктивных и технологических параметров малогабаритных измельчителей с целью повышения производительности и снижения энергопотребления, представляет собой актуальную и значимую научно-практическую задачу.

Методология и методы исследования. Для проведения экспериментальных исследований была разработана методика, основанная на использовании опытной установки малогабаритного измельчителя растительных материалов [4]. В конструкции лабораторной установки предусмотрено изменение переда-

точного отношения ременного привода, а, следовательно, и скорости резания, а также конструкцией предусмотрено изменение массы рабочего органа за счет установки дополнительных грузов на рабочий орган.

В рамках каждого эксперимента было подготовлено 15 образцов веток с различным диаметром, варьирующимся от 10 до 50 мм. Древесина использовалась без признаков гнили, с уровнем окорки не менее 90 %. Массовая доля влаги в образцах составляла 45–50 %, а температура древесины не опускалась ниже 20° С. Для проведения экспериментов выбирались ветки яблони, как наиболее распространенной садовой культуры в регионе, с плотностью в пределах 550-630 кг/м³.

При измельчении веток взвешивалась измельченная масса каждого образца, фиксировалось время измельчения и время работы холостого хода измельчителя, что позволило определить производительность.

Энергопотребление замерялось при каждом измельчении веток, высчитывалось затраченное на каждый образец ветки и суммарное потребление.

По диаметру ветки были распределены на три группы: до 20 мм, 20-30 мм, 30-50 мм. Расчетное значение массы рабочего органа и скорости резания веток обеспечивающие необходимый запас маховой энергии для перерезания веток диаметром до 50 мм для малогабаритного измельчителя были определены согласно проведенному анализу литературы [5, 6, 7]. Шкивы обеспечивали частоту вращения рабочего органа от 2000 мин⁻¹ до 2800 мин⁻¹ с интервалом в 400 мин⁻¹, что соответствует линейной скорости резания в пределах от 31,4 м/с до 43,96 м/с (табл. 1). Также для увеличения точности полученных данных эксперименты проводились для трех вариантов массы рабочего органа: от 10,6 кг до 12,6 кг с шагом в 1 кг. Каждый эксперимент проводился на 15 образцах веток при трех различных массах рабочего органа и трех скоростях его работы. В результате было обработано 135 экспериментов.

В данном исследовании был применен план эксперимента 3х3, предусматривающий три уровня для каждого из независимых факторов – массы и скорости. Этот план обеспечивает достаточно подробное изучение влияния обоих факторов и их возможного взаимодействия

Таблица 1. Условия планирования эксперимента

Фактор	Уровни варьирования		
	- 1	0	1
Скорость резания, м/с	31.4	37.68	43.96
Масса рабочего органа, кг	10,6	11,6	12,6

Результаты и обсуждения. Для выявления общей закономерности и построения моделей, данные, полученные по результатам экспериментальных исследований, были обобщены и представлены в таблице 2.

Таблица 2. Экспериментальные данные

№	Масса, кг (X1)	Скорость, м/с (X2)	Производительность, м³/ч (Y2)	Энергозатраты, Вт/кг (Y1)
1	10.6	31.4	0.27	11.21
2	10.6	37.68	0.32	12.91
3	10.6	43.96	0.32	12.43
4	11.6	31.4	0.53	13.25
5	11.6	37.68	0.57	16.21
6	11.6	43.96	0.59	15.92
7	12.6	31.4	1.09	14.80
8	12.6	37.68	1.27	16.73
9	12.6	43.96	1.38	16.56

Для проведения статистического анализа и построения регрессионных моделей использовалась среда программирования **Python** (версия **3.9**) с применением ряда специализированных библиотек. В частности, для обработки и подготовки данных использовалась библиотека **pandas** (версия **1.3.5**), предоставляющая удобные инструменты для работы с табличными данными.

Регрессионный анализ, включая построение и оценку параметров линейной, квадратичной и полиномиальной моделей, выполнялся с использованием библиотеки **statsmodels** (версия **0.13.2**). Библиотека предоставляет мощные инструменты для статистического моделирования, включая оценку параметров моделей методом наименьших квадратов (OLS), расчёт статистических показателей, таких как R-квадрат, скорректированный R-квадрат (Adjusted R-squared), AIC, BIC, а также р-значения для оценки статистической значимости коэффициентов.

Для создания полиномиальных признаков, необходимых при построении квадратичной и полиномиальной моделей, использовалась библиотека **scikit-learn** (версия **1.0.1**) и её класс **PolynomialFeatures**.

При выборе моделей для регрессионного анализа важно учитывать, как теоретические аспекты, так и практические соображения. В нашем случае мы рассмотрели три модели, каждая из которых представляет собой определенный уровень сложности и имеет свои преимущества и недостатки.

1. Линейная модель с взаимодействием.

$$Y1 = -27.4882 + 3.530922 \cdot X1 + 0.416629 \cdot X2 + -0.050737 \cdot X1 \cdot X2, \quad (1)$$

$$Y2 = -1.8115 + 0.213366 \cdot X1 + 0.066806 \cdot X2 + -0.003057 \cdot X1 \cdot X2. \quad (2)$$

Простота и интерпретируемость: линейные модели являются самыми простыми и легко интерпретируемыми, что делает их хорошей отправной точкой при анализе данных. Мы начинаем с предположения, что связь между целевыми функциями (Y1 и Y2) и факторами массы (X1) и скорости (X2) может быть приблизительно описана прямой линией.

Взаимодействие факторов: добавление члена взаимодействия ($B12 \cdot X1 \cdot X2$) позволяет учесть то, что влияние одного фактора на производительность может зависеть от значения другого фактора. Например, влияние

скорости на производительность может отличаться в зависимости от массы. Это важный аспект, который позволяет моделировать более сложные взаимосвязи.

Линейная модель с взаимодействием представляет собой естественный первый шаг в анализе, когда нет явных оснований предполагать нелинейную зависимость. Она позволяет оценить основные тенденции и выявить наличие или отсутствие взаимодействия между факторами. Также эта модель является базовой, с которой можно сравнивать более сложные варианты.

2. Квадратичная модель (полная).

$$Y_1 = -184.3448165 + 24.62789239 \cdot X_1 + 2.308816362 \cdot X_2 - 1.013181206 \cdot X_1^2 + 0.021279598 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0.031932493 \cdot X_2^2, \quad (3)$$

$$Y_2 = 25.90277949 - 4.660698794 \cdot X_1 - 0.065733301 \cdot X_2 + 0.20588686 \cdot X_1^2 + 0.0095110227132 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0.000451993 \cdot X_2^2. \quad (4)$$

Квадратичная модель добавляет квадратичные члены (X_1^2 и X_2^2), что позволяет моделировать нелинейные зависимости между производительностью и факторами.

Возможность повышения точности: квадратичная модель может повысить точность прогнозов, если истинная зависимость имеет нелинейный характер.

3. Полиномиальная модель (3-го порядка для каждого фактора):

$$Y_1 = -169.1589 + 43.423900 \cdot x_0 + 6.543948 \cdot x_1 + -3.213961 \cdot x_0^2 + -0.439036 \cdot x_0 \cdot x_1 + -0.050235 \cdot x_1^2 + 0.090779 \cdot x_0^3 + 0.006236 \cdot x_0^2 \cdot x_1 + 0.001302 \cdot x_0 \cdot x_1^2 + 0.000321 \cdot x_1^3, \quad (5)$$

$$Y_2 = -12.4634 + 3.277059 \cdot x_0 + 0.771113 \cdot x_1 + -0.239813 \cdot x_0^2 + -0.037995 \cdot x_0 \cdot x_1 + -0.005391 \cdot x_1^2 + 0.005892 \cdot x_0^3 + 0.000706 \cdot x_0^2 \cdot x_1 + 0.000051 \cdot x_0 \cdot x_1^2 + -0.000041 \cdot x_1^3. \quad (6)$$

Полиномиальная модель 3-го порядка является самой сложной из рассмотренных. Она добавляет все возможные комбинации членов вплоть до 3-го порядка включительно, включая члены взаимодействия с квадратичными факторами, обеспечивая модели максимальную гибкость при подгонке к данным.

Также модель включает все члены, необходимые для полного описания нелинейных связей до второго порядка и позволяет оценить, насколько сильно сложность модели может привести к переобучению.

Полиномиальная модель позволяет проверить, нужно ли нам так усложнять модель. Если окажется, что она не дает значительного улучшения по сравнению с более простыми моделями, то ее использование нецелесообразно.

Выбор этих трёх моделей обусловлен стремлением к постепенному усложнению, от простейшей линейной до более сложных квадратичной и полиномиальной, что позволяет оценить роль взаимодействия факторов (линейная модель с взаимодействием), проверить наличие нелинейных связей (квадратичная модель), оценить возможные последствия переобучения (полиномиальная модель).

Таким образом, модели представляют обоснованный набор вариантов для изучения зависимости энергозатрат и производительности от массы рабочего органа и скорости его вращения и позволяют оценить, какая из них наиболее адекватно описывает имеющиеся данные, учитывая их сложность и способность обобщать.

Анализ регрессионных моделей.

Сравнение регрессионных моделей (табл.3) включают в себя следующие показатели:

- **R-квадрат (R-squared)**: показывает, какая доля дисперсии зависимой переменной объясняется моделью;

- **Скорректированный R-квадрат (Adjusted R-squared)**: аналогичен R-квадрату, но учитывает количество параметров в модели, что позволяет более корректно сравнивать модели с разным количеством предикторов;

- **BIC (бэйсовский информационный критерий)**: аналогичен AIC, но в большей степени наказывает модели за сложность. Модель с меньшим значением BIC предпочтительнее;

- **AIC (Akaike Information Criterion)** - Информационный критерий Акаике. Это мера относительного качества статистической модели для данного набора данных. Он оценивает, насколько хорошо модель соответствует данным, учитывая ее сложность.

Таблица 3. Сравнительные характеристики моделей

Модель	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	AIC	BIC
Линейная с взаимодействием	0.977	0.969	29.20	30.00
Квадратичная (полная)	1.000	0.999	-20.68	-19.49
Полиномиальная (3-го порядка)	1.000	0.988	-12.88	-8.76

По результатам проведенного анализа была выбрана квадратичная модель. Выбор модели был обусловлен предположением нелинейной зависимости производительности и энергозатрат от массы и скорости рабочего органа. При увеличении массы и скорости, эффективность системы изменяется нелинейно. Например, при очень низких или очень высоких значениях массы и скорости производительность может снижаться, а энергозатраты увеличиваются непропорционально. Следовательно, простая линейная модель не сможет адекватно описать эти зависимости.

При анализе данных можно заметить, что для выходных параметров не наблюдается прямолинейной зависимости от массы и скорости. Наблюдается нелинейный характер, что подтверждают графики рассеяния переменных.

Масса и скорость влияют на систему не только по отдельности, но и во взаимодействии друг с другом. Например, эффект от увеличения скорости может зависеть от текущего значения массы и наоборот. Полиномиальная модель с членом X_1X_2 позволяет учитывать это взаимодействие.

Также из анализа данных можно предположить, что влияние одной переменной на целевую функцию меняется в зависимости от значения другой переменной.

Включение квадратичных членов X_1^2 и X_2^2 позволяет учесть возможную кривизну зависимости и наличие экстремумов на графиках зависимостей.

Полиномиальная модель второго порядка (квадратичная) достаточно гиб-

ка, чтобы описать большинство реальных зависимостей. Она может аппроксимировать нелинейные кривые лучше, чем простая линейная модель, обладает наилучшим значения AIC и BIC, гарантируя высокую точность описания данных. При этом, модель не переусложнена - добавление членов более высоких степеней привело бы к усложнению модели, но не дало бы значительных улучшений в точности.

. Линейная модель (Табл.3) имеет довольно высокий R^2 , но худшие значения AIC и BIC, недостаточна для описания данных.

Анализ данных показывает, что зависимости между массой/скоростью и производительностью/энергозатратами не являются линейными. Следовательно, линейные модели будут не корректно описывать реальную ситуацию.

Полиномиальная модель 3-го порядка показала высокий R^2 , равный единице, что может говорить о переобучении.

Скорректированный R^2 значительно ниже, чем у квадратичной модели (0.988 против 0.999), что означает, что добавление новых параметров в модель 3-го порядка не улучшает ее способности описывать данные, а только ухудшает (переобучение). Значения AIC и BIC также хуже, чем у квадратичной модели.

Модели с полиномами более высоких степеней могут быть более гибкими, но они также могут привести к переобучению и проблемам с интерпретацией.

Для наших данных нет достаточно оснований использовать модели более высоких порядков, так как квадратичная модель второго порядка достаточно хорошо описывает наблюдаемые зависимости.

Квадратичная модель превосходит линейную с взаимодействием и полиномиальную (3-го порядка) модель по всем показателям (R^2 , скорректированный R^2 , AIC и BIC). Она точнее описывает данные и учитывает их нелинейный характер.

Другие нелинейные модели.

Существуют и другие нелинейные модели, например, экспоненциальные или логарифмические. Однако в большинстве случаев, полиномиальная модель второго порядка способна достаточно хорошо аппроксимировать различные виды нелинейных зависимостей.

Без явных теоретических или физических оснований в пользу других видов нелинейных моделей, нецелесообразно использовать более сложные модели, особенно с учетом того, что полиномиальная модель второго порядка хорошо себя показала на практике и представляет собой разумный компромисс между простотой, точностью и интерпретируемостью для наших целей.

В заключение выбор квадратичной модели обосновывается нелинейным характером зависимостей, выявленным из физических соображений и анализа данных, наличием взаимодействия между независимыми переменными, возможностью учитывать экстремумы и кривизну зависимостей, достаточной гибкостью и простотой модели.

По полученным регрессионным моделям (3,4) были построены поверхности отклика (рисунок 1, 2)

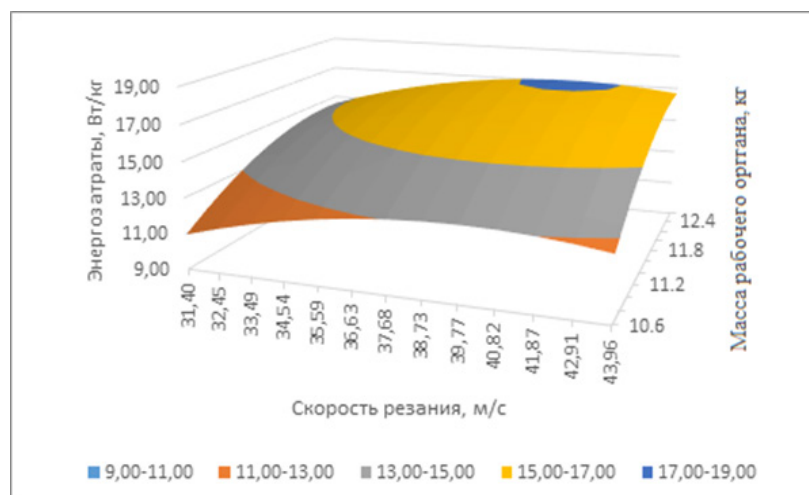


Рисунок 1. Трёхмерная поверхность отклика для энергозатрат, смоделированная квадратичной моделью, в зависимости от массы (X1) и скорости (X2)

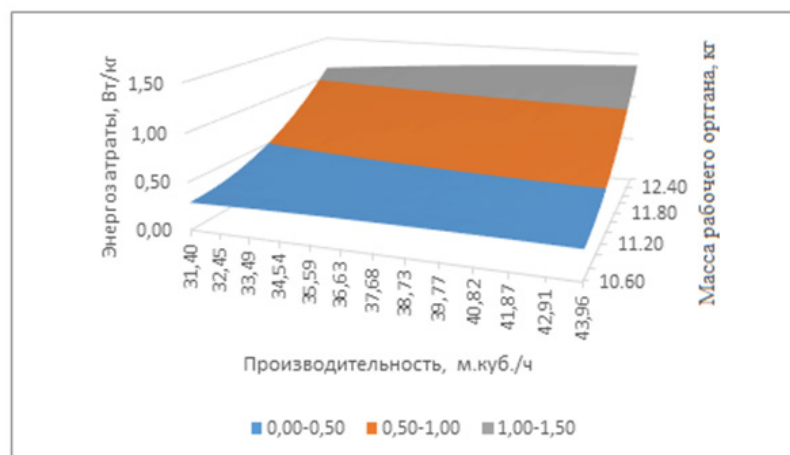


Рисунок 2. Трёхмерная поверхность отклика для производительности, смоделированная квадратичной моделью, в зависимости от массы (X1) и скорости (X2)

Анализ регрессионных моделей (3,4) показал, что увеличение скорости (X2) при фиксированных других переменных, положительно влияет на энергозатраты. Коэффициент взаимодействия между массой и скоростью (1), положительный, но очень маленький, указывает на то, что влияние массы и скорости на энергозатраты не является аддитивным и обладает слабовыраженным эффектом. Квадрат массы имеет отрицательное влияние на энергозатраты, что говорит о нелинейной зависимости и свидетельствует о возможности существования оптимального значения X1, минимизирующего энергозатраты. Квадрат скорости также имеет отрицательное влияние на энергозатраты, но гораздо меньшее, чем у массы, что говорит о том, что при увеличении скорости,

рост энергозатрат снижается и свидетельствует о возможности существования оптимального значения X_2 , минимизирующего энергозатраты.

Увеличение массы (X_1) при фиксированных других переменных, влияет отрицательно на производительность. Положительный коэффициент взаимодействия между массой и скоростью указывает на то, что влияние массы и скорости на производительность не является аддитивным. Комбинация их увеличения приводит к положительному влиянию на производительность. Квадрат массы (X_1^2) имеет положительное влияние на производительность, что говорит о нелинейной зависимости и свидетельствует о возможности существования оптимального значения X_1 , при котором производительность максимальна. Квадрат скорости (X_2^2) имеет небольшое отрицательное влияние на производительность. Вероятно, есть оптимальное значение X_2 , при котором производительность максимальна.

В модели для производительности, мы обнаружили, что скорость (X_2) и ее квадрат (X_2^2) были незначимы. А в модели для энергозатрат все члены оказались значимыми, кроме взаимодействия $X_1 \cdot X_2$. Это говорит о том, что скорость более важна для моделирования энергозатрат, чем для моделирования производительности. И обе модели включают нелинейные члены, что говорит о нелинейном характере зависимостей.

В целом, обе модели (для производительности и энергозатрат) позволяют нам понять, как масса и скорость влияют на эти показатели. Используя эти модели, мы можем провести оптимизацию для поиска оптимальных значений параметров, удовлетворяющих заданному ограничению производительности и минимизирующих энергозатраты.

Оптимизация параметров малогабаритного измельчителя.

При оптимизации параметров измельчителя ограничительным фактором являлась производительность, так как анализ существующих конструкций малогабаритных измельчителей, применяемых в малых хозяйствах, показал, что наибольшей производительностью (0,8-1,0 м³/час) обладают модели с дисковым режущим механизмом. У измельчителей других конструкций производительность значительно ниже. Превышение производительности в 0,8-1 м³/час для дисковых измельчителей часто оказывается нецелесообразным из-за избыточной мощности, увеличения стоимости и сложности конструкции.

Задачей оптимизации являлось определение значений массы рабочего и скорости резания, соответствующих целевому диапазону производительности 0.9 - 1.1 м³/ч, с достижением минимальных значений энергозатрат

Для оптимизации параметров (массы и скорости рабочего органа) использовали Python с библиотеками `numpy` для численных вычислений и `scipy.optimize` для оптимизации (табл 4).

Таблица 4. Результаты оптимизации

Производительность, м ³ /ч (Y2)	Масса, кг (X1)	Скорость, м/с (X2)	Энергозатраты, Вт/кг (Y1)
0.90	8.95	31.71	10.06
1.00	8.85	31.98	10.04
1.10	8.75	32.22	9.99

Изменение целевой производительности влияет как на параметры (масса и скорость), так и на сами энергозатраты. Минимальные энергозатраты достигаются при производительности 1.1, а максимальные – при 0.9.

При увеличении целевой производительности (Y2) с 0.9 до 1.1 оптимальное значение массы рабочего органа уменьшается с 8.95 до 8.75 кг. Это говорит о том, что для достижения более высокой производительности при минимизации энергозатрат требуется немного снизить массу объекта или системы. Разница в массе между самой высокой и низкой производительностью составляет чуть менее 0.2 кг, что не является значительным изменением.

При увеличении целевой производительности с 0.9 до 1.1 оптимальное значение скорости увеличивается с 31.71 до 32.22 м/с. Это указывает на то, что для достижения более высокой производительности при минимизации энергозатрат требуется увеличить скорость. Разница в скорости между самой высокой и низкой производительностью составляет около 0.5 м/с.

Минимальные энергозатраты достигаются при $Y2 = 1.1$ (9.99), а максимальные при $Y2 = 0.9$ (10.06). Это означает, что минимальные энергозатраты достигаются при максимальной производительности. Разница в энергозатратах между минимальным и максимальным значением составляет 0.06 единиц, что является незначительным изменением.

Стоит заметить, что минимальные энергозатраты получаются не при промежуточной производительности, а при максимальной, что на первый взгляд может показаться неочевидным.

Выводы. 1. Взаимосвязь параметров: Оптимизация показывает, что для достижения более высокой производительности при минимизации энергозатрат нужно уменьшить массу и увеличить скорость.

2. Небольшие изменения параметров: Изменения в массе и скорости (X1 и X2) между разными уровнями производительности относительно невелики. Это означает, что зависимость производительности и энергозатрат от массы и скорости является нелинейной, и небольшие изменения этих параметров могут привести к заметным изменениям в откликах.

3. Сложная зависимость энергозатрат от производительности: Минимальные энергозатраты достигаются при максимальной производительности, что может показаться контринтуитивным. Это говорит о том, что моделирование сложных систем может давать неочевидные результаты.

4. Поскольку значения не являются интуитивно очевидными, этот анализ подчеркивает важность применения оптимизационных методов поиска опти-

мальных комбинаций параметров для достижения поставленных целей.

5. Для производительности в пределах 0.9-1.1 м³/ч оптимальными значениями массы и скорости резания малогабаритного измельчителя являются 8.75 - 8.95 кг, 31.71 - 32.22 м/с.

Список использованных источников:

1. Прокопьев М. Г. Продовольственная безопасность: анализ проекта доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации (часть II) // Региональные проблемы преобразования экономики. 2018. № 10. С. 7–12. <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2018-10-7-12>

2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. – Министерство сельского хозяйства Российской Федерации – Москва, 2020. – 26 с. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77fdcfed2014f82ecf37f.pdf>

3. Рекомендации по утилизации и использованию отработанной биомассы садов и ягодников в Республике Беларусь: науч. – практ. изд. / РУП «Институт плодородства; сост.: В.А. Самусь [и др.]. – Самохваловичи, 2011. – 24 с. https://studylib.ru/doc/4000854/rekomendacii-po-utilizacii-i-ispol._zovaniyu-otrabotannoj.

4. Гербер Ю.Б. Красовский В.В. Измельчитель растительных материалов. Патент на полезную модель. RU 2024105970 от 05.03.24. МПК (01.01.2023) A01F 29/00.

5. Сергей В. Малуков, Алексей А. Аксенов, Маргарита А. Малукова. Анализ конструкций и режимов работы дисковых рубильных машин. – Технологии. Машины и оборудование. Лесотехнический журнал 4/2021 139. – DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.4/12.

References:

1. Prokopiev M. G. Food security: analysis of the draft doctrine of Food Security of the Russian Federation (part II) // Regional problems of economic transformation. 2018. No. 10. pp. 7–12. <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2018-10-7-12>

2. Doctrine of Food Security of the Russian Federation. – Ministry of Agriculture of the Russian Federation – Moscow, 2020. – 26 p. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77fdcfed2014f82ecf37f.pdf>

3. Recommendations for the utilization and use of spent biomass of orchards and berry bushes in the Republic of Belarus: scientific – practical ed. / RUE “Institute of Fruit Growing; compiled by: V.A. Samus [et al.]. – Samokhvalovich, 2011. – 24 p. https://studylib.ru/doc/4000854/rekomendacii-po-utilizacii-i-ispol._zovaniyu-otrabotannoj.

4. Gerber Yu.B. Krasovsky V.V. Plant material crusher. Patent for utility model. RU 2024105970 dated 03/05/24. IPC (01/01/2023) A01F 29/00.

5. Sergey V. Malyukov, Alexey A. Aksenov, Margarita A. Malyukova. Analysis of the design and operating modes of disc chipping machines. – Technologies. Machines and equipment. Forestry journal 4/2021 139. – DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.4/12.

6. Stupin I.V. Justification and optimization of the design and

6. Ступин И.В. Обоснование и оптимизация конструктивно-технологических параметров измельчителя для приготовления кормовой добавки из хвойной лапки 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук Киров – 2016. – 231 с

7. Гончаров В.Н., Гаузе А.А., Аввакумов М.В. Основы теории и расчета оборудования для подготовки бумажной массы. Часть 2. Рубительные машины: учеб. пособие / СПбГТУРП. – СПб., 2012. – 50 е.: ил. 15.

technological parameters of a mixer for preparing a feed additive from pine needles 20.05.01 – Technology and means of agricultural mechanization. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences Kirov – 2016. – 231 p.

7. Goncharov V.N., Gauze A.A., Avvakumov M.V. Fundamentals of the theory and calculation of equipment for preparing paper pulp. Part 2. Chippers: textbook SPbGTURP. – SPb., 2012. – 50 p.: ill. 15.

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».

Гербер Юрий Борисович – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по учебной работе Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: gerber_1961@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

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.

Gerber Yuri Borisovich – Doctor of technical sciences, professor, the deputy director for academic affairs of the Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: gerber_1961@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

УДК 632.08

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
НАГРЕВА МАССИВА ПОЧВЫ
СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫМ
ИЗЛУЧЕНИЕМ НА
КОЛИЧЕСТВО
МИКРООРГАНИЗМОВ**

**EXPERIMENTAL
STUDY OF THE EFFECT
OF HEATING OF A SOIL
MASS BY ULTRAHIGH
FREQUENCY RADIATION
ON THE NUMBER OF
MICROORGANISMS**

Воложанинов С.С., кандидат технических наук, доцент;

Завалий А.А., доктор технических наук, доцент; Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»;

Ржевская В.С., ведущий специалист; Институт «Биохимических технологий, экологии и фармации» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»;

Воложанинова Н.В., кандидат ветеринарных наук, доцент;

Волобуев Д.Д., аспирант; Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского».

Volozhaninov S.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; **Zavalay A.A.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»;

Rzhevskaya V.S., leading specialist; Institute of «Biochemical Technologies, Ecology and Pharmacy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»;

Volozhaninova N.V., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor;

Volobuev D.D., postgraduate student; Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University».

*Обработка почвы СВЧ-излучением в целях обеззараживания является одним из перспективных способов. Определение содержания микроорганизмов в почве после обработки СВЧ-излучением разработанным авторами устройством проводилось согласно предлагаемой оригинальной методики с использованием плесневого гриба *Aspergillus flavus* ВКПМ F-1271. Исследования показали, что количество микроорганизмов в нативной и лабораторной почвах снижается после*

*Soil treatment with microwave radiation for disinfection purposes is one of the promising methods. The study of the content of microorganisms in the soil after treatment with microwave radiation by the device developed by the authors was carried out according to the proposed original methodology using the mold fungus *Aspergillus flavus* VKPM F-1271. Studies have shown that the number of microorganisms in native and laboratory soils decreases after treatment with microwave radiation and*

обработки СВЧ-излучением и зависит от экспозиции, определяющей максимальную температуру нагрева почвы.

Ключевые слова: почва, СВЧ-излучение, нагрев, устройство для обеззараживания почвы, тепловизор, микроорганизмы.

depends on exposure, which determines the maximum temperature of soil heating.

Keywords: soil, microwave radiation, heating, soil disinfection device, thermal imager, microorganisms.

Введение. Использование неионизирующего излучения для обработки почвы является альтернативой применению химических методов для борьбы с вредителями, болезнями и сорной растительностью при возделывании сельскохозяйственных культур [1-8].

Сверхвысокочастотный (СВЧ) диапазон неионизирующего излучения характеризуется тепловым и специфическим или олиготермическим деструктивным действием на биологические объекты [9], что позволяет использовать его для угнетения паразитов, патогенной микрофлоры и сорных растений.

Целью настоящей работы является исследование влияния СВЧ-излучения на содержание микроорганизмов в почве.

Задачами исследования являются:

- определение влияния СВЧ-излучения на количество микроорганизмов по глубине обработки для нативной почвы;
- определение влияния СВЧ-излучения на количество микроорганизмов по глубине обработки для лабораторной почвы.

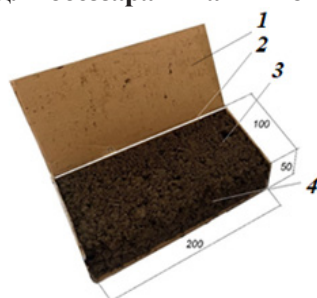
Материалы и методы исследований. Основными факторами воздействия СВЧ-излучения на биологические объекты являются частота, поток энергии на единицу обрабатываемой поверхности и экспозиция СВЧ-излучения на объект обработки. В предлагаемом авторами устройстве для обеззараживания поверхностного слоя почвы сверхвысокочастотным излучением источником СВЧ-излучения служат магнетроны с частотой излучения 2450 МГц, потребляемой мощностью 800 – 1000 Вт и длиной волны 0,122 м [10].

Схема устройства для обеззараживания поверхностного слоя почвы сверхвысокочастотным излучением представлена на рисунке 1.

В качестве приёмников СВЧ-излучения использовались картонные боксы, заполненные образцами почвы, длиной 200 мм, шириной 50 мм и глубиной 100 мм (рис. 2). Боковая стенка бокса выполнена откидной, открываемая поверхность образца почвы подлежит термографированию для определения распределения температуры по глубине слоя почвы.



Рисунок 1. Устройство для обеззараживания поверхностного слоя почвы



1 – откидная боковая стенка бокса; 2 – алюминиевая пластина;
3 – боковая поверхность образца почвы; 4 – верхняя поверхность образца почвы

Рисунок 2. Бокс с нативной почвой

Регистрация температурного поля боковой поверхности образца почвы 3 выполнялась тепловизором Testo 882 с термочувствительной матрицей размером 320×240 пикселей с разрешающей способностью $0,06^\circ\text{C}$. Обработка цифровых термограмм, полученных тепловизором, осуществлялась в приложениях MS Excel и Mathcad. Температура и влажность атмосферного воздуха фиксировалась комбинированным прибором TA298. Расход электрической энергии при работе устройства фиксировался однофазным счётчиком электрической энергии CE101. Время работы устройства регистрировали электронным секундомером С-01.

Исследования проводились для двух почв: нативной и лабораторной. Нативная почва представляет собой образец, который отбирали на опытном поле университета в реальных условиях. С целью определения количества микроорганизмов в нативной почве на разной глубине в зоне воздействия СВЧ-излучения пробы отбирались из бокса стерильным инструментом в стерильную тару в диапазоне 20-60 мм.

Лабораторную почву получали внесением в стерильную почву спор плесневого гриба. Для этого навески почвы по 50 г стерилизовали в настольном автоклаве *Clinoclav* объемом 28 л при 121°C в течение 45 мин. В качестве индикаторного микроорганизма использовали плесневый гриб *Aspergillus flavus*

ВКПМ F-1271, культура которого показана на рисунке 3. Для этого, *A. flavus* ВКПМ F-1271 культивировали на скошенном агаре Сабуро в термостате марки Thermo Fisher Scientific в течение 14 суток при температуре 28°C. Плесневый гриб, находящийся на стадии активного спороношения смывали с косога агара стерильной дистиллированной водой. Смыв гриба, содержащего в основном споры *A. flavus* ВКПМ F-1271 и немного фрагментов мицелия ($1,7 \times 10^9$ КОЕ/мл), в количестве 0,5 мл вносили в 50 г почвы и тщательно перемешивали. Все манипуляции проводили в ламинарном шкафу HERAguard ECO Thermo Fisher Scientific с соблюдением правил асептики.

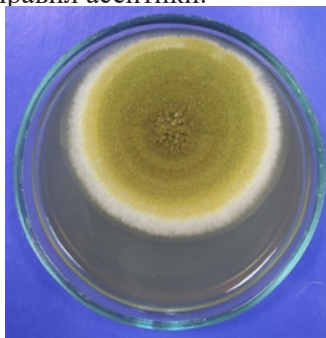
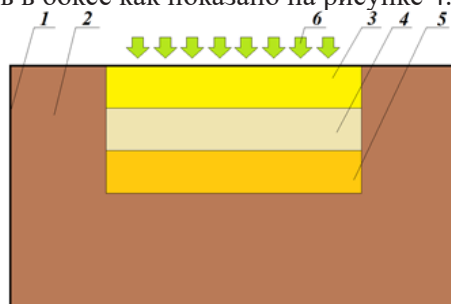


Рисунок 3. Культура *Aspergillus flavus* ВКПМ F-1271 на среде Сабуро

Для определения количества микроорганизмов в лабораторной почве на разной глубине в зоне воздействия СВЧ-излучения нами использовались стерильные контейнеры, содержащие образцы почвы, которые размещались в боксе на глубину до 60 мм. В качестве контейнеров использовались стерильные полиэтиленовые пакеты, которые перед обработкой СВЧ-излучением в стерильных условиях наполнялись образцами лабораторной почвы массой 50 грамм и размещались в боксе как показано на рисунке 4.



1 – бокс; 2 – почва; 3 – контейнер с почвой в слое 0 - 20 мм;

4 – контейнер с почвой в слое 20 – 40 мм;

5 – контейнер с почвой в слое 40 – 60 мм; 6 – направление излучения

Рисунок 4. Схема размещения контейнеров с почвой в боксе

Aspergillus flavus – сапротрофный и патогенный гриб с космополитическим распространением. Он наиболее известен тем, что поражает зерновые культуры, бобовые и орехи. Послеуборочная гниль обычно развивается во время сбора урожая, хранения и транспортировки. Его видовое название *flavus*

происходит от латинского слова, означающего «жёлтый», и указывает на часто наблюдаемый цвет спор. *A. flavus* может поражать растения, пока они находятся в поле (до сбора урожая), но часто не проявляет никаких симптомов (покоящаяся стадия) до момента хранения или транспортировки после сбора урожая. Помимо того, что многие штаммы вызывают до- и послеуборочные инфекции, они также синтезируют значительное количество микотоксинов, которые при попадании внутрь являются причиной токсикоинфекций у млекопитающих. *A. flavus* также является условно-патогенным возбудителем для человека и животных, вызывая аспергиллёз у людей с ослабленным иммунитетом [11, 12].

Обработка СВЧ-излучением и отбор проб для исследования количества микроорганизмов в нативной и лабораторной почвах производилась по схемам, приведенным в таблице 1.

Для определения количества микроорганизмов в нативной почве использовали стандартные методики. Для этого готовили разведения методом Коха [13-15]. Навески, отобранные для исходной нативной почвы и обработанной СВЧ-излучением с различной экспозицией и взятых с разных глубин, подготавливали в условиях стерильного бокса для исследования. Для чего каждую пробу почвы тщательно перемешивали, освобождали от крупных включений, используя стерильный инструментарий, измельчали в ступке, просеивали через сито на стерильную бумагу. Из полученного материала отбирали навеску массой 30 г, помещали в стерильную колбу объемом 500 мл и доливали стерильную водопроводную воду в объеме 270 мл, получая, таким образом разведение 1:10. В дальнейшем готовили последовательные десятикратные разведения почвы – $1:10^{-2}$ - $1:10^{-7}$. Для нативной почвы посев одновременно производили на микробиологический агар и среду Сабуро. При посеве нативной почвы на микробиологический агар готовили по три чашки Петри на каждое разведение. В чашку вносили по 1 мл суспензии и заливали 15 мл расплавленного и охлажденного до 45°C агара. После посева чашки помещали в термостат при температуре 25°C. Наблюдение за ростом в чашках осуществляли через 24, 48 и 72 часа. Учет полученных данных проводили на третьи сутки, подсчитывая количество колоний в чашках с крайним разведением. Затем выводили среднее значение и умножали на степень разведения. При посеве на среду Сабуро из разведений $1:10^{-3}$ – $1:10^{-5}$ делали посев по 0,1 мл суспензии в три параллельные чашки Петри и тщательно растирали шпателем Дригальского. Чашки Петри термостатировали при 25 °C. Учет полученных данных проводили на третьи сутки, подсчитывая количество колоний в чашках с крайним разведением. Затем выводили среднее значение и умножали на степень разведения [13-15].

Таблица 1. Схемы проведения исследований

Образец	Время обработки, с	Обработка СВЧ-излучением	Отбор проб для определения количества микроорганизмов
нативная почва			
0	контроль, исходная	-	+
1	30	+	+
2		+	+
3		+	+
4	60	+	+
5		+	+
6		+	+
лабораторная почва			
0	контроль, стерильная	-	+
1	контроль, зараженная	-	+
2	30	+	+
3		+	+
4		+	+
5	60	+	+
6		+	+
7		+	+

Для определения количества плесневого гриба *A. flavus* ВКПМ F-1271 пробы лабораторной почвы после обработки СВЧ-излучением отбирали из стерильных контейнеров, описание и расположение которых в боксе приведено выше. Далее процесс определения количества микроорганизмов в лабораторной почве проводился аналогично определению в нативной почве, только посев в этом случае проводился на среду Сабуро [13-15].

Для получения более полных результатов производили перерасчет обнаруженных микроорганизмов на 1 г абсолютно сухой почвы:

$$N = \frac{N_c \times 100\%}{100\% - C\%}, \quad (1)$$

где N - количество клеток бактерий в 1 г абсолютно сухой почвы;

N_c - количество клеток бактерий в г сырой почвы;

C - влажность исследуемой почвы.

При этом:

$$N_c = n \times a,$$

где a - степень десятикратного разведения;

n - число колоний, выросших на чашке (берется среднее арифметическое из всех чашек). (2)

Результаты исследования. Результаты термографирования температурного поля боковой поверхности образца нативной почвы приведены в таблице 2. Визуализация для экспозиции 30 и 60 с представлена на рисунке 5.

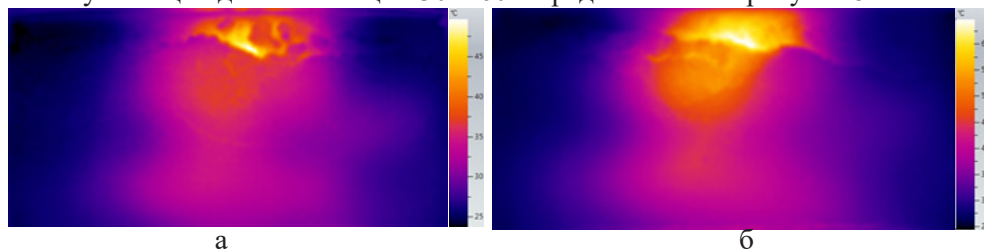


Рисунок 5. Термограммы температурного поля боковой поверхности образца нативной почвы
а – экспозиция 30 с; б – экспозиция – 60 с

Таблица 2. Результаты термографирования температурного поля боковой поверхности образца нативной почвы

Экспозиция, с	min, °C	\bar{x} , °C	max, °C	\bar{x} , °C	Средняя температура, °C	\bar{x} , °C
-	23,0	23,2	25,4	25,5	23,9	24,1
	23,2		25,4		24,1	
	23,3		25,8		24,2	
30	23,7	23,7	49,7	49,8	30,0	29,9
	24,0		49,9		29,9	
	23,5		49,7		29,8	
60	24,5	24,2	66,3	65,0	37,6	36,9
	24,4		65,8		37,3	
	23,6		62,9		35,9	

Максимальная температура нагрева нативной почвы при средней температуре исходной 24,1°C составила для экспозиции 30 с и 60 с – 49,8 и 65,0°C соответственно. Средняя температура по боковой поверхности почвы – 29,9 и 36,9 °C соответственно.

Результаты наблюдений и вычислений количества микроорганизмов для нативной почвы занесены в таблицу 3. Для исходной почвы в разведении 1:10⁵ установлен сплошной рост микроорганизмов, что не дает возможности подсчитать количество колоний. Поэтому, проводили посеvy в разведении 1:10⁷. С целью установления достоверности разности показателей, полученные результаты приводили к одному разведению 1:10⁵ (указано в скобках). Достоверность определяли между количеством микроорганизмов нативной почвы и максимальными показателями при экспозиции 30 с и 60 с. Статистическую обработку осуществляли с помощью программы Excel. При этом установлено, что максимальное значение количества микроорганизмов в посевах на микробиологическом агаре при экспозиции 30 с составляет 7,4×10⁵, а при экспозиции 60 с – 4,7×10⁵, что достоверно меньше соответствующего показателя в нативной почве с вероятно-

стью $P > 0,999$. Оба результата зафиксированы на глубине от 20 до 40 мм.

Для посевов на среде Сабуро максимальное значение количества микроорганизмов при экспозиции 30 с составляет $1,6 \times 10^5$, что достоверно меньше с уровнем вероятности $P > 0,95$, а при экспозиции 60 с – $8,6 \times 10^4$ – также достоверно меньше, но с уровнем вероятности $P > 0,999$ по отношению к количеству грибов нативной почвы.

Таблица 3. Результаты измерений и вычислений для нативной почвы

Образец	Экспозиция, с	Глубина отбора проб, мм	Микробиологический агар	Среда Сабуро
0	-	-	$9,3 \pm 0,9 \times 10^7$ ($930 \pm 90 \times 10^5$)	$2,4 \pm 0,3 \times 10^5$
1	30	0 – 20	$5,5 \pm 0,4 \times 10^5$	$1,5 \pm 0,3 \times 10^5$
2		20 – 40	$7,4 \pm 0,5 \times 10^5$***	$1,2 \pm 0,2 \times 10^5$
3		40 – 60	$3,2 \pm 0,3 \times 10^5$	$1,6 \pm 0,2 \times 10^5$*
4	60	0 – 20	$1,6 \pm 0,3 \times 10^5$	$8,6 \pm 0,1 \times 10^4$ ($0,86 \pm 0,01 \times 10^5$)***
5		20 – 40	$4,7 \pm 0,5 \times 10^5$***	$8,4 \pm 0,2 \times 10^4$
6		40 – 60	$3,5 \pm 0,4 \times 10^5$	$8,2 \pm 0,2 \times 10^4$

Примечание: * - $P \geq 0,95$; *** - $P \geq 0,999$

Результаты термографирования температурного поля боковой поверхности образца лабораторной почвы приведены в таблице 4.

Максимальная температура нагрева лабораторной почвы при средней температуре исходной $26,6^\circ\text{C}$ составила для экспозиции 30с и 60с – $52,0$ и $81,5^\circ\text{C}$ соответственно. Средняя температура по боковой поверхности почвы – $32,9$ и $38,0^\circ\text{C}$ соответственно.

Результаты наблюдений и вычислений количества микроорганизмов для лабораторной почвы занесены в таблицу 5. Для исходной почвы с грибом *A. flavus* ВКПМ F-1271 установлено содержание $5,0 \times 10^3$. После обработки СВЧ-излучением установлено, что максимальное значение количества микроорганизмов в посевах на среде Сабуро при экспозиции 30 с составляет $2,0 \times 10^3$, а при экспозиции 60 с – $0,3 \times 10^3$. Данные показатели достоверно с уровнем вероятности $P \geq 0,999$ меньше количества выросших колоний гриба *A. flavus* ВКПМ F-1271 в посевах исходной почвы.

Следует отметить, что в проведенном эксперименте количество микроорганизмов после обработки СВЧ-излучением не зависит от глубины отбора проб в диапазоне 0 – 60 мм, а зависит от экспозиции, которая определяет температуру нагрева почвы.

Визуализация для экспозиции 30с и 60с после обработки СВЧ-излучением лабораторной почвы представлена на рисунке 6. Внешний вид колоний гриба *A. flavus* ВКПМ F-1271 показан на рисунке 7.

Таблица 4. Результаты термографирования температурного поля боковой поверхности образца лабораторной почвы

Экспозиция, с	min, °C	\bar{x} , °C	max, °C	\bar{x} , °C	Средняя температура, °C	\bar{x} , °C
-	26,0	26,2	27,1	27,2	26,6	26,6
	26,2		27,3		26,5	
	26,3		27,2		26,6	
30	25,9	25,8	52,1	52,0	33,1	32,9
	25,6		53,9		32,8	
	25,8		50,1		32,9	
60	25,3	25,6	83,0	81,5	38,0	38,0
	26,0		81,1		38,5	
	25,5		80,5		37,6	

Таблица 5. Результаты измерений и вычислений для лабораторной почвы

Образец	Экспозиция, с	Глубина отбора проб, мм	Среда Сабуро
0	-	-	0
1	-	-	$5,0 \pm 0,3 \times 10^3$
2	30	0 – 20	$1,0 \pm 0,1 \times 10^3$
3		20 – 40	$1,3 \pm 0,1 \times 10^3$
4		40 – 60	$2,0 \pm 0,2 \times 10^3^{***}$
5	60	0 – 20	$0,2 \pm 0,08 \times 10^3$
6		20 – 40	$0,3 \pm 0,1 \times 10^3^{***}$
7		40 – 60	$0,3 \pm 0,1 \times 10^3$

Примечание: *** - $P \geq 0,999$

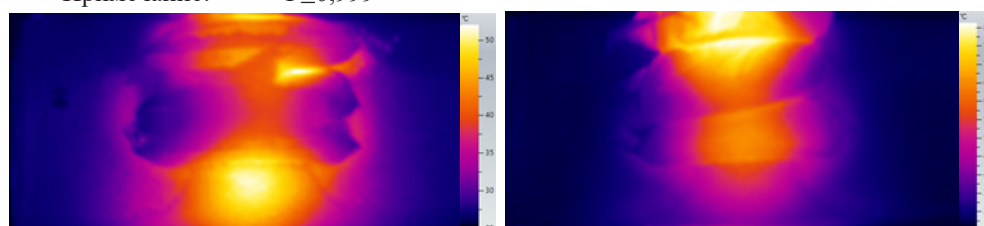


Рисунок 6. Термограммы температурного поля боковой поверхности образца лабораторной почвы
а – экспозиция 30 с; б – экспозиция – 60 с

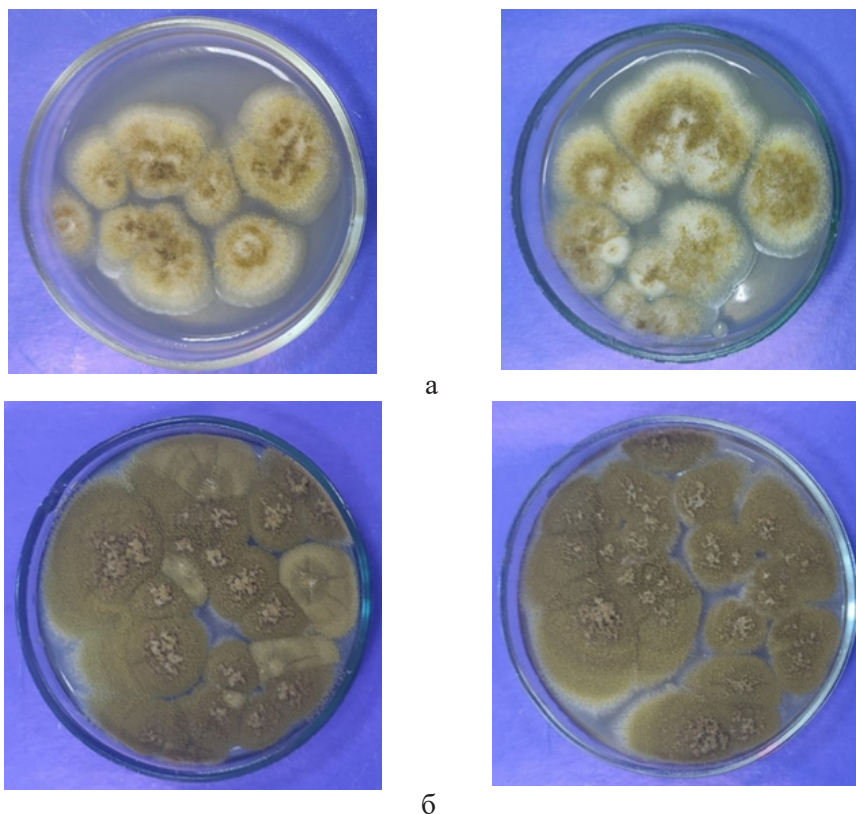


Рисунок 7. Посевы лабораторной почвы, обсемененной спорами гриба *Aspergillus flavus* ВКПМ F-1271, из разведения 10^{-4} на среду Сабуро в разных этапах культивирования

а – 6 сутки, б – 8 сутки

Выводы. Исследования показали, что обработка почвы СВЧ-излучением в целях обеззараживания является одним из перспективных способов.

Количество микроорганизмов в нативной и лабораторной почвах снижается после обработки СВЧ-излучением и зависит от экспозиции, определяющей максимальную температуру нагрева почвы, что является одним из основных параметров при разработке машин для обеззараживания почвы.

Список использованных источников

1. Микаелян, Г.А. Основы оптимального проектирования производственных процессов в овощеводстве / Г.А. Микаелян, Р.Д. Нурметов; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Федер. агентство по сел. хоз-ву. - Москва: Росинформагротех, 2005. - 639 с.: ил., табл.: 20 см.; ISBN 5-7367-0523-0 (в обл.).

References:

1. Mikaelyan, G.A. Fundamentals of optimal design of production processes in vegetable growing / G.A. Mikaelyan, R.D. Nurmetov; Ministry of Agriculture of Russia. Federation, Feder. agency for rural housing. Moscow: Rosinformagrotech, 2005. 639 p.: ill., table: 20 cm.; ISBN 5-7367-0523-0 (in the region).

2. Информационный агропромышленный портал «РосАгро». Электронный ресурс. Режим доступа: https://rosagroportal.ru/article/current/319/dezinfekcija_teplichnyh_gruntov_i_substratov (дата обращения: 10.03.2022).
3. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.activestudy.info/obezrazhivanie-pochvogrunтов/> (дата обращения: 10.03.2022).
4. Баранов, Л.А. Устройство для электротермической обработки почвы защищенного грунта / Л.А. Баранов, М.Г. Бурнаев // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. - 2007. - №20(92). - С. 46–49.
5. Кабалоев, Т.Х. Энергетические режимы и технические средства обеззараживания почвы в защищенном грунте: специальность 05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве», специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Кабалоев Таймураз Хамбиевич. - Зерноград, 2005.
6. Патент №2064228 C1 Российская Федерация, МПК A01 B47/00. Мобильная термическая установка: №5048106/15: заявл. 16.06.1992: опубл. 27.07.1996 / С.Н. Шахматов, Н.В. Цугленок, А.Л. Лазуренко.
7. Патент №197880 U1 Российская Федерация, МПК A01M 17/00, A01M 21/04. Устройство для обеззараживания почвы ИК-излучением: №2019141928: заявл. 13.12.2019: опубл. 03.06.2020 / И.Г. Поспелова, И.В. Возмищев, А.М. Ниязов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образова-
2. Information agroindustrial portal «RosAgro». An electronic resource. Access mode: https://rosagroportal.ru/article/current/319/dezinfekcija_teplichnyh_gruntov_i_substratov (accessed: 03/10/2022).
3. Electronic resource. Access mode: <https://www.activestudy.info/obezrazhivanie-pochvogrunтов/> (date of access: 03/10/2022).
4. Baranov, L.A. Device for electrothermal tillage of protected soil / L.A. Baranov, M.G. Burnaev // Bulletin of SUSU. Series: Energy. - 2007. - №20(92). - Pp. 46-49.
5. Kabaloev, T.H. Energy regimes and technical means of soil disinfection in protected soil: specialty 05.20.02 «Electrical technologies and electrical equipment in agriculture», specialty 05.20.01 «Technologies and means of agricultural mechanization»: abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Kabaloev Taimuraz Khambievich. - Zernograd, 2005.
6. Patent No. 2064228 C1 Russian Federation, IPC A01 B47/00. Mobile thermal installation: No.5048106/15: application 16.06.1992: published 27.07.1996 / S.N. Shakhmatov, N.V. Tsuglenok, A.L. Lazurenko.
7. Patent No. 197880 U1 Russian Federation, IPC A01M 17/00, A01M 21/04. Device for disinfection of soil by IR radiation: No.2019141928: application 13.12.2019: published 03.06.2020 / I.G. Pospelova, I.V. Vozdishchev, A.M. Niyazov [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy».
8. Patent No. 205568 U1 Russian

тельное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия».

8. Патент №205568 U1 Российская Федерация, МПК A01M 17/00. Устройство для обеззараживания почвы с механической обработкой: №2021111346: заявл. 20.04.2021; опубл. 21.07.2021 / И.Г. Поспелова, И.В. Возмищев, И.Р. Владыкин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия».

9. Кудряшов, Ю.Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения: учебник / Ю.Б. Кудряшов, Ю.Ф. Перов, А. Б. Рубин. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 184 с. - ISBN 978-5-9221-0848-5. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2221> (дата обращения: 16.11.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Экспериментальное исследование температурного поля в слое почвы при нагреве сверхвысокочастотным излучением / С. С. Воложанинов, Н. В. Алдошин, А. А. Завалий, Д. Д. Волобуев // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 6. – С. 28-35. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-6-28-35. – EDN AUCRHJ.

11. Галимзянова, Н.Ф. Грибы рода *Aspergillus* в основных типах почв Башкортостана / Н.Ф. Галимзянова, Н.А. Киреева, М.Д. Бакаева [и др.] // Вестник Башкирского университета. – 2015. – Т. 20. - №1. – С. 115-118.

12. Кононенко, Г.П. Видовой состав и токсикологическая характеристика грибов рода *Aspergillus*, выделенных из

Federation, IPC A01M 17/00. A device for disinfection of soil with mechanical treatment: No. 2021111346: application 04/20/2021: published 07/21/2021 / I.G. Pospelova, I.V. Vozdishchev, I.R. Vladykin [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy».

9. Kudryashov, Yu.B. Radiation biophysics: radio frequency and microwave electromagnetic radiation: textbook / Yu.B. Kudryashov, Yu.F. Perov, A. B. Rubin. - Moscow: FIZMATLIT, 2008. - 184 p. - ISBN 978-5-9221-0848-5. - Text: electronic // Lan: electronic library system. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2221> (date of access: 11/16/2024). - Access mode: for authorization. users.

10. Experimental study of the temperature field in the soil layer when heated by ultrahigh frequency radiation / S. S. Volozhaninov, N. V. Aldoshin, A. A. Zavaliy, D. D. Volobuev // Agroengineering. – 2024. – Vol. 26, No. 6. – pp. 28-35. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-6-28-35. – EDN AUCRHJ.

11. Galimzyanova, N.F. Fungi of the genus *Aspergillus* in the main types of soils of Bashkortostan / N.F. Galimzyanova, N.A. Kireeva, M.D. Bakaeva and others // Bulletin of the Bashkir University. - 2015. – Vol. 20. - No. 1. – pp. 115-118.

12. Kononenko, G.P. Species composition and toxicological characteristics of fungi of the genus *Aspergillus* isolated from coarse feed / G.P. Kononenko, E.A. Piriazeva, E.V. Zotova and others // Agricultural technology. – 2017. – Vol. 52. - No. 6. – pp. 1279-1286.

13. Methods of microbiological soil control. Methodological recommendations

грубых кормов / Г.П. Кононенко, Е.А. Пирязева, Е.В. Зотова [и др.] // Сельскохозяйственная технология. – 2017. – Т. 52. – №6. – С. 1279-1286.

13. Методы микробиологического контроля почвы. Методические рекомендации / Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, центр ГСЭН в Краснодарском крае. Утверждены и введены в действие Заместителем главного государственного санитарного врача Российской Федерации - Главным врачом Федерального центра Госсанэпиднадзора Минздрава России Е.Н. Беляевым 24.12.2004.- 17 с.

14. Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы / Г.А. Багдасарьян и др.- М.: Типография Министерства здравоохранения СССР, 1981. - 15 с.

15. Основы микробиологии: учебник / К.А. Мудрецова-Висс, В.П. Дедюхина, Е.В. Масленникова. - Владивостокский университет экономики и сервиса. - 5-е изд., исправленное, пересмотренное и дополненное. - М.: ИНФРА-М, 2014.- 354 с.

/ Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, the Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of the Russian Federation, the center of the State Sanitary and Epidemiological Surveillance in the Krasnodar Territory. Approved and put into effect by E.N. Belyaev, Deputy Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation, Chief Physician of the Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of the Russian Federation, on 12/24/2004. 17 p.

14. Methodological guidelines for sanitary and microbiological soil research / G.A. Bagdasaryan et al., Moscow: Printing House of the USSR Ministry of Health, 1981, 15 p.

15. Fundamentals of microbiology: textbook / K.A. Mudretsova-Viss, V.P. Dedyukhina, E.V. Maslennikova. - Vladivostok University of Economics and Service. - 5th ed., corrected, revised and supplemented. - Moscow: INFRA-M, 2014.- 354 p.

Сведения об авторах:

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

Information about the authors:

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

ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Завалий Алексей Алексеевич - доктор технических наук, доцент, заведующий 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».

Ржевская Виктория Степановна - ведущий специалист кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологии Института «Биохимических технологий, экологии и фармации» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», e-mail: viktoriyar45@mail.ru, Республика Крым, г. Симферополь, проспект академика Вернадского, д. 4, Институт «Биохимических технологий, экологии и фармации» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Воложанинова Нина Валериевна - кандидат ветеринарных наук, доцент; доцент кафедры микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», e-mail: ya.volojaninova@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.

Crimea, Simferopol, Agrarian village, Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University».

Zavaliy Alexey Alekseevich - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of General Technical Disciplines of the Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: zavalym@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarian village, Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University».

Rzhevskaya Victoria Stepanovna - leading specialist of the Department of Botany and Plant Physiology and Biotechnology of the Institute of «Biochemical Technologies, Ecology and Pharmacy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: viktoriyar45@mail.ru, Republic of Crimea, Simferopol, Akademika Vernadskogo Avenue, 4, Institute of «Biochemical Technologies, Ecology and Pharmacy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University».

Volozhaninova Nina Valerievna - Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor; Associate Professor of the Department of Microbiology, Epizootology and Veterinary and Sanitary Expertise of the Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: ya.volojaninova@yandex.ru, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarian village, Institute «Agrotechnological Academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky

Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

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».

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 619: 612.017/.648

**ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ
КОЛОСТРАЛЬНОГО
ИММУНИТЕТА****FACTORS OF FORMATION
OF COLOSTRAL
IMMUNITY**

Лизогуб М.Л., кандидат биологических наук, доцент;

Ксенофонтова Е.С. обучающаяся факультета ветеринарной медицины Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского».

Lizogub M. L., candidate of Biology Sciences, Associate Professor;

Ksenofontova E. S.— student of Veterinary Medicine faculty of the Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI of HE “CFU named of V.I. Vernadsky

В статье рассмотрены особенности формирования иммунитета новорожденных телят, основные факторы пассивной передачи иммунитета, причины и последствия недостаточного уровня колострального иммунитета молодняка жвачных. В результате проведенных исследований коров и новорожденных телят установили динамику содержания меди и цинка в крови коров, зависимость количества иммунных глобулинов в крови телят от количества общего белка. При изучении влияния концентрации микроэлементов на содержание иммунных глобулинов крови телят выявлена прямая корреляция между медью и иммуноглобулинами средней степени в зимний период – $0,43 \pm 0,19$ ($p < 0,05$). Связи между цинком и иммунными белками крови телят гораздо менее выражены, и четкой закономерности не имеют. Также установлена прямая зависимость концентрации микро-

The article discusses the features of the formation of immunity in newborn calves, the main factors of passive transmission of immunity, the causes and consequences of insufficient colostrum immunity in young ruminants. As a result of the conducted studies of cows and newborn calves, the dynamics of copper and zinc content in the blood of cows and the dependence of the amount of immune globulins in the blood of calves on the amount of total protein were established. When studying the effect of the concentration of trace elements on the content of immune globulins in the blood of calves, a direct correlation was found between copper and moderate immunoglobulins in winter – 0.43 ± 0.19 ($p < 0.05$). The relationship between zinc and immune proteins in calves' blood is much less pronounced, and there is no clear pattern. A direct dependence of the concentration of trace elements in newborn calves was also established depending on their content in mothers:

элементов у новорожденных телят в зависимости от их содержания у матерей: по меди – высокой степени ($0,73 \pm 0,1$, $p < 0,001$), по цинку – средней ($0,43 \pm 0,13$, $p < 0,01$). *high degree for copper (0.73 ± 0.1 , $p < 0.001$), medium degree for zinc (0.43 ± 0.13 , $p < 0.01$).*

Ключевые слова: колостральный иммунитет, иммунодефицитное состояние, иммуноглобулины сыворотки крови телят, микроэлементы. *Key words:* colostral immunity, immunodeficiency state, immunoglobulins of blood serum of calves, trace elements.

Введение. Новорожденный молодняк крупного рогатого скота в первые дни жизни не имеет собственных иммунных глобулинов крови и, соответственно, не способен формировать иммунную защиту, что сопровождается возникновением врожденного иммунного дефицита. Это связано с тем, что плацента коров, является котиледонной по форме и синдесмохориальной по строению. Вследствие этого между кровеносной системой матери и плода формируется многослойный барьер, не пропускающий защитные антитела, циркулирующие в сосудистом русле матери, в кровеносную систему плода.

Поэтому защита новорожденных телят формируется после выпойки молозива путем передачи антител его организму через кишечник, а кормление молозивом - это средство, с помощью которого новорожденные телята приобретают пассивный иммунитет к инфекционным агентам. Получение высококачественного молозива в течение первых нескольких часов после рождения является главным фактором формирования иммунной защиты теленка. Когда теленок получает IgG и другие иммунные белки из молозива, происходит пассивная передача иммунитета, и формируется колостральный иммунитет, который является важнейшим фактором защиты новорожденных от различных инфекционных болезней [1-4].

Колостральный иммунитет формируется у новорожденных за счет молозивных иммуноглобулинов, если в течение первых четырех часов после рождения вскармливается не менее 4 литров высококачественного молозива с содержанием Ig не менее 22% по шкале Брикса (что соответствует содержанию иммуноглобулинов около 50 г/л молозива). Чтобы пассивная передача иммунитета была высокой необходимо обеспечить максимально быстрое поступление качественного молозива в организм новорожденного теленка [5, 6].

Транспорт белков молозива через эпителий кишечника осуществляется в основном в течение 24 часов после рождения, когда переносится более 80% иммуноглобулинов молозива, и завершается в основном через 36 часов. Благоприятное протекание процесса транспорта белков молозива из кишечника в организм телят обеспечивает содержание IgG в сыворотке крови молодняка в суточном возрасте более 10 г/л, и надежную иммунную защиту в ранний постнатальный период от неблагоприятных факторов внешней среды [1, 3, 7].

Пассивная передача колостральных иммуноглобулинов от матери новорожденным уже давно считается необходимым условием оптимального здоровья телят. На оптимизацию всасывания влияют многие факторы, в том числе время приема молозива, способ и объем его введения, концентрация иммуноглобулинов в молозиве и возраст матери. Нарушение пассивной передачи иммунитета у новорожденных телят, связанное с неадекватным получением молозива после рождения, обуславливает формирование иммунодефицитного состояния, что является основным фактором риска, приводящим к раннему падежу молодняка на молочных фермах и рассматривается как важная экономическая проблема современного промышленного животноводства [1, 8].

Недостаточный уровень колострального иммунитета повышает восприимчивость молодняка к инфекциям пищеварительного тракта и дыхательных путей и риск смерти в первые недели жизни. Диарея новорожденных является основной причиной перинатальной смертности телят в возрасте до 14 дней. Более того, телята, перенесшие диарею в этот период, были более восприимчивы к инфекциям дыхательных путей в последующем возрасте. Животные с недостаточным уровнем колострального иммунитета в будущем не достигали ожидаемой продуктивности [8].

Несмотря на растущие знания о факторах, которые могут ограничивать эффективность пассивной передачи иммунитета, у значительной части новорожденных телят в России и других странах происходит ее сбой. Использование коров для производства молока в условиях крупных ферм, как правило, приводит к раннему разрыву естественного контакта между коровой и теленком. Поэтому проводятся исследования направленные на активизацию неспецифической резистентности организма животных для реализации продуктивных качеств крупного рогатого скота [9].

Одними из неспецифических модуляторов, оказывающих влияние на иммунные реакции организма и антиоксидантный статус новорожденных телят, являются микроэлементы – цинк и медь. Zn функционирует как модулятор иммунного ответа благодаря своей доступности, которая жестко регулируется несколькими транспортерами и регуляторами. Когда этот механизм нарушается, доступность цинка снижается, что влияет на выживаемость, пролиферацию и дифференцировку клеток различных органов и систем и, в частности, клеток иммунной системы. Дефицит цинка влияет на клетки, участвующие как во врожденном, так и в адаптивном иммунитете, на уровнях выживания, пролиферации и созревания. Дефицит меди вызывает иммунологические нарушения у новорожденных телят и снижение количества лейкоцитов [10, 11].

Добавки в рацион животных меди и цинка повышали иммунную реакцию новорожденных телят и уменьшали продолжительность клинических проявлений у телят, страдающих респираторными заболеваниями и диареей [12-14].

Целью нашей работы было изучить сезонную взаимосвязь между концентрацией меди и цинка в крови коров и молодняка, ее влияние на содержание

колостральных иммуноглобулинов у новорожденных.

Материал и методы исследований. При выполнении работы использовали клинические, гематологические и статистические методы исследований. Экспериментальные исследования проводили на МТФ Красногвардейского и Симферопольского районов Республики Крым. Объектом исследования были коровы красной степной породы, их новорожденный молодняк в первые двое суток жизни, материал исследования – образцы их крови.

Кровь от новотельных коров и телят в возрасте 24-48 часов после рождения отбирали по общепринятой методике. Медь и цинк в цельной крови определяли методом дифференциальной импульсной полярографии, иммунные белки сыворотки крови – по цинк-сульфатному тесту, общий белок – по биуретовой реакции.

Статистическую обработку результатов проводили, используя Microsoft Office Excel 2007, рассчитывая среднюю величину и ее ошибку, а также коэффициент вариации (%), определяли коэффициент корреляции между исследуемыми показателями крови, рассчитывали его ошибку и достоверность, сравнивая с t-критерием Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Клиническое состояние коров течение эксперимента было удовлетворительным, признаков ожирения и истощения у них не регистрировали. Кормление в целом обеспечивало энергетические потребности животных, формировало среднюю их упитанность. Новорожденные телята получали молозиво первый раз в течение первых 3 ч после рождения, затем – в соответствии с режимом доения коров, принятым в хозяйстве. В первые двое суток жизни клинических признаков заболеваний не отмечали, аппетит у телят был хороший.

Результаты определения микроэлементов в крови коров приведены на рисунке 1.

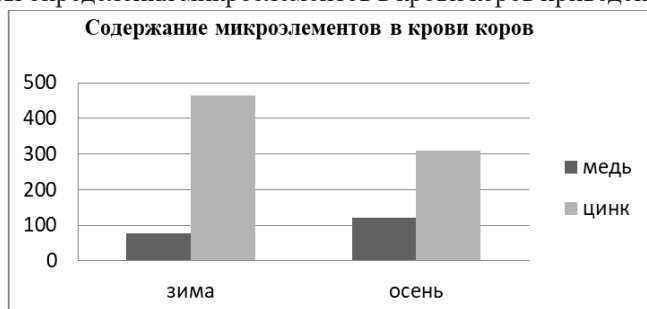


Рисунок 1. Содержание меди и цинка в крови коров.

По данному рисунку видно, что содержание меди в крови новотельных коров было минимальным зимой и повышалось в течение летнего периода к осени, достигая максимума. Содержание цинка у этих животных, наоборот, максимальным было зимой и минимальным – осенью. Вариация этих показателей проходила в пределах физиологической нормы. По нашему мнению, состав микроэлементов крови коров напрямую зависел от используемых кормов – в течение зимнего периода коровы получали достаточно большое количество люцернового сена, которое богато белком и определяемыми микроэлементами. В летний период – до осени – в рационе преобладали зеленые корма, содержа-

ние микроэлементов которых было относительно невысоким.

Динамика содержания микроэлементов в крови новорожденных телят отличалась (рис.2).



Рисунок 2. Содержание меди и цинка в крови новорожденных телят.

По этому рисунку видно, что динамика микроэлементов практически отсутствует, т.к. основной корм новорожденных – молозиво, состав которого практически не менялся.

Взаимосвязь содержания общего белка сыворотки крови и общих иммуноглобулинов отображена на рисунке 3.

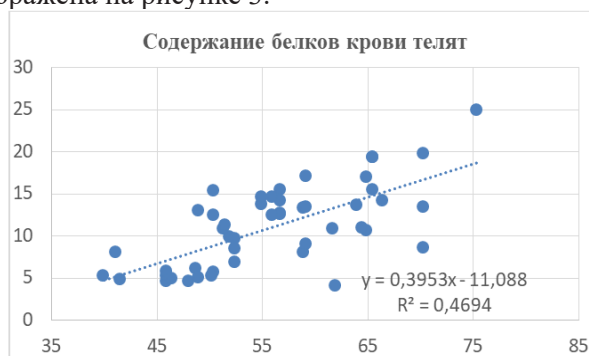


Рисунок 3. Взаимосвязь общего белка и иммуноглобулинов крови у телят

По этому рисунку видно, что только у около половины телят допустимо оценивать иммунный статус по содержанию общего белка, в то время как у другой половины – концентрация общего белка сыворотки крови и общих иммуноглобулинов не связаны между собой. При этом наиболее низкие показатели выявляли зимой – $11,1 \pm 1,2$ ед. ЦСТ (0,8-26 ед. ЦСТ), осенью – выше: $15,2 \pm 1,08$ ед. ЦСТ (0,6-40 ед. ЦСТ). По нашему мнению, подобные изменения связаны с нарушением формирования колострального иммунитета у телят по неустановленным причинам.

При изучении влияния концентрации микроэлементов на содержание иммунных глобулинов крови телят установили следующее: зимой корреляция между медью и иммуноглобулинами средней степени – $0,43 \pm 0,19$ ($p < 0,05$); осенью подобного влияния не выявлено. Связи между цинком и иммунными белками крови телят гораздо менее выражены, четкой закономерности не имеют. Сходные результаты были получены и другими авторами [15].

Кроме этого установлено, что содержание микроэлементов в крови коров-матерей влияет на их содержание в крови телят – высокой степени по меди ($0,73 \pm 0,1$ $p < 0,001$) и средней – по цинку ($0,43 \pm 0,13$, $p < 0,01$).

Выводы. Нарушение пассивной передачи иммунитета у новорожденных телят, связанное с неадекватным получением молозива после рождения, обуславливает формирование иммунодефицитного состояния, что является основным фактором риска, приводящим к раннему падежу молодняка на молочных фермах и рассматривается как важная экономическая проблема современного промышленного животноводства. В условиях крупных молочных ферм происходит ранний разрыв естественного контакта между коровой и теленком, что ограничивает эффективность пассивной передачи иммунитета, и у значительной части новорожденных животных происходит ее сбой, в связи с чем существует необходимость исследований средств, направленных на активизацию неспецифической резистентности организма животных. Физиологически активные микроэлементы медь и цинк в качестве модуляторов иммунного ответа оказывают определенное влияние на количество колостральных иммунных белков в крови телят. Уровень общего белка в крови телят не является показателем для оценки иммунного статуса новорожденных телят. Сезонные изменения климатических условий оказывают влияние на иммунный статус телят, животные полученные осенью содержали в крови больший запас колостральных иммуноглобулинов, чем зимой.

Список использованных источников:

1. Федоров Ю.Н. Молозиво и пассивный иммунитет у новорожденных телят: обзор / Ю.Н. Федоров, В.И. Ключкина, О.А. Богомолова и др. // Российский ветеринарный журнал. – 2018. – № 6. – С. 20-24.

2. Pithua, P.P. A cohort study of the association between serum immunoglobulin G concentration and preweaning health, growth, and survival in holsten calves / P.P. Pithua, S.S. Aly // Intern. J. Appl. Res. Vet. Med. – 2013. – V. 11. – No 1. – P. 77-83.

3. Sutter F. Association between transfer of passive immunity, health, and performance of female dairy calves from birth to weaning. / F.Sutter, P. L. Venjakob, W. Heuwieser et al. // J. Dairy Sci. – 2023. - Volume106 – P. 7043-7055.

References:

1. Fedorov Yu.N. Colostrum and passive immunity in newborn calves: a review / Yu.N. Fedorov, V.I. Klyukina, O.A. Bogomolova et al. // Russian Veterinary Journal, 2018, No. 6, pp. 20-24.

2. Pithua, P.P. A cohort study of the association between serum immunoglobulin G concentration and preweaning health, growth, and survival in holsten calves / P.P. Pithua, S.S. Aly // Intern. J. Appl. Res. Vet. Med. – 2013. – V. 11. – No 1. – P. 77-83.

3. Sutter F. Association between transfer of passive immunity, health, and performance of female dairy calves from birth to weaning. / F.Sutter, P. L. Venjakob, W. Heuwieser et al. // J. Dairy Sci. – 2023. - Volume106 – P. 7043-7055.

4. Thomas E. The Importance of

4. Thomas E. The Importance of Colostrum to the Health of the Neonatal Calf / E. Thomas, T. Besser, C. Clive et al. // *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Volume 10, 1994, P. 107-117.
5. Blum J. Colostrum effects on the gastrointestinal tract, and nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. / J. Blum, W. Hammon // *Livest. Prod.* – 2000. V. 66 – P. 151-159.
6. Lombard J. Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. / J. Lombard, N Urie, F. Garry et al. // *J. Dairy Sci.* - 2020. V. 103. - P 7611-7624.
7. Furman-Fratczak K. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. / K. Furman-Fratczak, A. Rzasa, T. Stefaniak. // *J Dairy Sci.* – 2011. V. 94, - P. 5536-5543.
8. Kaskous S. Immunoglobulin in colostrum and health of newborn calves / S. Kaskous, A. Fadlelmoula // *Sci. J. Rev.* - 2015. – V. 4 (12). – P. 242-249.
9. Попов А.П. Активизация неспецифической резистентности организма в реализации продуктивных качеств крупного рогатого скота. / А.П. Попов, Н.И. Косяев, Д.А. Никитин и др. // *Вестник Чувашского государственного аграрного университета № 1 (28) 2024* с 109-113.
10. Dardene M. Zinc and immune function. // *European Journal of Clinical Nutrition.* – 2002. - V. 56. - P. 20–23.
11. Motoo K. Effect of copper and zinc supplementation on peripheral leukocytes in neutropenia due to copper deficiency. / K. Motoo, I. Toshiaki, H. Hidekazu. // *Geriatrics & Gerontology International.* – 2005. - V. 5. – P. 215-309.
- Colostrum to the Health of the Neonatal Calf / E. Thomas, T. Besser, C. Clive et al. // *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Volume 10, 1994, P. 107-117.
5. Blum J. Colostrum effects on the gastrointestinal tract, and nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. / J. Blum, W. Hammon // *Livest. Prod.* – 2000. V. 66 – P. 151-159.
6. Lombard J. Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. / J. Lombard, N Urie, F. Garry et al. // *J. Dairy Sci.* - 2020. V. 103. - P 7611-7624.
7. Furman-Fratczak K. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. / K. Furman-Fratczak, A. Rzasa, T. Stefaniak. // *J Dairy Sci.* – 2011. V. 94, - P. 5536-5543.
8. Kaskous S. Immunoglobulin in colostrum and health of newborn calves / S. Kaskous, A. Fadlelmoula // *Sci. J. Rev.* - 2015. – V. 4 (12). – P. 242-249.
9. Popov A.P. Activation of nonspecific resistance of the organism in the realization of productive qualities of cattle. / A.P. Popov, N.I. Konyaev, D.A. Nikitin et al. // *Bulletin of the Chuvash State Agrarian University* – 2024. -No. 1 (28) - pp. 109-113.
10. Dardene M. Zinc and immune function. // *European Journal of Clinical Nutrition.* – 2002. - V. 56. - P. 20–23.
11. Motoo K. Effect of copper and zinc supplementation on peripheral leukocytes in neutropenia due to copper deficiency. / K. Motoo, I. Toshiaki, H. Hidekazu. // *Geriatrics & Gerontology International.* – 2005. - V. 5. – P. 215-309.

Hidekazu. // *Geriatrics & Gerontology International*. – 2005. - V. 5. – P. 215-309.

12. Kesler K.W. Zinc about it - zinc and calf immunity. / K.W. Kesler, A. Abuelo // *Front Immunol. Review*. – 2024.

13. Tomasi T. Metaphylactic effect of minerals on the immune response, biochemical variables and antioxidant status of newborn calves. / T. Tomasi, A. Volpato, W. A. B. Pereira et al. // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* // - 2018. – V. 102 – P. 819-824.

14. Ramah A. Effects of Maternal Supplementation with Organic Trace Minerals including Zinc, Manganese, Copper, and Cobalt during the Late and Post-Partum Periods on the Health and Immune Status of Japanese Black Calves. / A. Ramah, T. Kato, U Shinya et al. // *Animals (Basel)*. – 2023.- V. 13 (23) – P. 3679-85.

15. Diskin MG, Kenny DA. Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. / M. Diskin, D. Kenny. // *Animal*. - 2014. - V. 1 – P. 27-39.

12. Kesler K.W. Zinc about it - zinc and calf immunity. / K.W. Kesler, A. Abuelo // *Front Immunol. Review*. – 2024.

13. Tomasi T. Metaphylactic effect of minerals on the immune response, biochemical variables and antioxidant status of newborn calves. / T. Tomasi, A. Volpato, W. A. B. Pereira et al. // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* // - 2018. – V. 102 – P. 819-824.

14. Ramah A. Effects of Maternal Supplementation with Organic Trace Minerals including Zinc, Manganese, Copper, and Cobalt during the Late and Post-Partum Periods on the Health and Immune Status of Japanese Black Calves. / A. Ramah, T. Kato, U Shinya et al. // *Animals (Basel)*. – 2023.- V. 13 (23) – P. 3679-85.

15. Diskin MG, Kenny DA. Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. / M. Diskin, D. Kenny. // *Animal*. - 2014. - V. 1 – P. 27-39.

Сведения об авторах:

Лизогуб Михаил Леонидович – кандидат биологических наук, доцент кафедры внутренней патологии животных Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: zareros@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

Ксенофонтова Евгения Сергеевна – обучающаяся факультета ветери-

Information about the authors:

Lizogub Michail Leonidovich – Candidate of Biology Sciences, Associate Professor of Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: zareros@mail.ru, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Ksenofontova Evgeniya Sergeevna – student of Veterinary Medicine faculty

нарной медицины Института «Агро-
технологическая академия» ФГАОУ
ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»,
295492, п. Аграрное, Институт «Агро-
технологическая академия» ФГАОУ
ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

of the Institute “Agrotechnological
Academy” FSAEI of HE “CFU named of
V.I. Vernadsky”, 295492, utc. Agrarnoe,
Institute "Agrotechnological Academy"
of FSAEI of HE "CFU named V.I.
Vernadsky”

УДК: [619:612.017]:636.2

**ДИАГНОСТИКА
ИММУНОДЕФИЦИТА
НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ**

Плахотнюк Е.В., кандидат ветеринарных наук, доцент института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

В работе описаны методы диагностики нарушения передачи пассивного иммунитета у телят. Наиболее точными являются методы радиальной иммунодиффузии и турбидиметрический иммуноферментный анализ. В практических условиях с высокой долей вероятности недостаточность пассивного иммунитета у телят можно установить, опираясь на простые в исполнении методики: определение общего белка рефрактометрическим методом и метод precipitation иммуноглобулинов в сыроворотке крови сульфитом натрия.

Ключевые слова: новорожденные телята, пассивный иммунитет, колостральный иммунитет, иммунодефицит.

Введение. Здоровые новорожденные телята являются иммунокомпетентными и иммунологически незрелыми животными. То есть, они способны вырабатывать иммунный ответ, но для синтеза иммуноглобулинов в иммунологически значимом количестве необходимо время и контакт с антигенами внешней среды [11].

Во внутриутробном периоде телята способны синтезировать в очень небольшом количестве IgM и IgG₂. Сразу же после контакта с антигенами, вскоре после рождения, новорожденные телята начинают синтезировать собственные иммуноглобулины, способные фиксировать комплемент – IgG1, которые обнаруживаются в крови новорожденного через 1-2 недели после рождения и достигают значительного уровня к 2 месячному возрасту [4, 8, 10]. До это-

**DIAGNOSIS
IMMUNODEFICIENCY IN
NEWBORN CALVES**

Plahotniuk E.V., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»

There were described methods for diagnosing disorders in the transmission of passive immunity in calves in the article. The most accurate methods are radial immunodiffusion and turbidimetric enzyme immunoassay. In practical conditions, it is highly likely that the deficiency of passive immunity in calves can be established based on simple techniques: determination of total protein by the refractometric method and the method of precipitation of immunoglobulins in blood serum with sodium sulfite.

го момента иммунологическая защита новорожденного теленка зависит от напряженности его пассивного (колострального) иммунитета, так как ввиду синэпителиохориального строения плаценты коров, попадание IgG1 матери в кровотоки новорожденного возможно только при пероральном их поступлении с молозивом в первые часы жизни животного [2-4].

Недостаточность пассивного иммунитета (НПИ, FPT, недостаточность колострального иммунитета) определяется как неспособность новорожденного получить и абсорбировать достаточное количество компонентов молозива (иммуноглобулинов, иммуноактивных веществ и иммунореактивных клеток), обеспечивающих пассивный иммунитет [1, 5, 7].

У жвачных животных формирование адекватного колострального иммунитета имеет особое значение в обеспечении выживаемости молодняка в ранний неонатальный период и реализации его генетического потенциала в онтогенезе [9].

Недостаточность пассивного иммунитета является фактором, приводящим к повышению частоты заболеваемости и гибели новорожденных телят на молочных фермах (вследствие септицемии, вызванной энтеротоксигенной кишечной палочкой, пневмонии, омфалита) [11].

Целью нашей работы является оценка методов диагностики недостаточности пассивного иммунитета у новорожденных телят, позволяющих выявить НПИ в условиях хозяйства и оперативно его нивелировать.

Объектом исследования являлись новорожденные телята обоих полов, родившиеся от самок первого и второго отелов.

Материалы и методы исследований. Работа проводилась в ЛПИХ Герасименко О.О., расположенном в село Барабаново, Белогорского района Республики Крым в 2024-2025 гг.

Материалом для исследования служила сыворотка крови новорожденных телят, отобранная сразу после рождения, и в возрасте 24 и 48 часов. Параллельно исследовалось молозиво первых 6 удоев.

В сыворотке крови исследовали концентрацию общего белка биуретовой реакцией и рефрактометрически, определяли концентрацию иммуноглобулинов турбидиметрической реакцией с сульфатом цинка и полуколичественным методом с нитритом натрия.

Выявление НПИ основано на измерении концентрации IgG в сыворотке крови новорожденных телят после употребления молозива (в возрасте 1-7 дней). Золотым стандартом определения концентрации IgG является метод радиальной иммунодиффузии. Турбидиметрический иммуноферментный анализ и ИФА также позволяют непосредственно измерять концентрацию IgG. Однако стоимость, требования к лабораторному оборудованию и время, затрачиваемое на получение результатов, существенно ограничивают практическое применение и значение вышеуказанных методов, делая их исключительно лабораторными и академическими

Косвенные (непрямые) тесты включают измерение концентрации общего

белка в лаборатории или с помощью рефрактометра, турбидиметрический тест с сульфатом цинка, метод приципитации с сульфитом натрия [1, 4, 5].

Результаты и обсуждения. В таблице 1 представлены результаты исследования концентрации общего белка в сыворотке крови 5 новорожденных телят. Исследования проб сыворотки проводили фотометрически, с биуретовой реакцией в условиях лаборатории кафедры внутренней патологии животных и рефрактометрически в условиях ЛПХ.

Таблица 1. Концентрация общего белка в сыворотке крови новорожденных телят

№ п/п	До выпойки молозива		Через 24 ч		Через 48 ч	
	Фотометрический метод	Рефрактометрический метод	Фотометрический метод	Рефрактометрический метод	Фотометрический метод	Рефрактометрический метод
1.	38,0	39,2	40,7	42,2	45,5	46,8
2.	38,2	39,7	41,4	43,2	46,7	47,8
3.	38,1	39,2	40,8	41,6	44,6	45,9
4.	40,3	42,6	46,7	47,3	49,9	50,3
5.	39,1	40,3	40,2	40,9	40,5	42,2
M±m	38,74±0,44	40,20±0,63	41,96±1,20	43,04±1,13	45,04±1,26	46,60±1,32

Из данных, представленных в таблице видно, что результаты измерения концентрации общего белка в сыворотке крови новорожденных телят с использованием рефрактометра сопоставимы с результатами фотометрического метода, проведенного в лаборатории. Статистически достоверные отличия в результатах исследования общего белка разными методами выявлены не были.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что не смотря на то, что использование рефрактометра является менее точным методом, чем прямое измерение общего белка в лаборатории, все же метод имеет ряд существенных преимуществ. В частности, достаточную чувствительность и специфичность. Также метод характеризуется быстротой, низкой стоимостью, что делает его одним из методов выбора для диагностики недостаточности пассивного иммунитета в практических условиях.

В таблице 2 представлены результаты исследования концентрации иммуноглобулинов в сыворотке крови новорожденных телят турбидиметрическим методом с сульфатом цинка, проведенного в условиях лаборатории, а в Таблице 3 – результаты исследования иммуноглобулинов в сыворотке крови новорожденных телят в реакции приципитации с сульфитом натрия.

Из данных таблицы 2 следует, что до первой выпойки молозива в сыворотке крови телят обнаруживаются иммуноглобулины в незначительном ко-

личестве, которое в среднем составляет $1,37 \pm 0,31$ г/л. Через 24 ч и 48 ч после рождения уровень иммуноглобулинов увеличился до $6,96 \pm 0,52$ и $8,26 \pm 0,69$ г/л соответственно, что в 5 и 6 раз больше, чем в начале исследования. Однако, лишь у одного из исследуемых 5 телят через 48 ч после рождения установлен оптимальный уровень иммуноглобулинов – 10, 5 г/л (при нижней границе нормы – 10 г/л), у остальных 4 телят общее количество иммуноглобулинов гораздо ниже нормы, что, наряду с результатами исследования общего белка в сыворотке крови телят и уровне иммуноглобулинов в молозиве первого удоя коров-матерей, позволяет говорить о недостаточности пассивного иммунитета у 80% исследуемых телят.

Таблица 2. Концентрация иммуноглобулинов в сыворотке крови новорожденных телят

№ п/п	До выпойки молозива	Через 24ч	Через 48ч
1.	1,08	6,3	7,7
2.	1,02	6,2	8,0
3.	1,09	6,8	9,0
4.	2,6	9,0	10,5
5.	1,06	6,5	7,1
M±m	$1,37 \pm 0,31$	$6,96 \pm 0,52$	$8,26 \pm 0,69$

Результаты определения концентрации иммуноглобулинов в сыворотке крови телят приципитацией с сульфитом натрия (Таблица 3) соответствуют данным, полученным в результате исследования концентрации иммуноглобулинов турбидиметрическим методом с сульфатом цинка (Таблица 2). Тест с сульфитом натрия является полуколичественным методом, основанным на использовании раствора сульфита натрия в трех концентрациях. В зависимости от наличия и характера приципитации раствора после внесения сыворотки телят и экспозиции 1 ч, можно сделать вывод о адекватной/неадекватной передаче пассивного иммунитета, что делает этот метод незаменимым для использования в полевых условиях.

Таблица 3. Определение концентрации иммуноглобулинов в сыворотке крови по результатам преципитации с сульфитом натрия

№ п/п	До выпойки молозива				Через 24ч				Через 48ч			
	Концентрация Na_2SO_3			Концентрация Ig, г/л	Концентрация Na_2SO_3			Концентрация Ig, г/л	Концентрация Na_2SO_3			Концентрация Ig, г/л
	14%	16%	18%		14%	16%	18%		14%	16%	18%	
1	-	-	-	0-5	-	+	+	6-15	-	+	+	6-15
2	-	-	-	0-5	-	±	+	4-5	-	+	+	6-15
3	-	-	-	0-5	-	+	+	6-15	-	+	+	6-15
4	-	-	-	0-5	-	+	+	6-15	-	+	+	6-15
5	-	-	-	0-5	-	±	+	4-5	-	+	+	6-15

Полученные результаты исследования обусловлены рядом факторов, в частности телята были рождены от коров 1-2 лактации в период с ноября по март, с выраженным недостатком переваримого протеина в рационе, что привело к низкому содержанию иммуноглобулинов в молозиве первого и последующих удоев (Рис. 1).

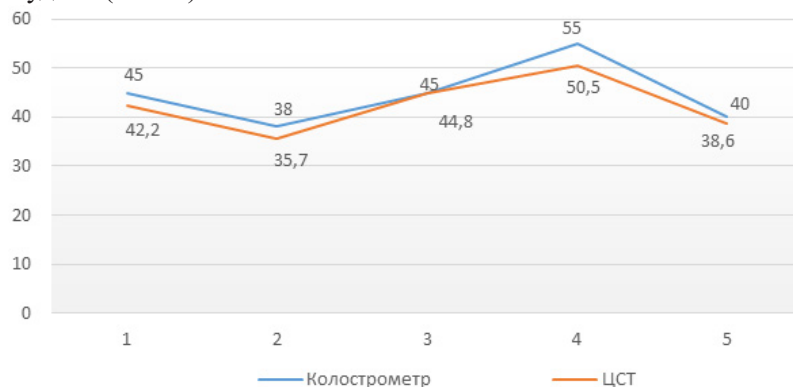


Рисунок 1. Концентрация иммуноглобулинов в молозиве первого удоя коров-матерей

Результаты исследования концентрации иммуноглобулинов в молозиве первого удоя с использованием колострометра соответствуют результатам цинк-сульфатного теста (ЦСТ), статистически значимых отличий выявлено не было.

Выводы: 1. Недостаточность пассивного иммунитета, это распространенное патологическое состояние новорожденных телят, обусловленное рядом факторов (1-2 отел, осенне-зимний период, недостаточность протеинового кормления) приводящих к низкой концентрации иммуноглобулинов в молозиве коров – менее 60 г/л.

2. НПИ можно с высокой специфичностью и чувствительностью диагностировать в полевых условиях, используя сочетание непрямых (косвенных) методов исследования: определение общего белка в сыворотке крови телят рефрактометрически, определение концентрации иммуноглобулинов в сыворотке крови телят полуколичественным методом с сульфитом натрия, определение концентрации иммуноглобулинов в молозиве первого удоя коров-матерей при помощи колострометра.

3. Экспресс-диагностика недостаточности пассивного иммунитета в условиях фермерского хозяйства позволит максимально эффективно использовать методы коррекции данного состояния в первые 24-36 ч жизни животного, в частности, используя предварительно заготовленное качественное молозиво, с содержанием иммуноглобулинов 100 г/л и более, полученное от коров-доноров.

Список использованных источников:

1. Федоров, Ю. Н. Диагностические методы оценки передачи пассивного иммунитета у новорожденных телят / Ю. Н. Федоров, Богомолова О.А., Анисина О.В. [и др.] // Ветеринарный врач. – 2022. – № 4. – С. 60 – 65.
2. Akköse, M. Evaluation of refractometry methods for estimating passive immunity status in neonatal foals // M. Akköse, E. Karabulut, İ.Ç. Yılmaz [et al.] // J. Immunol. Methods. – 2022. – № 11. – p. 510-512.
3. Buczinski, S. Diagnostic accuracy of refractometry for assessing bovine colostrum quality: A systematic review and meta-analysis / S. Buczinski, J.M. Vandeweerd // J. Dairy Sci. – 2016. – № 99(9). – p. 7381-7394.
4. Cuttance, E. L. A review of diagnostic tests for diagnosing failure of transfer of passive immunity in dairy calves in New Zealand / E.L. Cuttance, C. Regnerus, R.A. Laven // N Z Vet J. – 2019. – № 67(6). – p. 277-286.
5. Cuttance, E. L. Comparison of diagnostic tests for determining the prevalence of failure of passive transfer in New Zealand dairy calves / E.L. Cuttance, C. Regnerus, W.A. Mason [et al.] // N Z Vet J. – 2017. – № 65(1). – p. 6-13.
6. Elsohaby, I. Diagnostic performance of direct and indirect methods for assessing failure of transfer of passive immunity in dairy calves using latent class analysis / I. Elsohaby, M. M. Mweu, Y. S. Mahmmod [et al.] // Prev. Vet. Med. – 2019. – № 1 (164). – p. 72-77.
7. Elsohaby, I. Usefulness of digital and optical refractometers for the diagnosis of failure of transfer of passive immunity in neonatal foals / I. Elsohaby,

References :

1. Fedorov, Yu. N. Diagnostic methods for assessing the transmission of passive immunity in newborn calves / Yu. N. Fedorov, O.A. Bogomolova, O.V. Anisina [et al.] // Veterinarian. – 2022. – № 4. – p. 60-65.
2. Akköse, M. Evaluation of refractometry methods for estimating passive immunity status in neonatal foals // M. Akköse, E. Karabulut, İ.Ç. Yılmaz [et al.] // J. Immunol. Methods. – 2022. – № 11. – p. 510-512.
3. Buczinski, S. Diagnostic accuracy of refractometry for assessing bovine colostrum quality: A systematic review and meta-analysis / S. Buczinski, J.M. Vandeweerd // J. Dairy Sci. – 2016. – № 99(9). – p. 7381-7394.
4. Cuttance, E. L. A review of diagnostic tests for diagnosing failure of transfer of passive immunity in dairy calves in New Zealand / E.L. Cuttance, C. Regnerus, R.A. Laven // N Z Vet J. – 2019. – № 67(6). – p. 277-286.
5. Cuttance, E. L. Comparison of diagnostic tests for determining the prevalence of failure of passive transfer in New Zealand dairy calves / E.L. Cuttance, C. Regnerus, W.A. Mason [et al.] // N Z Vet J. – 2017. – № 65(1). – p. 6-13.
6. Elsohaby, I. Diagnostic performance of direct and indirect methods for assessing failure of transfer of passive immunity in dairy calves using latent class analysis / I. Elsohaby, M. M. Mweu, Y. S. Mahmmod [et al.] // Prev. Vet. Med. – 2019. – № 1 (164). – p. 72-77.
7. Elsohaby, I. Usefulness of digital and optical refractometers for the diagnosis of failure of transfer of passive immunity in neonatal foals / I. Elsohaby,

C.B. Riley, J.T. McClure // *Equine Vet. J.* – 2019. – № 51(4). – p. 451-457.

8. Elsohaby, I. Using serum and plasma samples to assess failure of transfer of passive immunity in dairy calves / I. Elsohaby, J.T. McClure, L.A. Waite [et al.] // *J Dairy Sci.* – 2019. – № 102(1). – p. 567-577.

9. Lichtmannsperger, K. Factors Associated with Colostrum Quality, the Failure of Transfer of Passive Immunity, and the Impact on Calf Health in the First Three Weeks of Life. *Animals (Basel)* /

K. Lichtmannsperger, C. Hartsleben, M. Spöcker [et al.]. – 2023. – № 13(11):1740. doi: 10.3390/ani13111740.

10. Lopez, A.J. Hot topic: Accuracy of refractometry as an indirect method to measure failed transfer of passive immunity in dairy calves fed colostrum replacer and maternal colostrum / A.J. Lopez, M.A. Steele, M. Nagorske [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2021. – № 104(2). – p. 2032-2039.

11. Lopez, A.J. Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf // A.J. Lopez, A.J. Heinrichs // *J. Dairy Sci.* – 2022 – № 105(4). – p. 2733-2749.

C.B. Riley, J.T. McClure // *Equine Vet. J.* – 2019. – № 51(4). – p. 451-457.

8. Elsohaby, I. Using serum and plasma samples to assess failure of transfer of passive immunity in dairy calves / I. Elsohaby, J.T. McClure, L.A. Waite [et al.] // *J Dairy Sci.* – 2019. – № 102(1). – p. 567-577.

9. Lichtmannsperger, K. Factors Associated with Colostrum Quality, the Failure of Transfer of Passive Immunity, and the Impact on Calf Health in the First Three Weeks of Life. *Animals (Basel)* /

K. Lichtmannsperger, C. Hartsleben, M. Spöcker [et al.]. – 2023. – № 13(11):1740. doi: 10.3390/ani13111740.

10. Lopez, A.J. Hot topic: Accuracy of refractometry as an indirect method to measure failed transfer of passive immunity in dairy calves fed colostrum replacer and maternal colostrum / A.J. Lopez, M.A. Steele, M. Nagorske [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2021. – № 104(2). – p. 2032-2039.

11. Lopez, A.J. Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf // A.J. Lopez, A.J. Heinrichs // *J. Dairy Sci.* – 2022 – № 105(4). – p. 2733-2749.

Сведения об авторе:

Екатерина Вячеславовна Плахотнюк – кандидат ветеринарных наук, доцент института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: 13_Katy@mail.ru, 295492, п. Аграрное, институт «Агротехнологическая академия».

Information about the author:

Ekaterina Vyacheslavovna Plahotniuk, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: 13_Katy@mail.ru, Institute «Agrotechnological Academy» 295492, Simferopol, Agrarnoe/

УДК 619:[616.61-008.6:636.8]

**АНАЛИЗ СТРАТЕГИИ ЛЕЧЕНИЯ
УРЕМИЧЕСКОГО СИНДРОМА У
КОТОВ ВСЛЕДСТВИЕ
МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ****ANALYSIS OF THE TREATMENT
STRATEGY FOR UREMIC
SYNDROME IN CATS DUE TO
UROLITHIASIS****Кувда Е.Н.**, кандидат ветеринарных наук;**Решетова А.Р.**, обучающийся Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского».**Kuevda E.N.**, Candidate of Veterinary Sciences;**Reshetova A.R.**, a student at the Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University».

Изучены распространение и этиологические особенности уремиического синдрома при мочекаменной болезни у котов на базе одной из частных клиник города Севастополь, определены основные направления и средства эффективной терапии, проведена клиническая оценка лечебных мероприятий.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь, уремический синдром, коты, цистоцентез, катетеризация, электролиты.

The spread and etiological features of uremic syndrome in urolithiasis in cats were studied on the basis of one of the private clinics in Sevastopol, the main directions and means of effective therapy were identified, and a clinical assessment of therapeutic measures was carried out.

Key words: urolithiasis, uremic syndrome, cats, cystocentesis, catheterization, electrolytes.

Введение. Мочекаменная болезнь у котов является одним из наиболее серьёзных заболеваний органов мочевыделительной системы. К развитию данной патологии предрасположены все виды кошачьих из-за сформировавшегося хищнического образа жизни и образования концентрированной мочи. При этом установлено, что коты чаще болеют уролитиазом чем кошки, что обусловлено физиологической особенностью их мочевыделительной системы. Вследствие сложной закупорки уретры мочевыми солями и слизью при сформировавшемся уролитиазе развивается уремический синдром, вызванный повышением уровня токсинов в крови животного. Данная патология характеризуется комплексом симптомов и изменений биохимических показателей крови, свойственных животным с почечной недостаточностью, когда почки теряют способность поддерживать необходимый уровень водно-электролитного баланса, осмотический гомеостаз, вследствие чего у животного и появляется уремия [1].

При уремическом синдроме вследствие интоксикации продуктами азоти-

стого обмена возникает нарушение нервной системы, наблюдается депрессия, сонливость, слабость, у котом возможна рвота, снижение аппетита, с последующей потерей веса.

В крови повышается уровень креатинина, мочевины и концентрация фосфора, снижается уровень калия, нарушается кислотно-щелочное равновесие, развивается анемия. Часто уремический синдром сопровождается стойкой системной артериальной гипертензией.

Терапия данного нарушения должна быть комплексной, направленной на возможное устранение или коррекцию указанных нарушений.

Лечебные мероприятия начинают с удаления задержавшейся мочи из мочевого пузыря путём катетеризации уретры или применением цистоцентеза. Второй вариант в настоящее время более распространён и предпочтителен при закупорке уретры в связи с тем, что при катетеризации уретры не всегда удастся протолкнуть пробку из конкрементов и слизи, при этом животное подвергается не просто болезненной процедуре, а испытывает сильный стресс. Кроме того, катетеризация уретры приводит к дополнительному травмированию слизистой оболочки мочеиспускательного канала, что в перспективе, при проведении уже уретростомии, у котом с рецидивирующей мочекаменной болезнью, является предпосылкой к зарастанию созданной стомы и проведению повторной операции, что приведёт к излишним страданиям питомца и дискомфорту владельца.

С учетом вышеперечисленных причин при первичном приеме важно правильно оценить тяжесть ситуации и выбрать лучший вариант для животного. При этом учитывают, что цистоцентез у кота возможно применять как средство первой помощи и в последующем при проведении форсированного диуреза до устранения закупорки уретры катетеризацией или другими оперативными методами.

При уремическом синдроме крайне важно применение инфузионной терапии для форсирования диуреза у животного, регулирования уровня электролитов и кислотно-щелочного равновесия. Препаратами выбора являются изотонические кристаллоиды (раствор Рингера, «Стерофундин», «Фриостерин»). При сдвиге кислотно-основного баланса развивается метаболический ацидоз, который регулируется применением раствора гидрокарбоната натрия или добавлением двууглекислого натрия или цитрата калия в корм.

При затяжном течении уремического синдрома необходимо динамически контролировать уровень кальция, так как возникает вероятность развития вторичной гиперфункции паращитовидных желез. В таком случае назначают препараты кальцитриола.

Состояние гипокалиемии можно регулировать добавкой в корм цитрата калия. В терминальной стадии уремического синдрома возможно развитие гиперкалиемии, поэтому потребуется тщательный контроль электролитов в динамике при лечении.

При лёгком течении уремии растворы электролитов можно вводить не только внутривенно – при установлении легкой степени дегидратации и сла-

бой интоксикации организма можно вводить растворы электролитов подкожно в области холки в дозировке до 20 мл/кг за раз, кратность введения увеличивают с двух до четырех-шести раз в сутки.

Азотемия и высокий уровень фосфора можно корректировать путем назначения диетотерапии со сниженным содержанием белка и фосфора. Для этого часто используются готовые лечебные рационы от производителей «Purina», «Royal Canin» и др. Можно содержать животное и на естественном питании, в таком случае добавляют препараты, связывающие фосфор в кишечнике («Нефтра» и «Нефроланвет»). Однако, не стоит забывать, что применение фосфатбиндеров снижает поедаемость кормов, формируется отрицательный энергетический баланс, а этого стараются избегать при данной патологии.

Для устранения тошноты и рвоты используют прокинетиические препараты («Метоклопрамид»). Для защиты слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта используют комбинацию двух препаратов: ингибитор протонного насоса «Омепразол» и гастропротектор «Вентер». Учитывают, что «Омепразол» надо задавать за 40 минут до дачи препарата «Вентер». Другие препараты внутрь возможно давать через три часа после применения данного гастропротектора.

Для регуляции артериальной гипертензии у котов препаратом выбора считается «Амлодипин» – начинают назначение с низких дозировок и под постоянным контролем артериального давления постепенно повышают дозу до появления устойчивого клинического эффекта. При нормализации давления его контролируют не реже, чем раз в 3-6 месяцев.

Анимию у котов с уремическим синдромом вследствие мочекаменной болезни может развиваться при длительном течении патологии. В таком случае иногда назначают препараты эритропоэтина, однако, помнят, что данная группа быстро вызывает у животных выработку антител, разрушающих новые эритроциты. В очень тяжелых случаях может быть рассмотрен вариант гемотрансфузии для больного кота.

Применение такого комплекса терапевтических мер приводит к восстановлению животных с уремическим синдромом средней степени тяжести в течение 5-7 дней в условиях стационара. При этом у животных, у которых для удаления мочи применялся цистоцентез вместо катетеризации уретры, отмечалось лучшее восстановление организма после проведения курса лечения.

Материал и методы исследований. При выполнении работы применяли клинические, лабораторные и статические методы. Клиническое обследование выполняли по общепринятой схеме: регистрация, сбор анамнеза, клиническое обследование (оценивали общее состояние, качество мочеиспускания). Отбор проб крови проводили из поверхностной вены предплечья – для общего анализа крови пробирки с К2-ЭДТА, для получения плазмы пробирки с литий-гепарином. Общий анализ крови проводили на анализаторе VetScan HM5 (Abaxis, Zoetis, США). Определение показателей сыворотки проводили на автоматическом биохимическом экспресс-анализаторе Fuji DRI-CHEM 4000ie.

Мочу исследовали тест-полосками DeKaPhan Leuco. Работа была выполнена на базе частной ветеринарной клиник г. Севастополя в период 2023-2024 года. Подобрали 10 котов с признаками уремического синдрома вследствие мочекаменной болезни возрастом 6-8 лет, в основном беспородных, средней массой 4,5 кг. Материалом для исследований были образцы мочи и крови животных, рацион и условия содержания. Сформировали две группы животных по 5 голов, назначили терапию для больных животных, при этом животным первой группы (ПО-1) выполняли цистоцентез, а животным второй группы (ПО-2) проводили катетеризацию.

Результаты и обсуждение. На основании данных амбулаторного журнала клиники «VetFox» г.Севастополь установили, что за период 2023-2024 года всего поступило 297 животных с жалобами на нарушение акта мочеиспускания, при этом у 162 из исследуемых животных был определён диагноз «уролитиаз». Признаки уремического синдрома диагностировали только у 89 особей, что составило 30,07% от всех животных с нарушением мочеиспускания.

На основании полученных статистических данных провели анализ породной предрасположенности к развитию уремического синдрома вследствие уролитиаза. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Породная предрасположенность, %

Порода	Годы	
	2023	2024
Персидская	45,4	49,9
Беспородные	34,7	25,6
Британская	10,0	13,3
Шотландская вислоухая	9,9	11,2

Из данных таблицы 1 следует, что патология преимущественно отмечалась среди беспородных животных и персидских котов, что можно объяснить генетической предрасположенностью данных животных и формированием предпосылок развития патологии.

Анализ возрастной предрасположенности представлен в таблице 2.

Таблица 2. Возрастная предрасположенность котов

Возраст	Голов	%
До 3 лет	3	1,8
3-5 лет	9	5,5
Старше 6 лет	150	92,77

Из данных таблицы 2 следует, что преобладающее проявление патологии отмечали у животных в возрасте старше 6 лет (92,77%). При этом у данной возрастной группы и мочекаменная болезнь в нозологии была преобладающей и составляла 74,69%.

При сборе анамнестических данных были установлены соновые этиологические факторы болезни. При этом преобладающей причиной возникновения мочекаменной болезни с последующим формированием уремического

синдрома стало кормление недоброкачественными дешевыми готовыми рационами для котов и кошек. Так же установили, что большинство хозяев (90,74%) не осведомлены о прихотливости своих питомцев и не знают правил организации питьевого режима – использование чистой фильтрованной воды в разных мисках, расставленных в нескольких местах.

Возникновение уремического синдрома отмечено в большинстве случаев у тех котов, владельцы которых не сразу заметили проблему у своих питомцев. Процент данного этиологического фактора в развитии уремического синдрома был высоким и составил 98,79%.

Проведя анализ типа кормления котов, установили, что большая часть исследуемых животных имела однотипное естественное кормление (43,3%); у некоторых животных был разнообразный естественный рацион (8,3%) и готовые рационы премиум- и эконом-класса (41,2%), а также готовый рацион супер-премиум-класса (7,2%).

Анализ условий содержания был следующий: полностью безвыгульное (56,2%), домашние с периодическим выгулом (22,6%), с ежедневным самовыгулом (21,2%).

Динамика показателей крови представлена в таблице 3.

Таблица 3. Результаты исследования крови кошек, $M \pm m$, $n=5$

Показатель	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Мочевина, ммоль/л	Креатинин, мкмоль/л	Фосфор, ммоль/л	Хлор, ммоль/л	Натрий, ммоль/л	Калий, ммоль/л	Гематокрит, %
При поступлении животного									
ПО-1	81,9 \pm 3,1	38,9 \pm 3,4	28,7 \pm 7,1	255,8 \pm 20,1	2,7 \pm 0,6	131,2 \pm 4,2	180 \pm 6,1	3,7 \pm 1,1	51 \pm 5
ПО-2	77,2 \pm 4,3	40,5 \pm 2,1	29,3 \pm 6,3	258,2 \pm 24,0	2,5 \pm 0,4	131,6 \pm 7,0	178 \pm 9,0	3,5 \pm 0,9	52 \pm 3
Через 7 дней после начала лечения									
ПО-1	63,7 \pm 1,7	33,5 \pm 0,3	8,1 \pm 2,4	148,6 \pm 21,1	1,5 \pm 0,3	111,5 \pm 10,3	141,6 \pm 3,5	4,0 \pm 2,2	33 \pm 1
ПО-2	65,6 \pm 2,1	36,9 \pm 0,3	9,0 \pm 3,3	153,6 \pm 19,7	1,8 \pm 0,6	115,7 \pm 6,2	149,3 \pm 8,1	4,3 \pm 2,6	35 \pm 2
Норма	54-76	25-39	6-12	70-165	1,1-2,3	107-123	143-165	3,8-5,4	26-48

Из данных таблицы 3 видно, что все показатели у животных обеих групп при поступлении в клинику были выше нормы. Повышение уровня креатинина является ранним симптомом поражения почек, высокий уровень гематокрита подтверждает обезвоживание организма, на фоне которого увеличивается количество альбумина и степень интоксикации организма. Снижение уровня эритроцитов может указывать на сложность синдрома при уролитиазе.

При оказании комплексного лечения отмечали прогрессивное изменение показателей у животных первой группы, получивших в качестве срочной помощи цистоцентез – уровень общего белка и альбумина в пределах точной нормы, уровень мочевины также более прогрессивно нормализуется. Таким образом, в результате семидневной интенсивной терапии и грамотной организации первой стабилизирующей помощи удалось восстановить до физиологического уровень нарушенных показателей.

Выводы. 1. Уремический синдром при мочекаменной болезни встречается достаточно часто (30,07%), при этом в большинстве случаев им страдают животные в возрасте 6 лет и старше (92,77%), что, предположительно, объясняется сниженной устойчивостью компенсаторных систем организма в более старшем возрасте. Основной же причиной возникновения данной патологии стала невнимательность владельцев животных и позднее обращение к ветеринарному врачу с данной проблемой.

2. Терапия уремического синдрома должна быть комплексной. Важно контролировать в динамике изменения биохимических показателей крови. Использование цистоцентеза вместо катетеризации снижает уровень стресса у животного, что благоприятно влияет на восстановление животного, предупреждает осложнения при проведении уретростомии у животных.

Терапия уремического синдрома кошек вследствие уролитиаза должна быть комплексной, максимально подходящей к степени развития болезни. В качестве способа удаления мочи при нарушении мочеиспускания вследствие закупорки уретры хороший терапевтический эффект достигается цистоцентезом, что позволяет быстрее ожидать реабилитацию животного и избегать осложнений, рецидивов.

Список использованных источников.

1. Гертман, А. М. Болезни почек и органов мочевого выделительной системы: Учебное пособие / А. М. Гертман, Т. С. Самсонова / СПб.: Лань.– 2022. – С. 250-256.
2. Ambrosio, B.M. Non-Renal Lesions of Uraemia in Domestic Cats / B.M.Ambrosio // Vet Clin North Am Small Anim Pract. – Mar 2023. – Pages 157-174.
3. Milligan, M. Medical and Interventional Management of Upper Urinary Tract Uroliths / M.Milligan // Journal of Nutritional Science – 2023. – Pages 105-114.
4. Naarden, B. The effect of a

References:

1. Gertman, A. M. Painful prick and organ mochevy demographicsdelegative system repeateddelegate systemsdelegate systemsdelegate systemsdelegate systemsdelegate system M. Gertman, T. S. Samsonova / SPB.: LAN.– 2022. - S. 250-256.
2. Ambrosio, B.M. Non-Renal Lesions of Uraemia in Domestic Cats / B.M.Ambrosio // Vet Clin North Am Small Anim Pract. – Mar 2023. – Pages 157-174.
3. Milligan, M. Medical and Interventional Management of Upper Urinary Tract Uroliths / M.Milligan // Journal of Nutritional Science – 2023. –

therapeutic urinary stress diet on the short-term recurrence of feline idiopathic cystitis / Naarden B, Corbee RJ. // Vet Med Sci. – Feb 2023. – Vol.8 (2). – Pages 113-131.

5. Alexander, J.E. The effect of reducing dietary energy density via the addition of water to a dry diet, on body weight, energy intake and physical activity in adult neutered cats / J.E.Alexander, A. Colyer and P.J.Morris // Journal of Nutritional Science. – 2014. – Vol.3. P.21-27.

6. Papich, M.G. Papich handbook of Veterinary Drugs / M.G. Papich. – Elseveir. – 2021. – 1060 p.

Pages 105-114.

4. Naarden, B. The effect of a therapeutic urinary stress diet on the short-term recurrence of feline idiopathic cystitis / Naarden B, Corbee RJ. // Vet Med Sci. – Feb 2023. – Vol.8 (2). – Pages 113-131.

5. Alexander, J.E. The effect of reducing dietary energy density via the addition of water to a dry diet, on body weight, energy intake and physical activity in adult neutered cats / J.E.Alexander, A. Colyer and P.J.Morris // Journal of Nutritional Science. – 2014. – Vol.3. P.21-27.

6. Papich, M.G. Papich handbook of Veterinary Drugs / M.G. Papich. – Elseveir. – 2022. – 1080 p.

Сведения об авторах:

Кувда Екатерина Николаевна – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры внутренней патологии животных факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: therapy-catu@yandex.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

Решетова Айше Рустемовна – обучающаяся 4 курса направления специальности 36.05.01, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: therapy-catu@yandex.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

Information about the authors:

Department of Animal Internal Pathology of the Faculty of Veterinary Medicine of the Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: therapy-catu@yandex.ru, Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Reshetova Ayshe Rustemovna is a 4th-year student of specialty 36.05.01, Institute of "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V.I. Vernadsky", e-mail: therapy-catu@yandex.ru, 295492, village of Agrarnoye, Institute of "Agrotechnological Academy" FGAOU VO "KFU named after V.I.Vernadsky".

УДК[619:616.22/.23]:636.7

**ИНФЕКЦИОННЫЙ
ЛАРИНГОТРАХЕОБРОНХИТ
У СОБАК. СИМПТОМАТИКА.
КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ.**

Макаревич Н.А., кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

В статье описаны данные эпизоотологического и клинического исследования при инфекционном ларинготрахеобронхите у собак, а также описан комплексный метод лечения данного заболевания. Инфекционный ларинготрахеобронхит выявляется у собак всех пород и любого возраста, но более подвержены заболеванию животные – от 1 года до 6 лет. Болезнь в основном регистрируется в весеннее - летний и летнее - осенний период. Основной клинический признак инфекционного ларинготрахеобронхита – кашель, вплоть до приступов рвоты и повышенная чувствительность трахеи. Комплексный метод лечения инфекционного ларинготрахеобронхита у собак проводился по нескольким направлениям и основан на применении средств направленных на борьбу: с вирусами и стимуляцию иммунной системы собак (иммуноглобулин поливалентный «Глобкан», биопрепарат «Фанниферон», концентрат аминокислот «Лизин для кошек

**INFECTIOUS
ARYNGOTRACHEOBRONCHITIS
IN DOGS. SYMPTOMATICS.
COMPLEX TREATMENT**

Makarevich N.A., Makarevich N.A., candidate of veterinary sciences, associate professor, department of microbiology, epizootology and veterinary-sanitary expertise of the Institute of Agrotechnological Academy of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky.

*The article describes the data of epizootological and clinical research in infectious laryngotracheobronchitis in dogs, and also describes a comprehensive method of treating this disease. Infectious laryngotracheobronchitis is detected in dogs of all breeds and any age, but animals from 1 year to 6 years old are more susceptible to the disease. The disease is mainly recorded in the spring - summer and summer - autumn periods. The main clinical sign of infectious laryngotracheobronchitis is cough, up to bouts of vomiting and increased sensitivity of the trachea. A comprehensive method of treating infectious laryngotracheobronchitis in dogs was carried out in several directions and is based on the use of drugs aimed at combating: viruses and stimulating the immune system of dogs (polyvalent immunoglobulin "Globcan", biopreparation "Fanniferon", amino acid concentrate "Lysine for cats and dogs"); to suppress secondary bacterial infection and if *Bordetellabronchiseptica* is*

и собак»); на подавление вторичной бактериальной инфекции и при подозрении на *Bordetella bronchiseptica* («Фармазин – 50» в сочетании с «Бисептолом»); на снятия спазмов и расширения просвета бронхов и бронхиол (бета-адреномиметики «Тербуталин»); на снижения возбудимости кашлевого центра и устранения раздражение слизистых оболочек дыхательных путей (препарат «Коделак Нео»); на разжижения и ускорения выведения из трахеи и бронхов воспалительного экссудата (отхаркивающие средство «Бронхипрет® ТП»); на заживления слизистой носовой полости (препарат «Анандин капли глазные и интраназальные»); на поддержания дыхательной и сердечной деятельности (препарат «Сульфокамфокаин»); на устранения аллергической реакции (препарат «Аллервет»); на уменьшение воспалительной и болевой реакции (препарат «Мелоксивет раствор для инъекций 1%»); на улучшения биохимических процессов и окислительно-восстановительных реакции в организме собак (препараты «Тетравит», «Пентовит», Аскорбиновая кислота 5%-ная).

Ключевые слова: собаки, инфекционной ларинготрахеобронхит, клиника, комплексное лечение.

suspected (Pharmazin-50 in combination with Biseptol); to relieve spasms and expand the lumen of the bronchi and bronchioles (beta-adrenergic agonist "Terbutaline"); to reduce the excitability of the cough center and eliminate irritation of the mucous membranes of the respiratory tract (the drug "Codelac Neo"); to liquefy and accelerate the removal of inflammatory exudate from the trachea and bronchi (the expectorant "Bronchipret® TP"); to heal the mucous membrane of the nasal cavity (the drug "Anandin eye and intranasal drops"); to maintain respiratory and cardiac activity (the drug "Sulfocamphocaine"); to eliminate allergic reactions (the drug "Allervet"); to reduce inflammatory and pain reactions (the drug "Meloxivet injection solution 1%"); to improve biochemical processes and oxidation-reduction reactions in the body of dogs (the drugs "Tetravit", "Pentovit", Ascorbic acid 5%.

Keywords: dogs, infectious laryngotracheobronchitis, clinical picture, complex treatment.

Введение. Инфекционный ларинготрахеобронхит (синонимы инфекционный трахеобронхит, питомниковый кашель, кашель псарен или собачий кашель) - контагиозное заболевание полиэтиологической природы, вызываемое различными вирусами, бактериями и микоплазмами. Ассоциация возбудителей болезни может быть разнообразной. Однако ведущую роль в развитии этой болезни, по мнению многих авторов (1, 3, 5), играют вирусы: аденовирусы типа 1 и 2, парагриппа, реовирусы, герпес-вирус и др. При поражении дыхательных путей выделяются аденовирусы двух типов. Аденовирус типа 2 можно выделить

и в кишечном эпителии. В этом случае у больных собак наблюдают различные расстройства со стороны желудочно-кишечного тракта (1). Из бактериальных инфекций основное значение в возникновении инфекционного ларинготрахеобронхита имеет Бордетелла бронхисептика (*Bordetella bronchiseptica*), которая может вызывать самостоятельное респираторное заболевание как первичный возбудитель. Эта бактерия прикрепляется к трахеальным и бронхиальным ресничкам, что приводит к поражению клеток и цилиостазу (1,3). Еще одной причиной возникновения инфекционного ларинготрахеобронхита является патогенное воздействие микоплазм. Однако микоплазмы воздействуют патогенно тогда, когда слизистая оболочка дыхательных путей уже повреждена другими микроорганизмами. Микоплазмы являются вторичной инфекцией. Вторичной инфекцией могут быть хламидии, эрлихии, стрептококки, стафилококки, пастереллы (1, 3, 5). Заболевание могут вызывать как отдельные микроорганизмы, так и ассоциация возбудителей.

Цель исследования. Изучить эпизоотологические, клинические данные при инфекционном ларинготрахеобронхите у собак, разработать комплексное лечение заболевания.

Материал и методы исследования. Работу проводили на базе кафедры микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» и на базе питомников собак г. Симферополя. С этой целью обследовали и пролечили 34 собаки, у которых наблюдался кашель, а иногда кашель с отхаркиванием мокроты, принимающийся за рвоту. Диагноз на инфекционный ларинготрахеобронхит ставили на основании анамнеза, клинических симптомов, лабораторного исследования и сведений о прививках. Данные по вакцинации были необходимы, чтобы исключить чуму и аденовироз. Клинически установить тип возбудителя болезни не представлялось возможным. При необходимости для выявления аденовирусов использовали экспресс-тест VetExpert CAV Ag. С этой целью брали секрет из носа и конъюнктивы. Полученный секрет также подвергали бактериологическому исследованию для определения чувствительности микрофлоры к антибиотикам. Гематологическое и биохимическое исследование крови проводили на анализаторах Micro CC - 20Plus и Rayto 1904C, соответственно. Вероятность между средними арифметическими показателями определяли с помощью таблицы Фишера-Стьюдента. Разницу между величинами считали достоверной при $P < 0,05; 0,01; 0,001$.

В дифференциальном диагнозе исключали не инфекционные причины кашля: хроническая сердечная недостаточность, коллапс трахеи, паразитарный или аллергический бронхит, инородное тело ротоглотки, аномалии развития трахеи, пневмония. Для этого проводили УЗИ, рентгенографию органов грудной полости, аускультацию, пальпацию глотки, гортани и трахеи.

Учитывали то, что кашель «сердечный» возникает в ночные часы, после нагрузки, во время радости, перевозбуждения. При сердечном кашле отсут-

ствуется «кашлевой рефлекс».

Результаты исследований. Инфекционный ларинготрахеобронхит выявляли у собак всех пород и любого возраста, но более подвержены заболеванию животные – от 1 года до 6 лет. Болезнь в основном регистрировали в весеннее - летний и летнее - осенний период. Единичные случаи болезни регистрировались круглый год. Вспышка болезни отмечалась после посещения выставок или площадок для дрессировки собак. Симптоматика инфекционного ларинготрахеобронхита в наших исследованиях была разнообразна и зависела от возраста собаки, степени поражения дыхательной системы. Наиболее частое проявление ларинготрахеобронхита – кашель. Он мог быть сухим или влажным, грубым или мягким, удушливым, вплоть до приступов рвоты. Кашель проявлялся во время питья воды или поедания пищи. Кашель можно было вызвать надавливанием пальцами на трахею, сдавливанием гортани ошейником. Он усиливался при изменении температуры или влажности вдыхаемого воздуха. Иногда кашель сопровождался рвотой и выделением мокроты, создавалось впечатление, что собака подавилась. При аускультации прослушивались бронхиальные хрипы. Кашлевой рефлекс, при лечении, сохранялся до 7 дней от начала болезни. Потеря аппетита у больных собак не наблюдалась.

Более тяжелые симптомы болезни проявлялись у собак до 4 лет, у которых не была проведена комплексная вакцинация. Отмечали повышение температуры до 40°C, угнетение, снижение аппетита, серозно-слизистые истечения из носа, кашель, причём влажный. У некоторых собак наблюдали отек в области шеи, набухание подчелюстных и околоушных лимфоузлов, покраснение слизистой глотки и гортани.

Лабораторным исследованием крови собак на ранней стадии ларинготрахеобронхита установили увеличение числа лейкоцитов ($29,1 \pm 0,8$ Г/л). Лейкоциты повысились за счёт лимфоцитов, моноцитов, эозинофилов и нейтрофилов (палочкоядерных и сегментоядерных). Базофилы, миелоциты и юные нейтрофилы оставались в пределах референсных величин. Лимфоциты это клетки иммунной системы, обеспечивающие основные реакции иммунитета. Моноциты отвечают за функции фагоцитоза, пожирают микроорганизмы в момент их внедрения в организм. Они работают в тесной связке с нейтрофилами. Эозинофилы обладают фагоцитарной активностью, задействованы в развитии аллергических реакций (Таблица 2).

При проведении биохимического анализа крови отклонений от референсных величин у больных собак не установили (Таблица 1).

Таблица 1. Биохимические показатели крови собак при инфекционном ларинготрахеобронхите (n=12).

Показатели	Единицы измерения	Референсные величины	Данные исследования
Общий белок	Г/л	50-75	62,3±2,8
Глюкоза	ммоль/л	4,3 – 7,3	5,6±0,9
Мочевина,	ммоль/л	3,5-8,6	6,2±1,2
Креатинин	ммоль/л	26-130	84±4,5
Щелочная фосфатаза	ед/л	18-70	52±4,1
Билирубин общий	мкмоль/л	3,0- 13,5	9,8±0,6
АЛТ	ед./л	4-60	42,3±3,2
АСТ	ед./л	10-75	58,2±3,6
α -амилаза	ед./л	850-1200	1390±16,5

Таблица 2. Динамика изменения гематологических показателей при комплексном лечении собак, больных инфекционным ларинготрахеобронхитом (n=12).

Показатели	Единицы измерения	Референсные величины	Данные исследования	
			До лечения	После лечения (7 сутки)
Эритроциты	Т/л	5,5-8,5	6,2±0,5	6,7±0,4
Гемоглобин	Г/л	120-180	140,4±1,8	146,8±2,0
Гематокрит	%	37 - 54	44,5±0,8	47,8±1,2
Тромбоциты	Г/л	160-430	223,6±2,4	232,6±2,8
Лейкоциты	Г/л	6,0-17,0	29,1±0,8	16,1±0,9***
Базофилы	%	редко	-	-
Эозинофилы	%	1-6	10,3±0,07	5,2±0,09***
Лимфоциты	%	11-29	43,8±0,9	27,6±1,2***
Моноциты	%	2-10	18,9±0,6	8,7±0,4***
Сегментоядерные	%	58-76	90,7±1,9	72,4±1,8**
Палочкоядерные	%	0-2	7,8±0,09	1,6±0,1**
Миелоциты	%	редко	-	-
Юные	%	редко	-	-

Примечание: разница достоверна при – $p<0,05^*$; $p<0,01^{**}$; $p<0,001^{***}$.

Лечение собак, больных инфекционным ларинготрахеобронхитом, проводили комплексно с применением средств, направленных на борьбу с вирусом, на восстановление защитных барьеров слизистых оболочек, на стимуляцию естественной резистентности, на защиту от вторичной инфекции, а так же на восстановления нарушенных физиологических функций организма (заместительная и симптоматическая терапия).

В качестве специфического лечения больным собакам вводили иммуногло-

булин поливалентный «Глобкан» подкожно в дозе 4 мл трёхкратно с интервалом 24 часа. Глобкан содержит фракцию глобулинов, подавляющих вирусы чумы, парво и коронавирусного энтеритов и аденовириозов. Для снятия побочного действия глобулина, в качестве противоаллергического средства применяли препарат «Аллервет раствор для инъекций 1%», подкожно по 1 мл на 5 кг массы собаки два раза в сутки в течение 3 дней. В качестве противовоспалительного, жаропонижающего и обезболивающего средства использовали препарат «Мелоксивет раствор для инъекций 1%» подкожно в первый день в дозе 0,5 мл на 5 кг массы тела, во второй и третий 0,25 мл на 5 кг м. т., один раз в сутки.

Для повышения защитных функций организма применяли препарат «Фанниферон» внутримышечно, в дозе 1 мл на 10 кг массы тела, 1 раз в сутки в течение 4 дней. Фанниферон представляет собой смесь собачьих рекомбинантных альфа - и гамма – интерферонов. Наряду с иммуностимулирующим, обладает и противовирусным действием.

Для борьбы с герпес - вирусом использовали концентрат аминокислот «Лизин для кошек и собак» внутрь в дозе 1000 мг на 10 кг массы тела 2 раза в день в течение 7 дней. Аминокислота L-лизин, входящая в состав практически всех белков, способна подавлять вирусы, особенно, вызывающие герпес и другие острые респираторные инфекции собак.

С целью подавление вторичной бактериальной инфекции и при подозрении на *Bordetella bronchiseptica* – инфекцию использовали препарат «Фармазин – 50» в сочетании с «Бисептолом». Фармазин назначали внутримышечно в дозе 0,1 мл/кг массы тела 1 раз в сутки 5 дней подряд. Действующим веществом препарата является антибиотик из группы макролидов «Тилозин», который подавляет развитие большинства грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов, в том числе на микоплазм, хламидий, спирохет, пастерелл. Бисептол применяли внутрь в дозе 16 мг/кг массы тела 2 раза в день 7 дней, с обязательным назначением кисло-молочных продуктов. Это комбинированный антибактериальный препарат широкого спектра действия, содержит сульфаметоксазол и триметоприм. и воздействует на *Bordetella spp*, *Mycobacterium spp*, *Chlamydia spp*, *Pasteurella spp*. и др. Фармазин сочетается с Бисептолом, что обеспечивает синергидное действие.

Применение антимикробных препаратов угнетает жизнедеятельность кишечной палочки, что приводит к уменьшению синтеза в кишечнике витаминов группы В. В связи с этим, больным собакам назначали витаминный препарат «Пентовит» внутрь по 2-3 таблетки 3 раза в день (после кормления) в течение 2 недель. В состав Пентовита входит: тиамин, пиридоксин, никотинамид, цианокобаламин и фолиевая кислота.

Улучшение биохимических процессов в организме собак достигалось за счёт препарата «Тетравит», содержащий жирорастворимые витамины А, D, E, F. Средство применяли внутримышечно в дозе 0,5 – 1 мл 1 раз в неделю, на протяжении трёх недель. Аскорбиновую кислоту 5%-ную инъецировали внутримы-

шечно по 2,0 мл 1 раза в сутки, 7 дней подряд. Аскорбиновая кислота участвует во многих окислительно-восстановительных реакциях, повышает сопротивляемость организма к инфекциям.

Для снятия спазмов и расширения просвета бронхов и бронхиол использовали средство из группы бета-адреномиметики «Тербуталин» - перорально в дозе – 2,5 – 5 мг на собаку три раза в сутки. Продолжительность применения зависела от течения заболевания.

При сильном и болезненном кашле давали препарат «Коделак Нео» - внутрь по 1 таблетке 2 раза в день в течение 3-5 дней, перед кормлением. Активным компонентом препарата является «Бутамирата цитрат». Он снижает возбудимость кашлевого центра и устраняет раздражение слизистых оболочек дыхательных путей.

Для разжижения и ускорения выведения из трахеи и бронхов воспалительного экссудата применяли отхаркивающие средство «Бронхипрет® ТП» внутрь по 1 таблетке 3 раза в день, до кормления. Действующее вещество препарата – экстракты корней первоцвета и травы тимьяна.

При проявлении ринита ноздри вначале очищали от экссудата и удаляли присохшие к ним корочки 3%-ным раствором перекиси водорода. Обработку носовой полости проводили препаратом «Анандин капли глазные и интраназальные» - по 4 капли в каждый носовой проход 3 раза в день. Анандин стимулирует выработку эндогенного интерферона, повышает функциональную активность Т-лимфоцитов и макрофагов, активизирует продукцию провоспалительных цитокинов, обладает противовоспалительным, противомикробным, противовирусным и ранозаживляющим действием.

В случаях интоксикации организма, нарушении водно-электролитного баланса и кислотно-щелочного равновесия назначали раствор Рингера-Локка внутривенно или подкожно в дозе 20-200 мл на одну собаку. Объем раствора зависел от массы тела и течения болезни. При подкожной инъекции дозу препарата вводили дробно в разные места.

Для поддержания дыхательной и сердечной деятельности использовали «Сульфокамфокаин» подкожно в дозе 1-2 мл на собаку 2-3 раза в сутки. Продолжительность применения зависела от состояния животного.

При использовании такого комплексного лечения, собаки больные инфекционным ларинготрахеобронхитом, полностью выздоравливали и освобождались от возбудителя болезни. Гематологические показатели крови, на 7 сутки от начала лечения, соответствовали референсным величинам (Таблица 2).

Выводы. 1. Инфекционный ларинготрахеобронхит выявляется у собак всех пород и любого возраста, но более подвержены заболеванию животные – от 1 года до 6 лет. Болезнь в основном регистрируется в весеннее - летний и летнее - осенний период.

2. Основной клинический признак инфекционного ларинготрахеобронхита – кашель и повышенная чувствительность трахеи. Кашель может быть сухим

или влажным, грубым или мягким, удушливым, вплоть до приступов рвоты. Кашель можно вызвать «кашлевым рефлексом», надавливанием пальцами на трахею.

4. Комплексное лечение собак, больных инфекционным ларинготрахеобронхитом, с применением средств направленных на борьбу:

- с вирусами и стимуляцию иммунной системы собак (иммуноглобулин поливалентный «Глобкан», биопрепарат «Фанниферон», концентрат аминокислот «Лизин для кошек и собак»);
- на подавление вторичной бактериальной инфекции и при подозрении на *Bordetella bronchiseptica* («Фармазин – 50» в сочетании с «Бисептолом»);
- на снятия спазмов и расширения просвета бронхов и бронхиол (бета-адреномиметик «Тербуталин»);
- на снижения возбудимости кашлевого центра и устранения раздражение слизистых оболочек дыхательных путей (препарат «Коделак Нео»);
- на разжижения и ускорения выведения из трахеи и бронхов воспалительного экссудата (отхаркивающие средство «Бронхипрет® ТП»);
- на заживления слизистой носовой полости (препарат «Анандин капли глазные и интраназальные»);
- на поддержания дыхательной и сердечной деятельности (препарат «Сульфокамфокаин»);
- на устранения аллергической реакции (препарат «Аллервет»);
- на уменьшение воспалительной и болевой реакции (препарат «Мелоксивет раствор для инъекций 1%»);
- на улучшения биохимических процессов и окислительно-восстановительных реакции в организме собак (препараты «Тетравит», «Пентовит», Аскорбиновая кислота 5%-ная), приводит к полному выздоровлению животных и освобождению их организма от возбудителей болезни. Данный комплекс может быть рекомендован для использования практикующими ветеринарными врачами при лечении собак, больных инфекционным ларинготрахеобронхитом.

Список использованных источников

1. Гаскелл Р.М., Беннет М. Справочник по инфекционным болезням собак и кошек. Перевод с англ. - М.: Аквариум ЛТД, 2000 – 224 с.
2. Деева А.В., Ожерелков С.В., Новиков А.Ю. и др. Фоспренил – противовирусный препарат широкого спектра действия // Ветеринар. 1998. № 3. С. 15-21.
3. Захарова Е.Д., Уласов В.И., Сазонкин В.Н., Мухин А.Н. Респи-

References:

1. Gaskell R.M., Bennet M. Spravochnik po infektsionnym bolezniam sobak i koshek. Perevod s angl. - M.: Akvarium LTD, 2000 – 224 s.
2. Deeva A.V., Ozherelkov S.V., Novikov A.YU. i dr. Fosprenil – protivovirusnyj preparat širokogospektradejstva // Veterinar. 1998. № 3. S. 15-21.
3. Zaharova E.D., Ulasov V.I., Sazonkin V.N., Mulin A.N. Respiratornye infekcii u sobak. Mater.

раторные инфекции у собак. Матер. Восьмого международного конгресса по проблемам ветеринарной медицины мелких домашних животных. М., 2000. С. 300-301.

4. Сюрин В.Н., Фомина Н.В. Частная ветеринарная вирусология. М.: Колос, 1979. – 472 с.

5. Тилли Л., Смит Ф. Ветеринария. Болезни кошек и собак: Пер. с англ. – М.: ГЭОТАР – МЕД, 2001. – 784 с.

Vos'mogomezhdunarodnogokongressa poproblemamveterinarnojmedicinymelkihdomashnihzhivotnyh. M., 2000. S. 300-301.

4. Syurin V.N., Fomina N.V. Chastnaya veterinarayavirusologiya. M.: Kolos, 1979. – 472 s.

5. Tilli L., Smit F. Veterinariya. Bolezni koshek i sobak: Per. s angl. – M.: GEOTAR – MED, 2001. -784 s.

Сведения об авторе:

Макаревич Николай Анатольевич – кандидат ветеринарных наук, доцент, кафедры микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: doctor-Makarevich@yandex.ru; 295492, п. Аграрное, Агротехнологическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Information about the author

Makarevich Nikolay Anatolyevich – candidate of veterinary sciences, associate professor, department of microbiology, epizootology and veterinary-sanitary expertise of the Institute of Agrotechnological Academy of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, e-mail: doctor-Makarevich@yandex.ru; 295492, Agrarnoe, Agrotechnological Academy of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky.

УДК [619:615/.618.1]:636.2

**ПРИМЕНЕНИЕ
ФИТОПРОБИОТИЧЕСКИХ
ПРЕПАРАТОВ ПРИ
ЭНДОМЕТРИТЕ С ЦЕЛЮ
РАСКРЫТИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО
ПОТЕНЦИАЛА У КОРОВ**

Кораблева Т.Р., доктор ветеринарных наук, профессор;

Сенчук И.В., кандидат ветеринарных наук, доцент;

Федотовская Н.Ю., обучающаяся 4 курса специальности 36.05.01 Ветеринария, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

**ASSESSMENT OF THE
COMBINED EFFECT OF OZONE
AND THE PROBIOTIC DRUG
«BACELL-M» ON THE CLINICAL
STATUS AND SAFETY OF EGG
CROSS CHICKENS**

Korableva T.R., Doctor of Veterinary Sciences

Senchuk I.V., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor

Fedotovskaya N.Y., students, Institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»;

В работе представлены клинические данные по изучению преспективы использования иммунопробиотического препарата «Ветомгин» и фитобиотика «Эраконд» для лечения послеродового эндометрита у коров. Установлено, что использование методологии цитологической оценки мазков-отпечатков выделяемого содержимого матки позволяет объективно оценить состояние половой системы, а также провести расчет токсического фактора и тканевого индекса. Наибольшую терапевтическую эффективность при данной патологии продемонстрировало сочетанное применение препаратов «Ветомгин» и «Эраконд».

Ключевые слова: эндометрит, коровы, токсический фактор, тканевой индекс, иммунопробиотический препарат «Ветомгин», фитобиотик «Эраконд»

The paper presents clinical data on the study of the prospects of using the immunoprotibiotic drug «Vetomgin» and the phytobiotic «Erakond» for the treatment of postpartum endometritis in cows. It has been established that the use of the methodology of cytological assessment of smears of the secreted contents of the uterus allows an objective assessment of the state of the reproductive system by calculating the toxic factor and the tissue index. The combined use of the drugs «Vetomgin» and «Erakond» demonstrated the greatest therapeutic effectiveness in this pathology.

Keywords: endometritis, cows, toxic factor, tissue index, immunoprotibiotic drug «Vetomgin», phytobiotic «Erakond»

Введение. Эндометриты в животноводческих хозяйствах имеют широкое распространение и наносят существенный экономический ущерб, уменьшая репродуктивные возможности поголовья [1-4]. Так мониторинговые исследования показали, что в Жуковском районе Брянской области по результатам диспансеризации маточного поголовья коров выявлено 145 голов больных акушерско-гинекологическими болезнями различной этиологии (8,06 % от общего числа коров), из которых послеродовые эндометриты занимают 52,8% [5]. В некоторых хозяйствах острая форма эндометрита отмечалась у 16,4 % из числа отелившихся коров [6]. А данные отдельных исследователей по конкретным животноводческим предприятиям демонстрируют существенный рост данной патологии: процент заболеваемости острым катаральным эндометритом составил 52% от остальных незаразных патологий [7].

В Республике Беларусь послеродовые эндометриты занимают ведущее место среди акушерско-гинекологической патологии (18,5-38,1% от числа отелившихся коров) [8].

Послеродовой катарально-гнойный эндометрит у коров протекает с глубоким поражением слизистой оболочки матки в виде дистрофических, некробиотических и некротических изменений [9].

Основной причиной послеродовых эндометритов коров, является условно-патогенная микрофлора (стрептококки и стафилококки) и бактерии группы кишечной палочки [10]. При хроническом эндометрите экссудат загрязнен энтеробактериями в 66,6% случаев, бифидо- и лактобактериями соответственно 33,3 и 50%. Из маточного содержимого изолируются *S. aureus* в 33,3%, *E. coli* – 33,3%, *Ent. faecium* – 33,3%, микроскопические дрожжеподобные грибы – 33,3% [11]. По данным В.П. Иванюка и Г.Н. Бобковой наиболее частыми возбудителями послеродовых эндометритов у коров являются представители патогенной и условно-патогенной микрофлоры с преобладанием *E. coli* (32,2 %) [5].

Использование цитологического метода исследования у коров при субклиническом течении эндометрита позволило установить наличие в мазках цервикально-вагинальной слизи значительного количества нейтрофилов и гнойных телец, при этом соматические клетки матки и влагалища находятся в стадии лизиса [12].

Большим потенциалом для лечения эндометритов обладают пробиотические препараты, оказывающие терапевтическое воздействие в том числе и за счет нормализации микробиоценозов генитального тракта коров. Они также могут применяться при наличии антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов [13-15]. Также оправдано использование пробиотиков и с профилактической целью [16].

При лечении острого послеродового эндометрита терапевтическая эффективность достигала 80% при введении коровам внутриматочно пробиотического препарата Фометрин. Оплодотворяемость у этих животных после 1-го осеменения оказалась больше на 31,3%, а индекс осеменения и сервис-период меньше на 0,5 и на 29,6 дня, соответственно, чем в контрольной группе [17].

Получена высокая эффективность применения пробиотика бактоцеллолактин при терапии острого катарального эндометрита у коров, достигающая до 100% [18].

Использование пробиотических препаратов Бацинил и Лактимет совместно с аспарагиновой аминокислотой повышает эффективность лечения послеродового эндометрита у коров [19].

Определенный интерес для исследователей представляет изучение возможностей по лечению эндометрита при помощи биологически активных веществ из растительных компонентов [5] или фитобиотиков на их основе [20].

Все вышеизложенное подтверждает актуальность наших научных разработок для врачей ветеринарной медицины, работающих в сфере животноводства.

Целью нашей работы было изучение методов цитологической диагностики и клиническая апробация фитопробиотических препаратов при эндометрите с целью раскрытия генетического потенциала у коров.

Материал и методы исследований. Данная работа выполнялась на базе лаборатории кафедры микробиологии, эпизоотологии и ВСЭ факультета ветеринарной медицины и Учебного научно-технологического животноводческого центра Института «Агротехнологическая академия» (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского».

При работе с животными руководствовались правилами асептики и биозащиты. Эксперименты проводились в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 755).

При наружном исследовании животных устанавливали состояние вульвы, наличие или отсутствие выделений из половых органов, их цвет, запах и консистенцию. Для получения мазка образец маточно-влагалищных выделений помещался на предметное стекло, смешивался стеклянной палочкой с несколькими каплями физиологического раствора. Сгусток отмывали от включений и примесей, а из жидкой части брали каплю смыва для приготовления мазка. Мазок высушивали, фиксировали и окрашивали по методу Романовского-Гимза. Приготовленный мазок изучали с помощью микроскопа. Проводился подсчет в каждом мазке 100 клеток (клетки влагалища, лимфоциты, нейтрофилы, гнойные тельца, после чего определяли два показателя: тканевой индекс (ТИ) и токсический фактор (ТФ), которые характеризуют состояние половых органов. Тканевой индекс – это частное от деления числа соматических клеток (эпителиальных, покровных, секреторных) на число клеток белой крови. Токсический фактор – это число от деления процента гнойных телец на суммарный процент остальных клеток в мазке. Приготовление мазков маточно-влагалищных выделений осуществлялась до применения лечебных препаратов, а также на 6 и 10 сутки после применения этих препаратов для лечения животных.

Сертифицированный иммунопробиотический препарат «Ветомгин» производится в виде свечей, герметично упакованных в индивидуальные контейнеры (производитель: «Исследовательский центр», г. Новосибирск, РФ).

одном грамме препарата содержится не менее 1016 КОЕ (колониеобразующих единиц) живых спор бактерий:

- *Bacillus subtilis* штамм В-10641;
- *Bacillus subtilis* штамм В-10642;
- *Bacillus licheniformis* штамм В-10643;

Фитобиотик «Эраконд» представляет собой растительный конденсированный экстракт люцерны посевной (*Medicago sativa*), который получают из наземной части растения методом гидротермобарометрического экстрагирования. Экстракт содержит поливитаминный комплекс (А, Д, В1, В5, В6, В9, В12, С, Е, К, Н, РР), макро- и микроэлементы (Са, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu, К, Si, Na, F), аминокислоты, в том числе 8 незаменимых аминокислот, белки и протеиновые ферменты, расщепляющие и способствующие их усвоению, хлорофилл, изофлавоноиды (генистен, дайдзеин), стеролы, октаконазол, аспарагин, лецитин, кумарины, куместрол, алкалоиды, эстрогены, сапонины, антоцианины, карбогидраты, иммуномодулирующие полисахариды и моносахариды, гуминовые вещества, углеводы, урсоловые и многочисленные органические кислоты.

Для терапии послеродового эндометрита у коров применили препарат «Ветомгин», содержащий исследуемый на антагонистическую активность сертифицированные штаммы *B. subtilis*. Ранее нашими исследованиями была доказана их антагонистическая активность по отношению к основным, выделенным от больных послеродовым эндометритом коров, бактериям («Антагонистическая активность пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* по отношению к возбудителям эндометрита у коров»). XX международная (заочная) научно-практическая конференция «Аграрная наука - сельскому хозяйству», г. Барнаул, февраль 2025 г.)

Объектом исследования являлись пятнадцать коров, больных послеродовым эндометритом, которые были разделены на три подопытные группы (по 5 голов в каждой). Животным первой и второй подопытных групп внутриматочно вводили по две свечи препарата «Ветомгин» с интервалом 4 часа, через 24 часа процедуру лечения повторяли. Коровам первой подопытной группы дополнительно на 1 и 7 сутки от начала лечения внутримышечно вводили 4 % раствор препарата «Эраконд» в дозе 20 мл на физиологическом растворе. Коровам третьей подопытной группы на 1 и 7 сутки с начала применения лечебных препаратов внутримышечно в дозе по 20 мл вводили только 4 % раствор препарата «Эраконд» на физиологическом растворе. За животными вели наблюдение в течение 15 суток с начала их лечения. Отбор образцов биологических образцов (секрета, крови) осуществляли до применения препаратов, на 6 и 10 сутки с начала применения препаратов.

Полученный цифровой материал подвергнут статистическому анализу.

Результаты исследований и их обсуждение. На протяжении эксперимента у коров всех групп достоверных различий между показателями общего и биохимическими анализа крови установлено не было. Концентрация мочевины колебалась в пределах от 5,86 до 6,11 ммоль/л, уровень общего белка сыво-

ротки крови – от 56,8 до 57,22 г/л, активность АлАТ – от 0,74 до 0,88 ммоль/(ч×л), активность АсАТ – от 1,10 до 1,25 ммоль/(ч×л).

С целью объективной оценки состояния животных при эндометрите проводили цитологическое исследование выделяемого секрета. Для воспалительного процесса на поверхности слизистых оболочек репродуктивных органов характерна гиперемия, экссудация белых кровяных телец и десквамация покровного эпителия.

Цитологические исследования показали, что препарат «Ветомгин» оказывает влияние на состав клеток влагалищной слизи у коров и, особенно значимо, оно проявляется в случае сочетанного применения пробиотического препарата с препаратом «Эраконд». До лечения животных в их влагалищной слизи преобладали нейтрофилы, в том числе разрушенные нейтрофилы (гнойные тельца). Так, в первой подопытной группе коров на 10 сутки после применения препарата «Ветомгин» в сочетании с препаратом «Эраконд» количество парабазальных эпителиальных клеток с нормальным ядром составляло от 28,0 до 37,0 % от общего числа эпителиальных клеток, базальных клеток с ядром в состоянии лизиса в мазках не установлено. У животных третьей группы в эти же сроки исследований регистрируются парабазальные клетки с ядром в состоянии лизиса от 12 до 23 % от общего числа эпителиальных клеток. При возникновении послеродового эндометрита к соматическим клеткам (эпителиальным) прибавляются нейтрофилы и если местный иммунитет не подавлен, то нейтрофилы окружают отторгнутые «гибнущие» соматические клетки, образуя «клеточные розетки» рисунок 1.

По мере накопления токсинов микроорганизмов и токсинов от распадающихся тканей эндометрия нейтрофилы гибнут, превращаясь в гнойные тельца рисунок 2.

При выздоровлении в выделяемой слизи у коров устанавливали наличие только эпителиальных клеток

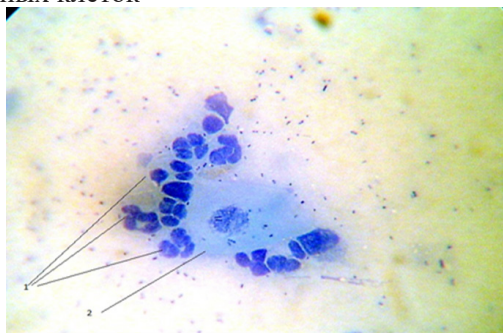


Рисунок 1. Мазок влагалищной слизи коровы первой подопытной группы на 6 сутки после применения препаратов

1 – сегментоядерные нейтрофилы, 2 – эпителиальная клетка. Окраска по Романовскому-Гимза. Ув. 10 x 90

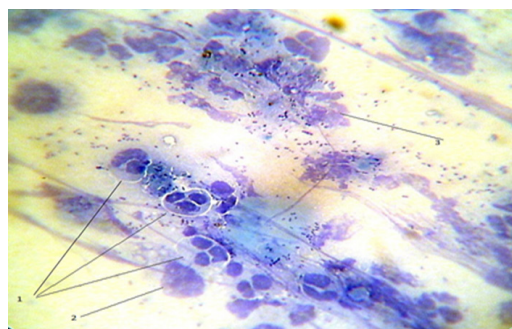


Рисунок 2. Мазок влагалищной слизи коровы третьей подопытной группы на 6 сутки после начала наблюдений

1 – сегментоядерные нейтрофилы, 2 – эпителиальная клетка. 3 – гнойные тельца. Окраска по Романовскому-Гимза. Ув. 10 х 90.

Таблица 1. Показатели тканевого индекса и токсического фактора по результатам цитологических исследований вагинальной слизи у коров (M±m)

Препараты	Тканевой индекс (ТИ)	Токсический фактор (ТФ)
до применения препаратов		
Ветомгин+Эраконд	0,96±0,31	0,49±0,08
Ветомгин	1,23±0,48	0,40±0,14
Эраконд	1,14±0,27	0,44±0,15
на 6 сутки после применения препаратов		
Ветомгин+Эраконд	9,56 ± 3,49	0,34±0,03
Ветомгин	9,66±4,67	0,17±0,02
Эраконд	1,08±0,17	0,47±0,18
на 10 сутки после применения препаратов		
Ветомгин+Эраконд	19,9±3,79	0,24±0,12
Ветомгин	15,1±2,17	0,18±0,13
Эраконд	1,56±0,24	0,42±0,13

На 10 сутки после начала лечения у коров, для которых использовали схему сочетанного применения препаратов «Ветомгин» и «Эраконд» тканевой индекс увеличился в 20,75 раз. При этом у животных, которых лечили только препаратом «Ветомгин» этот показатель увеличился, но несколько менее выражено – в 12,26 раза. Аналогичные достоверные различия установлены для показателей, отражающих величину действия токсического фактора: у коров, которым для лечения применили схему комплексного использования препаратов величина ТФ на 10-е сутки снизилась в 12 раз, а у животных, которых лечили только препаратом «Ветомгин» – более чем в два раза. На основании полученных результатов исследований можно сделать заключение, что цитологический состав влагалищной слизи у животных, которым применили с лечебно-профилактической целью пробиотический препарат «Ветомгин» в сочетании с препаратом «Эраконд», отражает полную нормализацию морфологического состава кле-

ток репродуктивных органов у коров. Это дает возможность провести успешное осеменение и получить в последствии здорового теленка.

Применение фитобиотика «Эраконд» не оказало существенного влияния на изучаемые показатели на протяжении всего эксперимента

Оценка эффективности предложенной комплексной схемы лечения коров осуществлялась путем учета количества выздоровевших животных. Так клиническое выздоровление в первой подопытной группе достигло 80 %, во второй – 60%, в третьей – 0%.

Таким образом можно сделать заключение, что максимальную терапевтическую эффективность при послеродовом эндометрите оказывает сочетанное применения препаратов «Ветомгин» и «Эраконд». Возможность функционального восстановления эндометрия матки является одним из основных факторов успешного оплодотворения животного, что является неотъемлемой частью возможности реализации генетического потенциала теленка в зависимости от его породы и направления продуктивности. Наши научные изыскания в этом направлении будут продолжены.

Выводы

1. Использование цитологического исследования мазков-отпечатков выделяемого секрета при послеродовом эндометрите коров повышает точность диагностики и позволяет объективно оценить состояние матки у животных.

2. С целью оценки состояния матки у коров следует проводить оценку тканевого индекса и токсического фактора.

3. Максимальную терапевтическую эффективность при послеродовом эндометрите оказывает сочетанное применения иммунопробиотического препарата «Ветомгин» и фитобиотика «Эраконд».

Список использованных источников:

1. Коба И.С., Решетка М.Б., Дубовикова М.С. Распространение острых и хронических эндометритов у коров в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края / И.С. Коба, М.Б. Решетка, М.С. Дубовикова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 (136). – С. 103–106.

2. Новикова Е.Н. Распространение и этиология акушерско-гинекологической патологии на молочнотоварных комплексах Краснодарского края/ Е.Н. Новикова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. –

References:

1. Koba I.S., Lattice M.B., Dubovikova M.S. The spread of acute and chronic endometritis in cows in agricultural organizations of the Krasnodar Territory / I.S. Koba, M.B. Lattice, M.S. Dubovikova // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2016. – № 2 (136). – P. 103–106.

2. Novikova E.N. The spread and etiology of obstetric and gynecological pathology in dairy complexes of the Krasnodar Territory/ E.N. Novikova // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2020. – № 1. – P. 55–58.

2020. – № 1. – С. 55–58.

3. Ремизова Е.В. Распространение и этиология маститов и эндометритов у коров/ Е.В. Ремизова // Эффективное животноводство. – 2021. – №8 (174). – С. 96–98. doi:10.24412/cl-33489-2021-8-96-98

4. Саражакова И.М., Лобадин В.Е. Анализ эффективности лечения острого послеродового эндометрита у коров/ И.М. Саражакова, В.Е. Лобадин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2022. – № 11. – С.138–143.

5. Иванюк В.П., Бобкова Г.Н. Этиопатогенез послеродовых эндометритов у коров/ В.П. Иванюк, Г.Н. Бобкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – №2 (94). – С. 191–195.

6. Лобадин В.Е., Саражакова И.М. Опыт лечения послеродового эндометрита у коров/ В.Е. Лобадин, И.М. Саражакова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2024. – №3 (204). – С. 164–169. doi:10.36718/1819-4036-2024-3-164-169

7. Наумова О.В. Эндометрит у коров. Диагностика и лечение / О.В. Наумова// Аграрная наука на Севере – сельскому хозяйству. – 2024. – № 1. – С. 411–414. doi:10.24412/cl-37231-2024-1-411-414

8. Соловьев А.В., Петров В.В. Фармакологические аспекты лечения коров, больных эндометритами/ А.В. Соловьев, В.В. Петров // Farm Animals. – 2013. – №2 (3). – С 81–84.

9. Устарханов П.Д., Халипаев М.Г., Азизов И.М. Патоморфологические изменения при эндометритах у коров/ П.Д. Устарханов, М.Г. Халипаев, И.М.

3. Remizova E.V. The spread and etiology of mastitis and endometritis in cows/ E.V. Remizova // Efficient animal husbandry. – 2021. – №8 (174). – P. 96–98. doi:10.24412/cl-33489-2021-8-96-98

4. Sarazhakova I.M., Lobadin V.E. Analysis of the effectiveness of treatment of acute postpartum endometritis in cows / I.M. Sarazhakova, V.E. Lobadin // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2022. – № 11. – P.138–143.

5. Ivanyuk V.P., Bobkova G.N. Etiopathogenesis of postpartum endometritis in cows/ V.P. Ivanyuk, G.N. Bobkova // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. – 2022. – №2 (94). – P. 191–195.

6. Lobadin V.E., Sarazhakova I.M. Experience in the treatment of postpartum endometritis in cows / V.E. Lobadin, I.M. Sarazhakova//Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2024. – №3 (204). – P. 164–169. doi:10.36718/1819-4036-2024-3-164-169

7. Naumova O.V. Endometritis in cows. Diagnosis and treatment / O.V. Naumova// Agricultural science in the North – agriculture. – 2024. – №. 1. – P. 411–414. doi:10.24412/cl-37231-2024-1-411-414

8. Solovyov A.V., Petrov V.V. Pharmacological aspects of treatment of cows with endometritis/ A.V. Solovyov, V.V. Petrov // Farm Animals. – 2013. – №2 (3). – P. 81–84.

9. Ustarkhanov P.D., Khalipaeв M.G., Azizov I.M. Pathomorphological changes in endometritis in cows/ P.D. Ustarkhanov, M.G. Khalipaeв, I.M. Azizov // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. – 2014. – №1.

- Азизов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета – 2014. – №1. – С. 76–79.
10. Юсупов С.Р., Дарменова А.Г. Изучение этиологических факторов послеродовых эндометритов коров / С.Р. Юсупов, А.Г. Дарменова // Ветеринарный врач. – 2017. – №5. – С. 10–14.
11. Бондарев И.В., Михалев В.И., Манжурина О.А. Микробиоценоз матки коров при хронических заболеваниях функционального воспалительного характера / И.В. Бондарев, В.И. Михалев, О.А. Манжурина // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2020. – № 3. – С. 133–137.
12. Хуранов А.М., Пилов А.Х., Кадыков Р.Т. Цитологическая диагностика скрытого эндометрита у коров / А.М. Хуранов, А.Х. Пилов, Р.Т. Кадыков // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. – 2018. – №3 (21). – С. 28–30.
13. Управление микроэкологией организма продуктивных животных – альтернативный метод оздоровления и обеспечения продовольственной безопасности / А.А. Арбузова, И.В. Гордеева, А.А. Кузьминых [и др.]. // Ветеринарная патология. – 2007. – №2 (21). – С. 88–91.
14. Эффективность применения биологических препаратов (пробиотики и бактериофаги) при лечении коров с острым течением эндометрита / Г.И. Григорьева, И.В. Гордеева, М.А. Кульчицкая [и др.]. // Ветеринарная патология. – 2006. – №1 (16). – С. 52–56.
15. Татарина С.С., Неустроев М.П., Тарабукина Н.П. Эффективность применения препарата-пробиотика «Са- – Р. 76–79.
10. Yusupov S.R., Darmenova A.G. Study of etiological factors of postpartum endometritis in cows / S.R. Yusupov, A.G. Darmenova // Veterinarian. – 2017. – № 5. – №. 10–14.
11. Bondarev I.V., Mikhalev V.I., Manzhurina O.A. Microbiocenosis of the uterus of cows in chronic diseases of a functional inflammatory nature / I.V. Bondarev, V.I. Mikhalev, O.A. Manzhurina // Veterinary Pharmacological Bulletin, – 2020. – №. 3. – P. 133–137.
12. Khuranov A.M., Pilov A.H., Kadykoev R.T. Cytological diagnostics of latent endometritis in cows/ A.M. Khuranov, A.H. Pilov, R.T. Kadykoev // Izvestiya Kabardino-Balkarian V. M. Kokov State Agrarian University. – 2018. – №3 (21). – P. 28–30.
13. Microecology management of the organism of productive animals is an alternative method of improving health and ensuring food security/ A.A. Arbuzova, I.V. Gordeeva, A.A. Kuzminykh [et al.] // Veterinary pathology. – 2007. – №2 (21). – P. 88–91.
14. The effectiveness of the use of biological drugs (probiotics and bacteriophages) in the treatment of cows with acute endometritis / G.I. Grigorieva, I.V. Gordeeva, M.A. Kulchitskaya [et al.] // Veterinary pathology. – 2006. – №1 (16). – P. 52–56.
15. Tatarinova S.S., Neustroev M.P., Tarabukina N.P. Efficacy of the probiotic drug "Sahabactisubtil" in the treatment of postpartum endometritis in cows/ S.S. Tatarinova, M.P. Neustroev, N.P. Tarabukina // Current issues of veterinary biology. – 2014. – №3 (23). – P. 65–71.
16. Novikova E.N., Koba I.S.

хабактисубтил» при лечении послеродовых эндометритов у коров/ С.С. Татарина, М.П. Неустроев, Н.П. Тарабукина // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2014. – №3 (23). – С. 65–71.

16. Новикова Е.Н., Коба И.С. Новый пробиотический препарат «Гипролам» для профилактики послеродового эндометрита/ Е.Н. Новикова, И.С. Коба // Вестник АПК Ставрополя. – 2013. – № 2 (10). – С. 219–221.

17. Применение пробиотического препарата Фометрин при лечении острого эндометрита у коров/ Н.Ю. Беляева, Ю.А. Чекунова, А.И. Ашенбреннер [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – №4 (24). – С. 21–23.

18. Закирова С.В., Паньков Е.В., Ивановский А.А. Влияние бactoцеллолактина на бактериальную и цитологическую картину половых органов коров/ С.В. Закирова, Е.В. Паньков, А.А. Ивановский // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – №9. – С. 28–29.

19. Красочко П.А., Снитко Т.В. Комплексное использование пробиотических препаратов с аспарагиновой аминокислотой для лечения коров с послеродовым эндометритом/ П.А. Красочко, Т.В. Снитко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2012. – №15 (2). – С. 338–343.

20. Селунская Л.С. Фармакологическое обоснование применения эраконда при ряде акушерско-гинекологических заболеваний у коров: автореферат дис. ... кандидата ветеринарных наук: 16.00.04. – Троицк, 1996. – 24 с.: ил.

New probiotic drug «Giprolam» for the prevention of postpartum endometritis / E.N. Novikova, I.S. Koba // Bulletin of the Agroindustrial Complex of Stavropol. – 2013. – № 2 (10). – P. 219–221.

17. The use of the probiotic drug Fometrin in the treatment of acute endometritis in cows/ N.Y. Belyaeva, Yu.A. Chekunkova, A.I. Ashenbrenner [et al.] // Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. – 2017. – №4 (24). – P. 21–23.

18. Zakirova S.V., Pankov E.V., Ivanovsky A.A. The effect of bactoцеллоlactin on the bacterial and cytological picture of the genital organs of cows/ S.V. Zakirova, E.V. Pankov, A.A. Ivanovsky // Achievements of science and technology of the Agroindustrial Complex. – 2007. – № 9. – P. 28–29.

19. Krasochko P.A., Snitko T.V. Complex use of probiotic preparations with aspartic amino acid for the treatment of cows with postpartum endometritis/ P.A. Krasochko, T.V. Snitko // Actual problems of intensive development of animal husbandry. – 2012. – №15 (2). – P. 338–343.

20. Selunskaya L.S. Pharmacological justification of the use of eraconda in a number of obstetric and gynecological diseases in cows: abstract of the dissertation of the Candidate of Veterinary Sciences: 16.00.04. Troitsk, 1996. – 24 p.

Сведения об авторах:

Кorableва Татьяна Рафаиловна – доктор ветеринарных наук, заведующий кафедрой микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского» e-mail: astemenkolp@gmail.com 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Агротехнологическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Сенчук Иван Викторович – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры внутренней патологии животных Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского» e-mail: ivansenchuk_1981@mail.ru, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Федотовская Наталья Юрьевна, обучающаяся 4 курса факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия», 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Information about the authors:

Korableva Tatiana Rafailovna – doctor of veterinary sciences, Head of the Department of Microbiology, Epizootology and Veterinary and Sanitary Examination of Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» e-mail: astemenkolp@gmail.com, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Sinchuk Ivan Viktorovich – candidate of veterinary sciences, associate professor of the Department of internal pathology of animals of Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» e-mail: ivansenchuk_1981@mail.ru, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Fedotovskaya Natalya Yrievna, students, of Institute «Agrotechnological Academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University».

Рефераты статей, опубликованных в теоретическом и научно-практическом журнале «Известия сельскохозяйственной науки Тавриды». № 41 (204), 2024 г.**АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

УДК 633.15:572.22:633.15

Зеленский Г.Л., Назаренко Л. В.

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА

Целью исследований было установить особенности формирования уровней урожая семян озимой пшеницы, адаптивных параметров каждого сорта и провести моделирование теоретических уровней урожайности семян при выращивании в условиях Краснодарского края. Методы. Полевые эксперименты с сортами озимой пшеницы проведены в 2022-2024 гг. на опытных делянках учебного хозяйства «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина. Математическую обработку проводили согласно методики опытного дела в агрономии. Результаты. Сорта озимой пшеницы интенсивного типа (Протон, Калым, Васса, Этнос) продемонстрировали увеличение уровней теоретической урожайности до 53-56 ц/га при посевных нормах в диапазоне от 3 до 4 млн шт./га, что связано с особенностями строения их листового аппарата и генетически обусловленной способностью к максимальному продуктивному кущению на фоне разреженных посевов. Это свидетельствует о необходимости сокращения норм высева новых сортов озимой пшеницы интенсивного типа, что позволяет уменьшить расход сортовых семян, дает возможность растениям в полной мере раскрыть свой генетический потенциал, снизить межвидовую конкуренцию, обеспечить формирования высоких, качественных и экономически выгодных урожаев. Сорт Калым при норме высева 3,7-4,0 млн шт./га достиг максимального теоретического потенциала урожайности – 73-75 ц/га. Схожие показатели и тенденцию роста показало и Васса, обеспечивая прогнозируемый уровень урожайности свыше 70 ц/га при норме высева от 3,7 до 4,2 млн шт./га. Близкие показатели (49-50 ц/га) при норме высева 3,5-4,5 млн шт./га можно получить при выращивании сорта Юка. Максимальный теоретический потенциал продуктивности – 73-75 ц/га зафиксирован у сорта Калым при норме высева 3,7-4,0 млн шт./га. Также близкие показатели и направление полиномиального тренда были у сорта Васса, который обеспечивает прогнозируемый уровень урожайности более 70 ц/га при норме высева от 3,7 до 4,2 млн шт./га. Выводы. Установлены значительные отличия уровней семенной продуктивности озимой пшеницы в зависимости от сортового состава и нормы высева. Сорт озимой пшеницы Калым сформировал максимальную урожайность семян (72,4 ц/га) при норме высева 4 млн шт./га. При использовании нормы высева 7 млн шт./га на сорте Краснодарская 99 она снизилась в 1,6 раза – до 44,4 ц/га. Сортовой состав имел наивысшую долю участия в формировании урожая, которая составляла 34,9%. Также высокий удельный вес имели погодные условия в годы исследований (31,7%) и норма высева (19,2%). Корреляционно-регрессионный анализ позволил определить оптимальный диапазон продуктивности для сортов интенсивного типа (Протон, Калым, Васса, Этнос), который изменяется в диапазоне от 3 до 4 млн шт./га. Максимальный теоретический потенциал продуктивности (73-75 ц/га) по сравнению с другими сортами показал сорт Калым при норме высева 3,7-4,0 млн шт./га. Анализ адаптивности исследуемых сортов позволил установить, что наивысшей стрессоустойчивостью обладают сорта Калым и Протон. Генетическая гибкость увеличилась до 61,1-64,0 у сортов Этнос и Васса, что превышало минимальное значение данного показателя у сортов Юка и Краснодарская 99 на 27,6-34,2%. Минимальное значение гомеостатичности (10,8) была у сорта Протон. Максимальной селекционной ценностью обладали сорта Гром и Васса – 40,2 и 49,2, соответственно.

Zelensky G.L., Nazarenko L.V.

SEED PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY OF WINTER WHEAT VARIETIES DEPENDING ON THE SEEDING RATE

The purpose of the study. The purpose of the study was to establish the features of the formation of winter wheat seed yield levels, adaptive parameters of each variety and to model theoretical seed yield levels when grown in the conditions of the Krasnodar Territory. Methods. Field experiments with winter wheat varieties carried out in 2022-2024 on experimental plots of the Kuban educational farm of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin. Mathematical processing carried out according to the methodology of experimental work in agronomy. Results. Intensive winter wheat varieties (Proton, Kalym, Vassa, Ethnos) demonstrated an increase in theoretical yield levels to 53-56 c/ha with seeding rates in the range of 3 to 4 million pcs/ha, which is due to the structural features of their leaf apparatus and genetically determined ability to maximum productive tillering against the background of sparse crops. This indicates the need to reduce seeding rates for new intensive winter wheat varieties, which reduces the consumption of varietal seeds, enables plants to fully reveal their genetic potential, reduces interspecific competition, and ensures the formation of high, high-quality and economically profitable yields. The Kalym variety, with a seeding rate of 3.7-4.0 million pcs/ha, reached the maximum theoretical yield potential of 73-75 c/ha. Similar indicators and growth trends were also shown by Vassa, providing a predicted yield level of over 70 c/ha with a seeding rate of 3.7 to 4.2 million units/ha. Similar indicators (49-50 c/ha) with a seeding rate of 3.5-4.5 million units/ha can be obtained when growing the Yuka variety. The maximum theoretical productivity potential of 73-75 c/ha was recorded for the Kalym variety with a seeding rate of 3.7-4.0 million units/ha. Also, similar indicators and the direction of the polynomial trend were for the Vassa variety, which provides a predicted yield level of over 70 c/ha with a seeding rate of 3.7 to 4.2 million units/ha. Conclusions. Significant differences in the levels of seed productivity of winter wheat depending on the varietal composition and seeding rate were established. The winter wheat variety Kalym formed the maximum seed yield (72.4 c/ha) at a seeding rate of 4 million pcs/ha. When using a seeding rate of 7 million pcs/ha on the Krasnodarskaya 99 variety, it decreased by 1.6 times - to 44.4 c/ha. The varietal composition had the highest share of participation in the formation of the yield, which was 34.9%. In addition, the weather conditions during the research years (31.7%) and the seeding rate (19.2%) had a high specific weight. Correlation and regression analysis made it possible to determine the optimal range of productivity for intensive varieties (Proton, Kalym, Vassa, Ethnos), which varies in the range from three to four million pcs/ha. The maximum theoretical potential of productivity (73-75 c/ha) compared to other varieties was shown by the Kalym variety at a seeding rate of 3.7-4.0 million pcs/ha. The analysis of the adaptability of the studied varieties allowed us to establish that the Kalym and Proton varieties have the highest stress resistance. Genetic flexibility increased to 61.1-64.0 in the Ethnos and Vassa varieties, which exceeded the minimum value of this indicator in the Yuka and Krasnodarskaya 99 varieties by 27.6-34.2%. The minimum homeostaticity value (10.8) was in the Proton variety. The Grom and Vassa varieties had the maximum selection value - 40.2 and 49.2, respectively.

УДК 633.15:572.22:633.15

Шеуджен А.Х., Марченко Д.К.

РОСТ, РАЗВИТИЕ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОДКОРМОК КОМПЛЕКСНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Установить динамику роста, развития и фотосинтетическая деятельность посевов кукурузы в зависимости от влияния вариантов подкормок комплексными удобрениями при выращивании

в условиях Центральной зоны Краснодарского края. Полевые опыты и лабораторные исследования проведены в 2021 – 2023 гг. в учебном хозяйстве «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина. Высевали гибрид кукурузы Краснодарский 291 АМВ. Площадь учётных делянок – 37 м², повторность четырехкратная, предшественник – озимый ячмень. Математическую обработку проводили согласно методики опытного дела в агрономии. По исследуемым элементам формирования продуктивности кукурузы установлено, что эффективность водорастворимых удобрений, которые применялись в подкормки, была существенно выше в благоприятных метеорологических условиях (2023 г.), а в годы с дефицитом осадков и высоким температурным режимом их эффективность снижается (2021 г.). Площадь листовой поверхности была наибольшей во влажном 2023 г. Значительная разница в площади листовой поверхности отмечалась между разными удобрениями и годами. Так, существенное отличие в 1,4 раза зафиксировано между максимальным (2023 г., удобрение Комби плюс) и минимальным (2021 г., одновременное внесение удобрений Грейн и Аминоплант) показателями площади ассимиляционной поверхности кукурузы, которые составляли 33,1 и 23,3 тыс. м²/га, соответственно. Фотосинтетический потенциал существенно увеличивался в годы с повышенным количеством осадков и сниженным температурным режимом, особенно на вариантах полевого опыта, где применяли удобрения Микроплант, Комби Плюс и др. Напротив, значительное уменьшение этого показателя в засушливые годы на контрольном варианте. Количество растений кукурузы на единицу площади также зависело от погодных условий в отдельные годы проведения экспериментов и вариантов применения удобрений, особенно на варианте с удобрением Макромикс, где оно увеличилось на 30%. Влияние удобрений на высоту растений наблюдалось в первую половину вегетации, с максимумом в 2021 г. при использовании удобрения Макромикс. В фазу цветения в благоприятных по погодным условиям 2023 г. зафиксирована наибольшая высота растений кукурузы – 217 см. Наивысший фотосинтетический потенциал на уровне 1,46 млн м²/га × дней зафиксирован при применении удобрения Микроплант. Максимальная чистая продуктивность фотосинтеза (6,0-6,28 г/м² × дней) была достигнута при комплексном применении водорастворимых удобрений Макромикс + Микроплант, а также отдельными удобрениями Комби Плюс и Микроплант. Минимальная чистая продуктивность фотосинтеза (4,99 г/м² × дней) получена на контрольном варианте.

Sheudzhen A.H., Marchenko D.K.

GROWTH, DEVELOPMENT AND PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF CORN CROPS DEPENDING ON COMPLEX FERTILIZER SUPPLEMENTATION DURING CULTIVATION IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL ZONE OF KRASNODAR REGION

To establish the dynamics of growth, development and photosynthetic activity of corn crops depending on the influence of options for fertilizing with complex fertilizers when grown in the conditions of the Central zone of the Krasnodar Territory. Field experiments and laboratory studies were carried out in 2021 - 2023 at the Kuban educational farm of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin. The corn hybrid Krasnodar 291 AMV was sown. The area of the plots was 37 m², fourfold repetition, the predecessor was winter barley. Mathematical processing was carried out according to the methodology of experimental work in agronomy. Based on the studied elements of corn productivity formation, it was found that the efficiency of water-soluble fertilizers used for top dressing was significantly higher in favorable meteorological conditions (2023), and their efficiency decreased in years with a rainfall deficit and high temperature conditions (2021). The leaf surface area was largest in the wet year of 2023. A significant difference in the leaf surface area was noted between different fertilizers and years. Thus, a significant difference of 1.4 times was recorded between the maximum (2023, Combi Plus fertilizer) and minimum (2021, simultaneous application of Grain and

Aminoplant fertilizers) indicators of the assimilation surface area of corn, which amounted to 33.1 and 23.3 thousand m^2/ha , respectively. Photosynthetic potential increased significantly in years with increased precipitation and reduced temperature conditions, especially in the field experiment variants where Microplant, Combi Plus, etc. fertilizers were used. On the contrary, this indicator significantly decreased in dry years in the control variant. The number of corn plants per unit area also depended on weather conditions in individual years of the experiments and fertilizer application variants, especially in the variant with Macromix fertilizer, where it increased by 30%. The effect of fertilizers on plant height was observed in the first half of the growing season, with a maximum in 2021 when using Macromix fertilizer. During the flowering phase in favorable weather conditions in 2023, the highest height of corn plants was recorded - 217 cm. The highest photosynthetic potential at the level of 1.46 million $\text{m}^2/\text{ha} \times \text{days}$ was recorded when using Microplant fertilizer. The maximum net productivity of photosynthesis ($6.0\text{--}6.28 \text{ g/m}^2 \times \text{days}$) was achieved with the combined use of water-soluble fertilizers Macromix + Microplant, as well as separate fertilizers Combi Plus and Microplant. The minimum net productivity of photosynthesis ($4.99 \text{ g/m}^2 \times \text{days}$) was obtained in the control variant.

УДК 633.63.003.13

Василько В.П., Егоян Е.В.

**ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ НА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И КАЧЕСТВО
КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В НИЗИННО-ЗАПАДИННОМ
АГРОЛАНДШАФТЕ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

Целью исследований было изучить влияние обработки почвы и удобрений на динамику водного режима, водопотребление и качество корнеплодов сахарной свёклы при выращивании культуры в условиях низинно-западного агроландшафта Западного Предкавказья. Полевые опыты с сахарной свёклой проведены на протяжении 2020–2022 гг. на территории учхоза «Кубань» КубГАУ. Водопотребление и параметры качества сахарной свёклы определяли по соответствующим методам опытного дела в агрономии. Результаты. Запасы продуктивной влаги в почве различались в зависимости от фазы развития сахарной свёклы и метода обработки почвы. В засушливые годы глубокая отвальная обработка почвы (вспашка) приводила к увеличению запасов влаги по сравнению с безотвальной обработкой и поверхностным дискованием. В благоприятные годы безотвальная обработка почвы показала более высокие запасы влаги. К моменту уборки запасы влаги значительно снижались во все годы исследований, что было связано с погодными условиями. Доказано, что потребление влаги из почвы было выше при глубокой отвальной обработке почвы при засушливой погоде и дефиците осадков. В 2021 г. безотвальная обработка почвы показала самый высокий уровень потребления влаги из почвы. Применение удобрений также увеличило сахаристость (до 16,8%), особенно органических. Условный выход сахара существенно варьировался по годам. В 2022 году он достигал 125,9 ц/га при применении вспашки и безотвальной обработке почвы, что было в 2,6 раза выше, чем на необработанном контроле, где этот показатель резко снизился до 47,6 ц/га. С помощью математического моделирования доказана отрицательная обратно пропорциональная линейная зависимость этих показателей. В 2021 г. с высоким уровнем природного увлажнения сахаристость была выше при средней урожайности корнеплодов (300 ц/га), чем при более высокой (600 ц/га). В 2022 г. сахаристость постепенно снижалась с ростом урожайности (от 16,9% до 16,6%), несмотря на обильные осадки и высокие температуры в августе. Напротив, в более засушливом 2021 г. сахаристость была на минимальном уровне, причём её падение было наиболее заметным при низкой урожайности (15,8%). Выводы. Установлено, количество осадков во время периода влагонакопления (октябрь–март) резко возросло в 2020–2021 и 2021–2022 гг. по сравнению с 2019–2020 гг. Количество осадков во время периода влагопотре-

бления (апрель–сентябрь) колебалось в годы исследования, но в целом было в среднем выше среднего многолетнего показателя. Распределение осадков в течение периода влагопотребления было неравномерным, что повлияло на урожайность сахарной свёклы, наряду с общим количеством осадков. Доказано, что на начало вегетационного периода продуктивная влага в слое 0-200 см находилась на уровне 229 мм, в середине вегетации данный показатель снизился до 67 мм (в 3,4 раза), а перед уборкой, падение влагозапасов было ещё более значительным – до 51 мм, или в 4,5 раза. Количество осадков за период вегетации варьировалось в широком диапазоне (3350-4490 м³/га), но имело значительное влияние на водный режим почвы. В засушливом 2020 г. суммарное водопотребление было минимальным (4870-5280 м³/га). В годы с достаточным уровнем природного влагообеспечения (2021, 2022 гг.) зафиксировано повышение данного показателя до 6170-6440 м³/га. Суммарное водопотребление было наибольшим при отвальной обработке и наименьшим при поверхностной обработке. В среднем за годы исследований максимальное суммарное водопотребление (5937 м³/га) наблюдалось при отвальной основной обработке почвы. Безотвальная обработка и поверхностное дискование снизили суммарное водопотребление на 1,5% и 4,9% соответственно. Сахаристость наибольшее значение (17,4%) достигла при сбалансированной погоде с достаточным количеством осадков и среднем температурном режиме в 2021 г. Повышенный уровень естественной влагообеспеченности (2022 г.) способствовали росту массы корнеплодов, но снизили их сахаристость, так же как и засуха в 2020 г. Обработка почвы слабо влияла на сахаристость корнеплодов исследуемой культуры, с несущественным повышением её до 16,9% на варианте с поверхностной обработкой почвы.

Vasilko V.P., Egoyan V.E.

INFLUENCE OF AGROTECHNICAL PRACTICES ON WATER CONSUMPTION AND QUALITY OF SUGAR BEET ROOT CROPS WHEN CULTIVATED IN THE LOW-WESTERN AGROLANDSCAPE OF THE WESTERN CIRCAUCASUS

The aim of the research was to study the effect of soil cultivation and fertilizers on the dynamics of the water regime, water consumption and quality of sugar beet roots when growing the crop in the lowland-saddle agricultural landscape of the Western Ciscaucasia. Methods. Field experiments with sugar beet were conducted during 2020-2022 on the territory of the Kuban educational farm of KubSAU. Water consumption and quality parameters of sugar beet were determined using the relevant methods of experimental work in agronomy. Results. The reserves of productive moisture in the soil varied depending on the phase of sugar beet development and the method of soil cultivation. In dry years, deep moldboard tillage (plowing) led to an increase in moisture reserves compared to moldboard-free tillage and surface disking. In favorable years, moldboard-free tillage showed higher moisture reserves. By the time of harvesting, moisture reserves had significantly decreased in all years of research, which was associated with weather conditions. It was proven that moisture consumption from the soil was higher with deep moldboard tillage in dry weather and rainfall deficiency. In 2021, no-till tillage showed the highest level of moisture consumption from the soil. The use of fertilizers also increased the sugar content (up to 16.8%), especially organic ones. The conditional sugar yield varied significantly by year. In 2022, it reached 125.9 c/ha with plowing and no-till tillage, which was 2.6 times higher than in the untreated control, where this figure dropped sharply to 47.6 c/ha. Using mathematical modeling, a negative inversely proportional linear dependence of these indicators was proven. In 2021, with a high level of natural moisture, sugar content was higher at an average root crop yield (300 c/ha) than at a higher one (600 c/ha). In 2022, sugar content gradually decreased with an increase in yield (from 16.9% to 16.6%), despite abundant rainfall and high temperatures in August. On the contrary, in the drier 2021, sugar content was at a minimum level, and its drop was most noticeable

at a low yield (15.8%). Conclusions. It was found that the amount of precipitation during the moisture accumulation period (October–March) increased sharply in 2020–2021 and 2021–2022 compared to 2019–2020. The amount of precipitation during the moisture consumption period (April–September) fluctuated during the study years, but was generally higher than the long-term average. The distribution of precipitation during the moisture consumption period was uneven, which affected the yield of sugar beet, along with the total amount of precipitation. It was proven that at the beginning of the growing season, the productive moisture in the 0–200 cm layer was at the level of 229 mm, in the middle of the growing season this indicator decreased to 67 mm (3.4 times), and before harvesting, the drop in moisture reserves was even more significant - up to 51 mm, or 4.5 times. The amount of precipitation during the growing season varied widely (3350–4490 m³/ha), but had a significant impact on the water regime of the soil. In the dry 2020, the total water consumption was minimal (4870–5280 m³/ha). In years with a sufficient level of natural moisture supply (2021, 2022), an increase in this indicator to 6170–6440 m³/ha was recorded. The total water consumption was highest during moldboard cultivation and lowest during surface cultivation. On average, over the years of research, the maximum total water consumption (5937 m³/ha) was observed during moldboard primary soil cultivation. Moldboard-less cultivation and surface disking reduced the total water consumption by 1.5% and 4.9%, respectively. Sugar content reached its highest value (17.4%) under balanced weather conditions with sufficient precipitation and average temperature conditions in 2021. Increased levels of natural moisture supply (2022) contributed to the growth of root crop mass, but reduced their sugar content, as did the drought in 2020. Soil cultivation had little effect on the sugar content of root crops of the studied crop, with an insignificant increase to 16.9% in the variant with surface soil cultivation.

УДК 633.15:572.22:633.15

Макаренко А. А., Коковихин С. В., Логойда Т. В.

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕРБИЦИДОВ,
СРОКОВ СЕВА И КОЛИЧЕСТВА МЕЖДУРЯДНЫХ КУЛЬТИВАЦИЙ В УСЛОВИЯХ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Целью исследований было изучить влияние гибридного состава, средств химической защиты растений от сорняков, сроков посева и эффективности применения междурядных культиваций на высоту растений, площадь листовой поверхности, урожайности сухого вещества и зерна при выращивании в условиях Краснодарского края. Методы. Полевые опыты проведены в 2017 – 2019 гг. в учебном хозяйстве «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина. Высевали гибриды кукурузы Ладожский 291, ДКС 4590, Феномен при дифференциации средств защиты растений от сорняков, сроков сева, количества междурядных культиваций. Математическую обработку полученных экспериментальных данных проводили согласно методики опытного дела в агрономии. Результаты. В проведённых полевых опытах установлена разная степень влияния на продуктивность гибридов кукурузы (высоту растений, площадь листьев, выход сухой массы, урожайность зерна) в зависимости от средств химической защиты растений, сроков сева и проведения междурядных обработок посевов на продуктивность культуры. Величина площади ассимиляционной поверхности листьев кукурузы между гибридами Ладожский 291 и ДКС 4590 статистически не различалась. Средний показатель для обоих гибридов составил 35,5 тыс. м²/га, а разница между ними была незначительной - всего 2,3%, что ниже минимального допустимого порогового значения (0,9 тыс. м²/га), однако на варианте с гибридом Феномен зафиксировано снижение данного показателя до 32,8 тыс. м²/га или на 7,0–9,5%. Зафиксирован некоторый положительный эффект от внесения гербицида Титус Плюс, который увеличил площадь поверхности листьев на 0,9–1,45% по сравнению с препара-

тами Люмаксом и Элюмисом. Наибольший выход сухого вещества был получен при выращивании гибрида DKC 4590 – 122 ц/га. Незначительное снижение урожайности на 1,7% отмечалось только при использовании гибрида Ладожский 291. Сдвиг срока посева на средний и поздний периоды привёл к снижению урожайности на 8,4% и 20,6%. Применение междурядных культиваций по сравнению с контрольным вариантом увеличило сбор сухой массы на 1,7-3,4%. Полученные результаты продемонстрировали, что выбор гибрида кукурузы, обработка гербицидами, время посева и междурядные культивации оказывают существенное влияние на урожайность зерна. Ранний посев способствовал получению максимальной зерновой продуктивности – 67,5 ц/га, при позднем севе (третий срок) – урожайность снизилась на 28,8%. Проведение двух междурядных обработок увеличило урожайность на 4,7%, достигнув 61,9 ц/га. Дисперсионный анализ подтвердил, что все исследуемые факторы оказали значительное влияние на урожайность кукурузы. Выводы. Гибрид кукурузы DKC 4590 имел наибольшую высоту 216 см. Это незначительно (на 1,9%) превышало этот показатель у гибрида Ладожский 291, а у гибрида Феномен такое снижение было существенным – на 7,5%. Применение гербицидов не оказало влияния на высоту. Напротив, сроки сева имели значительное влияние. При раннем севе высота составила 223 см, на втором сроке (средний) уменьшилась на 7,2%, а наименьшее 198 см было при позднем севе. Проведение междурядных обработок почвы в период вегетации способствовало повышению высоты растений. Так, на необработываемых делянках она составила 207 см, при одной культивации – несущественно возросла на 2,0 см, а её максимальное значение (213 см) получили при двух культивациях междурядий кукурузы. Посев в ранние сроки обеспечил формирование максимального показателя 38,0 тыс. м²/га, а на втором и третьем – он снизился до 30,9-35,1 тыс. м²/га или на 8,3-22,9%. На опытных делянках без культиваций площадь листьев была минимальной – 33,8 тыс. м²/га, а их применение обеспечило возрастание этого показателя до 35,5 тыс. м²/га. Гербицидная обработка слабо влияли на формирование сухого вещества. Сроки посева оказали значительное влияние на выход сухой массы кукурузы, при раннем посеве отмечено увеличение этого показателя до 129 ц/га. Так, при выращивании гибрида кукурузы DKC 4590 с применением гербицида Титус Плюс в условиях раннего срока сева и двух культиваций междурядий получена максимальная урожайность зерна – 77,2 ц/га. Применение гербицида Титус Плюс увеличило урожайность на 2,3-2,7%. Наибольшее влияние имели гибридный состав (24,5%) и срок сева (17,1%). Доля участия гербицидов составила 3,2%, междурядных культиваций – 4,8%, что свидетельствует о меньшем вкладе в формирование урожая зерна кукурузы.

Makarenko A. A., Kokovikhin S. V., Logoyda T. V.

PRODUCTIVITY OF CORN HYBRIDS DEPENDING ON HERBICIDES, SOWING TIME AND THE NUMBER OF INTERROW CULTIVATIONS IN THE CONDITIONS OF KRASNODAR REGION

The objective of the study was to study the influence of hybrid composition, chemical plant protection products against weeds, sowing dates and the efficiency of inter-row cultivation on plant height, leaf surface area, dry matter and grain yield when grown in the conditions of the Krasnodar Territory. Methods. Field experiments were conducted in 2017-2019 at the Kuban educational farm of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin. The following corn hybrids were sown: Ladozhsky 291, DKC 4590, Phenomenon in the differentiation of plant protection products against weeds, sowing dates, and the number of inter-row cultivations. Mathematical processing of the obtained experimental data was carried out according to the methodology of experimental work in agronomy. Results. The conducted field experiments revealed different degrees of influence on the productivity of corn hybrids (plant height, leaf area, dry matter yield, grain yield) depending on the means of chemical plant protection, sowing dates and inter-row crop cultivation on crop productivity. The area

of the assimilation surface of corn leaves between the hybrids Ladozhskiy 291 and DKC 4590 did not differ statistically. The average indicator for both hybrids was 35.5 thousand m^2/ha , and the difference between them was insignificant - only 2.3%, which is below the minimum permissible threshold value (0.9 thousand m^2/ha), however, in the variant with the hybrid Phenomenon, a decrease in this indicator to 32.8 thousand m^2/ha or by 7.0-9.5% was recorded. Some positive effect was recorded from the application of the herbicide Titus Plus, which increased the leaf surface area by 0.9-1.45% compared to Lumax and Elyumis. The highest dry matter yield was obtained when growing the DKC 4590 hybrid - 122 c/ha. A slight decrease in yield by 1.7% was noted only when using the Ladozhsky 291 hybrid. Shifting the sowing date to the middle and late periods led to a decrease in yield by 8.4% and 20.6%. The use of inter-row cultivations compared to the control variant increased the dry matter collection by 1.7-3.4%. The results demonstrated that the choice of corn hybrid, herbicide treatment, sowing time and inter-row cultivation have a significant impact on grain yield. Early sowing contributed to obtaining the maximum grain productivity - 67.5 c/ha, with late sowing (third term) - the yield decreased by 28.8%. Carrying out two inter-row cultivations increased the yield by 4.7%, reaching 61.9 c/ha. The dispersion analysis confirmed that all the studied factors had a significant impact on the corn yield. Conclusions. The corn hybrid DKC 4590 had the greatest height of 216 cm. This slightly (by 1.9%) exceeded this figure for the hybrid Ladozhsky 291, and for the hybrid Phenomenon such a decrease was significant - by 7.5%. The use of herbicides did not affect the height. On the contrary, the sowing dates had a significant effect. With early sowing, the height was 223 cm, at the second term (average) it decreased by 7.2%, and the smallest 198 cm was with late sowing. Inter-row soil cultivation during the growing season contributed to an increase in plant height. Thus, on uncultivated plots it was 207 cm, with one cultivation it increased slightly by 2.0 cm, and its maximum value (213 cm) was obtained with two cultivations of the corn rows. Sowing at early terms ensured the formation of the maximum indicator of 38.0 thousand m^2/ha , and at the second and third terms it decreased to 30.9-35.1 thousand m^2/ha or by 8.3-22.9%. On experimental plots without cultivation, the leaf area was minimal - 33.8 thousand m^2/ha , and their use ensured an increase in this indicator to 35.5 thousand m^2/ha . Herbicide treatment had little effect on the formation of dry matter. Sowing time significantly changed the dry matter yield of corn; with early sowing, this indicator increased to 129 c/ha. Thus, when growing the DKC 4590 corn hybrid using the Titus Plus herbicide under conditions of early sowing and two row-spacing cultivations, the maximum grain yield was obtained - 77.2 c/ha. The use of the Titus Plus herbicide increased the yield by 2.3-2.7%. The hybrid composition (24.5%) and sowing time (17.1%) had the greatest influence. The share of herbicides was 3.2%, inter-row cultivation - 4.8%, which indicates a smaller contribution to the formation of the corn grain yield.

УДК 631.43:631.526.32:631.51.021

Адамень Ф. Ф., Коковихин С. В., Сташкина А. Ф.

**ДИНАМИКА ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ ТЕМНО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОЗИМЫХ И ЯРОВЫХ
КУЛЬТУР В ОРОШАЕМОМ СЕВООБОРОТЕ**

Изучить влияния разных систем основной обработки почвы на плотность сложения темно-каштановой почвы при выращивании озимых и яровых культур в орошаемом севообороте в условиях Северного Причерноморья. Методы. Многолетние полевые опыты были проведены на территории опытного хозяйства «Асканийское» Института орошаемого земледелия на протяжении 2015-2020 гг. В полевых опытах, заложенных по методу расщепленных делянок, изучали четыре системы основной обработки почвы в короткоротационном севообороте, в котором выращивали кукурузу, озимый ячмень, сою и озимую пшеницу. Результаты. Применение безот-

вальной разноглубинной обработки, хотя и привело к уплотнению среднего слоя почвы, оставило нижний слой более рыхлым и менее плотным. Наибольшее снижение плотности почвы (на 7,1%) было зафиксировано при длительном применении мелкой безотвальной обработки (от 1,36 до 1,27 г/см³). Нулевая обработка почвы показала ещё более выраженное снижение плотности – на 7,7% (от 1,39 до 1,29 г/см³). Минимизированная и нулевая обработка почвы продемонстрировали закономерность максимального снижения её плотности. Однако, это, вероятно, связано с меньшим формированием и усвоением органического вещества почвой, а также с пониженным содержанием гумуса при данных методах обработки. Следует отметить, что уплотнение среднего слоя при безотвальной разноглубинной обработке требует дальнейшего изучения и, возможно, корректировки технологий выращивания озимых и зерновых культур. В ходе полевых экспериментов изучалось влияние сидератов на плотность почвы. На контроле зафиксирована средняя плотность сложения почвы в слое 0-40 см на уровне 1,25 г/см³. Применение сидеральных культур привело к её снижению до значений 1,22-1,23 г/см³, что составляет уменьшение на 2,4% по сравнению с контролем. Более значительное снижение плотности почвы, на 3,2%, было зафиксировано в слое 20-30 см. Наиболее выраженное положительное воздействие сидератов наблюдалось на озимых культурах – озимом ячмене и озимой пшенице. Внесение сидератов на опытных делянках с озимой пшеницей уменьшило плотность почвы в слое 0-40 см на 0,4 г/см³ (3,2%), а на делянках с озимым ячменём – на 0,5 г/см³ (4,9%). Результаты полевых опытов, проведённых без использования сидератов, демонстрируют значительное уплотнение пахотного слоя почвы за период вегетации сельскохозяйственных культур. Выводы. Анализ данных за две ротации севооборота позволил установить динамику изменения плотности почвы в зависимости от применяемой системы обработки. В начале вегетационного периода 2015 г. плотность почвы варьировала от 1,27 до 1,29 г/см³. В среднем за две ротации, плотность почвы составила 1,20-1,29 г/см³, что на 6,4% ниже, чем в первый год исследования. Наблюдалось также постепенное снижение плотности почвы в течение каждой ротации в зависимости от применяемой системы обработки. Длительное использование дифференцированной системы обработки почвы привело к снижению плотности сложения от 1,28 г/см³ до 1,22 г/см³ (на 4,9% в среднем по севообороту). Аналогично, безотвальная разноглубинная обработка снизила плотность почвы до оптимальных значений – от 1,27 до 1,20 г/см³ (на 5,8%). Эффект был менее выражен на сое и кукурузе, где снижение плотности составило 0,2 г/см³ (1,5%) и 0,3 г/см³ (2,3%), соответственно. В противоположность этому, длительное применение мелкой дисковой обработки почвы на глубину 12-14 см привело к незначительному, на 0,8%, увеличению плотности почвы по сравнению с контрольной группой. Наиболее уплотнённой оказалась почва на варианте с безотвальной мелкой одноглубинной обработкой в слое 0-20 см. Степень уплотнения варьировала в зависимости от системы обработки почвы. Так, при дифференцированной системе обработки почвы уплотнение составило 5,7% по сравнению с началом вегетационного периода. Применение мелкой безотвальной обработки привело к более значительному уплотнению – 8,1%. Безотвальная разноглубинная обработка показала меньшее уплотнение – 4,9%, а нулевая обработка почвы с посевом в необработанную почву – 6,3%. Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение сидератов является эффективным методом улучшения структуры почвы и снижения её плотности, особенно в сравнении с некоторыми видами механической обработки. В совокупности полученные данные свидетельствуют о том, что на вариантах опытов, где сидеральная культура не применялась, наблюдается заметное ухудшение структуры почвы в результате механических воздействий и процессов, происходящих во время роста сельскохозяйственных культур. Напротив, исследования подтверждают, что использование сидератов способствует значительному снижению интенсивности уплотнения почвы, предотвра-

щая негативное воздействие на её физические свойства и обеспечивая более благоприятные условия для роста растений.

Adamen F. F., Kokovikhin S. V., Stashkina A. F.

DYNAMICS OF THE DENSITY OF DARK CHESTNUT SOIL DEPENDING ON THE SYSTEM OF PRIMARY CULTIVATION IN THE CULTIVATION OF WINTER AND SPRING CROPS IN IRRIGATED CROP ROTATION

To study the effects of different primary tillage systems on the bulk density of dark chestnut soils when growing winter and spring crops in irrigated crop rotation in the Northern Black Sea region. Methods. Long-term field experiments were conducted on the territory of the Askaniyskoye experimental farm of the Institute of Irrigated Agriculture during 2015-2020. In the field experiments, laid out using the split-plot method, four primary tillage systems were studied in a short-rotation crop rotation in which corn, winter barley, soybeans and winter wheat were grown. Results. The use of moldboard-free, variable-depth cultivation, although it led to compaction of the middle soil layer, left the lower layer looser and less dense. The greatest decrease in soil density (by 7.1%) was recorded with long-term use of shallow no-till tillage (from 1.36 to 1.27 g/cm³). Zero tillage showed an even more pronounced decrease in density - by 7.7% (from 1.39 to 1.29 g/cm³). Minimized and no-till tillage demonstrated a pattern of maximum decrease in its density. However, this is probably due to less formation and assimilation of organic matter by the soil, as well as a reduced humus content with these cultivation methods. It should be noted that compaction of the middle layer with no-till different-depth cultivation requires further study and, possibly, adjustment of technologies for growing winter and grain crops. In the course of field experiments, the effect of green manure on soil density was studied. The average soil bulk density in the 0-40 cm layer was recorded at the control level of 1.25 g/cm³. The use of green manure crops resulted in its decrease to values of 1.22-1.23 g/cm³, which is a decrease of 2.4% compared to the control. A more significant decrease in soil density, by 3.2%, was recorded in the 20-30 cm layer. The most pronounced positive effect of green manure was observed on winter crops - winter barley and winter wheat. The introduction of green manure in experimental plots with winter wheat reduced the soil density in the 0-40 cm layer by 0.4 g/cm³ (3.2%), and in plots with winter barley - by 0.5 g/cm³ (4.9%). The results of field experiments conducted without the use of green manure demonstrate a significant compaction of the arable soil layer during the growing season of agricultural crops. Conclusions. Analysis of data for two crop rotations allowed us to establish the dynamics of changes in soil density depending on the applied tillage system. At the beginning of the vegetation period of 2015, soil density varied from 1.27 to 1.29 g/cm³. On average, over two rotations, soil density was 1.20-1.29 g/cm³, which is 6.4% lower than in the first year of the study. A gradual decrease in soil density was also observed during each rotation depending on the applied tillage system. Long-term use of the differentiated tillage system led to a decrease in bulk density from 1.28 g/cm³ to 1.22 g/cm³ (by 4.9% on average for the crop rotation). Similarly, no-till variable-depth tillage reduced soil density to optimal values - from 1.27 to 1.20 g/cm³ (by 5.8%). The effect was less pronounced for soybeans and corn, where the density reduction was 0.2 g/cm³ (1.5%) and 0.3 g/cm³ (2.3%), respectively. In contrast, long-term use of shallow disc tillage to a depth of 12-14 cm resulted in a slight, 0.8%, increase in soil density compared to the control group. The soil was most compacted in the variant with shallow single-depth no-till tillage in the 0-20 cm layer. The degree of compaction varied depending on the tillage system. Thus, with a differentiated tillage system, compaction was 5.7% compared to the beginning of the growing season. The use of shallow no-till tillage resulted in more significant compaction - 8.1%. No-till varied-depth tillage showed less compaction - 4.9%, and no-tillage with sowing into uncultivated soil - 6.3%. The obtained results indicate that the use of green manure is an effective method of

improving the soil structure and reducing its density, especially in comparison with some types of mechanical tillage. Taken together, the obtained data indicate that in the experimental variants where the green manure crop was not used, there is a noticeable deterioration in the soil structure as a result of mechanical effects and processes occurring during the growth of agricultural crops. On the contrary, the studies confirm that the use of green manure contributes to a significant reduction in the intensity of soil compaction, preventing a negative impact on its physical properties and providing more favorable conditions for plant growth.

УДК 630*231: 582. 47

Салтыков А.Н., Роговой В.И., Ерёменко А.И.

ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПОДРОСТА МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ДЕЛЬТОВИДНОГО (*JUNIPERUS DELTOIDES* R.P. ADAMS) И СОСНЫ КРЫМСКОЙ (*PINUS NIGRA* J.F. ARNOLD SUBSP. PALLASIANA (LAMB.) HOLMBOE) В УСЛОВИЯХ БАХЧИСАРАЙСКОГО ВНУТРЕННЕКУЗОВОГО ЛЕСНОГО ЛАНДШАФТА КРЫМСКОГО ПРЕДГОРЬЯ

В настоящее время реликтовый средиземноморский вид *Juniperus deltoides* R.P. Adams, имеющий очевидную тенденцию к сокращению в численности, занесён в Красную книгу республики Крым. Одной из наиболее вероятных причин потери устойчивости и снижения численности вида, по мнению учёных, является низкая репродуктивная способность *J. deltoides*. В связи с чем, нами были выполнены исследования и рассмотрены особенности естественного возобновления можжевельника дельтовидного в условиях Бахчисарайского внутреннекузового лесного ландшафта Крымского предгорья. Полученные данные позволяют утверждать, что естественное возобновление можжевельника дельтовидного протекает вполне успешно. Количество жизнеспособного подроста на объекте исследования в среднем составляет около 4,0–4,6 тыс. шт./га. При этом максимальная плотность растений в границах существующих ценопопуляций – 8,1 тыс. шт./га, минимальная – 1,1 тыс. шт./га. Установлено, что процессы естественного возобновления успешнее протекают на южном, нежели северном склоне кузты. В границах существующих ценопопуляций подроста присутствуют представители разных возрастных поколений. Доля повреждённых и погибших растений в общем числе учтённых незначительна (1–3%). Большая часть растений можжевельника дельтовидного вступила в репродуктивную фазу. Средний балл плодоношения на объекте исследования составил $3,5 \pm 0,14$. Долевое участие особей с баллом плодоношения 4 и 5 составляет 47 %. В связи с чем, можно поставить под сомнение положение, выдвигаемое исследователями о низкой репродуктивной способности *J. deltoides*, как причине и следствии затухания популяционных всплесков, а также сокращения границ ареала можжевельника. На наш взгляд, причиной популяционного всплеска можжевельника и последующего формирования жизнеспособных ценопопуляций подроста являются следствия массовой колониальной зимовки чёрного дрозда (*Turdus merula*) и и свиристели (*Bombycilla garrulus* L.) в горно-лесном Крыму.

Saltykov A.N., Rogovoy V.I., Eremenko A.I.

FEATURES OF NATURAL REPRODUCTION AND SPATIAL STRUCTURE OF UNDERGROWTH OF DELTOIDES JUNIPER (*JUNIPERUS DELTOIDES* R.P. ADAMS) AND CRIMEAN PINE (*PINUS NIGRA* J.F. ARNOLD SUBSP. PALLASIANA (LAMB.) HOLMBOE) IN THE CONDITIONS OF THE BAKHCHISARAI SKY VNUITRENNECUESTOVY FOREST LANDSCAPE OF THE CRIMEAN FOOTHILLS

At present, the relict Mediterranean species *Juniperus deltoides* R.P. Adams, which has an obvious tendency to decrease in numbers, is listed in the Red Book of the Republic of Crimea. One

of the most probable reasons for the loss of stability and decrease in the number of the species, according to scientists, is the low reproductive capacity of *J. deltoides*. In this regard, we carried out research and considered the features of natural regeneration *Juniperus deltoides* in the conditions of the Bakhchisaraisky vnutrennechestovyy forest landscape of the Crimean foothills. The obtained data allow us to state that natural regeneration of *Juniperus deltoides* is quite successful. The amount of viable undergrowth on the study site averages about 4.0-4.6 thousand pcs/ha. At the same time, the maximum plant density within the boundaries of existing cenopopulations is 8.1 thousand pcs/ha, the minimum is 1.1 thousand pcs/ha. It has been established that natural regeneration processes are more successful on the southern slope of the cueta than on the northern slope. Representatives of different age generations are present within the boundaries of existing cenopopulations of undergrowth. The share of damaged and dead plants in the total number of those recorded is insignificant (1-3%). Most of the *Juniperus deltoides* plants have entered the reproductive phase. The average fruiting score at the study site was 3.5 ± 0.14 . The proportion of individuals with a fruiting score of 4 and 5 was 47%. In this regard, one can question the position put forward by researchers about the low reproductive capacity of *J. deltoides* as the cause and consequence of the attenuation of population surges, as well as the reduction of the juniper range boundaries. In our opinion, the cause of the juniper population surge and the subsequent formation of viable coenopopulations of undergrowth are the consequences of mass colonial wintering of the blackbird (*Turdus merula*) and waxwing (*Bombycilla garrulus* L.) in the mountain forest Crimea.

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 004.42:621.176

Завалий А.А., Рутенко В.С., Шиян О.В., Высоцкая Н.Д.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ШЕСТЕРЁННЫХ НАСОСОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Современные агротехнологические агрегаты и машины оснащены гидравлическими приводами, которые выполняют широкий спектр функций – перемещение, подъем/опускание и удерживание рабочих органов, автоматизация управления механизмами. Соответственно надежность гидроприводов агротехнологической техники в значительной степени определяет качество выполнения агротехнологических операций, соблюдение агротехнических требований и норм. Среди устройств генерации гидравлической энергии в гидросистемах насосы шестерённого типа с внешним эвольвентным зацеплением занимают приоритетное положение, ввиду их конструкционной простоты и удобства обслуживания. Однако их эксплуатационная надежность весьма чувствительна к отклонениям от номинальных конструктивных параметров (формы профиля зубьев зубчатых колёс, боковых зазоров между ними, контактной прочности поверхности зубьев), а также к характеру и режиму рабочих нагрузок. Для эффективного выполнения проектирования и анализа конструкций узлов, агрегатов и машин разрабатывают специализированные программные комплексы, использующие универсальные программные продукты и программные средства автоматизации обмена данными между ними. Целью настоящей работы является разработка системы автоматизированного проектирования (САПР) в виде комплекса компьютерных программ, назначением которой является автоматизация проектирования и анализа рабочего процесса шестерённых насосов сельскохозяйственных машин используя программы AutoCAD, SolidWorks, КОМПАС, включая модуль «Валы и механические передачи», интегри-

рованные среды разработки ANSYS, Comsol Multiphysics, Nastran, CATIA. Разработана схема САПР для автоматизированного проектирования и исследования характеристик шестерённых насосов, позволяющая устанавливать зависимости характеристик насоса от конструктивных параметров и эксплуатационных факторов, характерных для условий применения шестерённых насосов на машинах сельскохозяйственного назначения. Расписаны функции, требования к исходным данным и конечному продукту для каждой из программ приложений в составе САПР.

Zavaliy A.A., Rutenko V.S., Shiyan O.V., Vysotskaya N.D.

SYSTEM OF COMPUTER-AIDED DESIGN AND ENGINEERING ANALYSIS OF GEAR PUMPS OF AGRICULTURAL MACHINES

Modern agro-technological units and machines are equipped with hydraulic drives that perform a wide range of functions - movement, lifting/lowering and holding of working bodies, automation of mechanism control. Accordingly, the reliability of hydraulic drives of agro-technological equipment largely determines the quality of agro-technological operations, compliance with agro-technical requirements and standards. Among the devices for generating hydraulic energy in hydraulic systems, gear pumps with external involute engagement occupy a priority position due to their structural simplicity and ease of maintenance. However, their operational reliability is very sensitive to deviations from the nominal design parameters (the shape of the tooth profile of gear wheels, lateral clearances between them, contact strength of the tooth surface), as well as to the nature and mode of working loads. For effective design and analysis of the designs of units, assemblies and machines, specialized software packages are developed that use universal software products and software tools for automating data exchange between them. The objective of this work is to develop a computer-aided design (CAD) system in the form of a set of computer programs, the purpose of which is to automate the design and analysis of the workflow of gear pumps of agricultural machines using the AutoCAD, SolidWorks, KOMPAS programs, including the "Shafts and Mechanical Transmissions" module, integrated development environments ANSYS, Comsol Multiphysics, Nastran, CATIA. A CAD scheme has been developed for the automated design and study of the characteristics of gear pumps, allowing you to establish the dependencies of the pump characteristics on the design parameters and operational factors typical for the conditions of use of gear pumps on agricultural machines. The functions, requirements for the initial data and the final product for each of the application programs in the CAD are described.

УДК 631.3; 51-74

Ажермачев С.Г., Высоцкая Н.Д., Решетник А.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛОВ В АГРЕГАТАХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА, НАПРАВЛЕННАЯ НА ИСКЛЮЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЯВЛЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ НАСТУПЛЕНИИ РЕЗОНАНСА

Статья содержит теоретическое обоснование выбора параметров вала на стадии проектирования с тем, чтобы исключить возможность наступления аварийных ситуаций вызванных наступления резонанса. Многие аварийные ситуации при работе агрегатов в агропромышленном комплексе в ряде случаев связаны с явлением резонанса. Резонанс является опасным явлением потому, что может вызвать разрушение колеблющейся системы как следствие чрезвычайного возрастания амплитуды. Имеет место тот факт, что при вращении длинные тонкие валы, которыми, например, являются передаточные валы от моторов к водоотливным насосам в оросительных и других системах при определенных скоростях вращения перестают сохранять прямолинейную форму. Начинают наблюдаться резкие поперечные колебания, которые могут затухать и возрастать вновь и это может повторяться периодически. Если произвести дальней-

шее увеличение числа оборотов вращения вала, то эффект сильной вибрации и раскачивания прекращается. Но при дальнейшем увеличении числа оборотов до определенного уровня эффект сильной вибрации возобновляется. Рассмотрено теоретическое обоснование возможности выбора оптимальных конструктивных решений вращающихся валов во время их работы, а так же установлена связь параметров вала и условий, которые служат причиной изменения собственной частоты поперечных колебаний и искривления собственной оси вала при достижении критических значений угловой скорости вращения вала.

Azhermachev S.G., Vysotskaya N.D., Reshetnik A.A.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF DESIGN SOLUTIONS FOR ROTATING SHAFT IN UNITS OF THE AGRICULTURAL INDUSTRIAL COMPLEX, AIMED AT ELIMINATING THE POSSIBILITY OF EMERGENCY SITUATIONS WHEN OCCASION OF RESONANCE

The article contains a theoretical justification for the choice of shaft parameters at the design stage in order to eliminate the possibility of emergency situations caused by the onset of resonance. Many emergency situations during the operation of units in the agro-industrial complex are in some cases associated with the phenomenon of resonance. Resonance is a dangerous phenomenon because it can cause destruction of the oscillating system as a consequence of an extreme increase in amplitude. There is a fact that when rotating, long thin shafts, which, for example, are transmission shafts from motors to sump pumps in irrigation and other systems, at certain rotation speeds, cease to maintain a rectilinear shape. Sharp transverse vibrations begin to be observed, which can fade and increase again, and this can be repeated periodically. If you further increase the number of revolutions of the shaft, the effect of strong vibration and rocking stops. But with a further increase in the speed to a certain level, the effect of strong vibration resumes. The theoretical justification for the possibility of choosing optimal design solutions for rotating shafts during their operation is considered, and a connection is established between the shaft parameters and the conditions that cause changes in the natural frequency of transverse vibrations and the curvature of the shaft's own axis when critical values of the angular velocity of the shaft rotation are reached.

УДК 632.937

Бабицкий Л.Ф., Османов Э.Ш.

БИОНИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ УСТРОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Предложен бионический подход, на основе принципов и методов бионики, к созданию устройств для биологического метода борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур. Важным шагом в успешном применении промышленных технологий биологической защиты растений, основанных на использовании трихограммы, является их окончательная эксплуатация, то есть рассредоточение трихограммы по полю. Самым простым и надежным методом является механический метод расселения трихограммы. В настоящее время распределение биоматериала осуществляется вручную. В статье предложена схема устройства для механизированного расселения трихограммы, приведены расчеты параметров распределительных отверстий, который позволят беспрепятственно проходить биоматериалу через них.

Babitsky L.F., Osmanov E.Sh.

BIONIC APPROACH TO THE CREATION OF BIOLOGICAL PEST CONTROL DEVICES FOR AGRICULTURAL PLANTS

A bionic approach based on the principles and methods of bionics is proposed to create devices for biological pest control of agricultural crops. An important step in the successful application of industrial biological plant protection technologies based on the use of trichograms is their final operation, that is, the dispersion of trichograms across the field. The simplest and most reliable method is the mechanical method of settling the trichogram. Currently, the biomaterial is distributed manually. The article proposes a scheme for the mechanized settlement of the trichogram and provides calculations of the parameters of the distribution holes, which will allow the biomaterial to pass through them unhindered.

УДК. 631.352

Гербер Ю.Б., Красовский В.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАЛОГАБАРИТНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГРЕССИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В данной статье представлено исследование, направленное на оптимизацию параметров малогабаритного измельчителя растительных материалов. Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания эффективных и экономичных устройств для переработки растительных отходов в малых хозяйствах. В работе рассматривается влияние массы рабочего органа и скорости резания на производительность и энергозатраты измельчителя. В рамках каждого эксперимента было подготовлено 15 образцов веток с диаметром, разделённым на три группы: до 20 мм, 20–30 мм, 30–50 мм. При измельчении веток фиксировались время измельчения, время холостого хода, измельчённая масса, а также энергопотребление. Эксперименты проводились для трёх различных значений массы рабочего органа (10,6 кг, 11,6 кг и 12,6 кг) и трёх скоростей резания, соответствующих частоте вращения рабочего органа 2000, 2400 и 2800 мин⁻¹, что соответствует линейной скорости резания в диапазоне от 31,4 м/с до 43,96 м/с. Использовался план эксперимента 3х3, что позволило изучить влияние каждого фактора и их взаимодействие. В итоге было проведено 135 экспериментов. В работе были рассмотрены три регрессионные модели: линейная модель с взаимодействием, квадратичная модель (полная) и полиномиальная модель 3-го порядка для каждого фактора. Выбор моделей осуществлялся с целью постепенного усложнения от линейной к более сложным моделям, что позволило оценить роль взаимодействия факторов, нелинейных связей и потенциальных последствий переобучения. Для оценки качества каждой модели были использованы R-квадрат (R^2), скорректированный R-квадрат (Adjusted R^2), байесовский информационный критерий (BIC) и информационный критерий Акаике (AIC). Анализ показал, что квадратичная модель превосходит линейную с взаимодействием и полиномиальную (3-го порядка) модели по всем показателям. Квадратичная модель лучше описывает данные и учитывает их нелинейный характер, в отличие от линейной модели. При этом полиномиальная модель 3-го порядка, хоть и показала высокий R^2 , но имела худшие значения скорректированного R^2 , AIC и BIC. Было отмечено, что увеличение скорости (X_2) при фиксированных других переменных положительно влияет на энергозатраты. Коэффициент взаимодействия между массой и скоростью (1) положительный, но очень маленький, что указывает на то, что влияние массы и скорости на энергозатраты не является аддитивным и имеет слабовыраженный эффект. Квадрат массы отрицательно влияет на энергозатраты, что говорит о нелинейной зависимости и свидетельствует о возможности существования оптимального значения X_1 , минимизирующего энергозатраты. Квадрат скорости также оказывает отрицательное влияние на энергозатраты, но гораздо меньшее, чем масса, что говорит о том, что при увеличении скорости рост энергозатрат снижается и свидетельствует о возможности существования оптимального значения X_2 , минимизирующего энергозатраты. Увеличение массы (X_1) при фиксированных других переменных отрицательно влияет на производитель-

ность. Положительный коэффициент взаимодействия между массой и скоростью указывает на то, что влияние массы и скорости на производительность не является аддитивным. Сочетание их увеличения приводит к положительному влиянию на производительность. Квадрат массы (X_1^2) положительно влияет на производительность, что говорит о нелинейной зависимости и свидетельствует о возможности существования оптимального значения X_1 , при котором производительность максимальна. Квадрат скорости (X_2^2) оказывает небольшое отрицательное влияние на производительность. Вероятно, существует оптимальное значение X_2 , при котором производительность максимальна. Целью оптимизации было определение значений массы рабочего органа и скорости резания, соответствующих целевому диапазону производительности 0,9–1,1 м³/ч, с достижением минимальных значений энергозатрат. Анализ показал, что при увеличении целевой производительности с 0,9 до 1,1 м³/ч оптимальное значение массы рабочего органа уменьшается с 8,95 до 8,75 кг, а оптимальное значение скорости увеличивается с 31,71 до 32,22 м/с. Минимальные энергозатраты достигаются при максимальной производительности (1,1 м³/ч), что может показаться нелогичным.

Gerber Y.B., Krasovsky V.V.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF A SMALL-SIZED PLANT MATERIAL CHOPPER USING REGRESSION MODELING

This article presents a study aimed at optimizing the parameters of a small-sized plant material chopper. The relevance of the study is due to the need to create effective and cost-effective devices for processing plant waste in small farms. The paper examines the effect of the mass of the working element and the cutting speed on the productivity and energy consumption of the chopper. For each experiment, 15 branch samples were prepared with a diameter divided into three groups: up to 20 mm, 20–30 mm, 30–50 mm. When chopping branches, the chopping time, idle time, chopped mass, and energy consumption were recorded. The experiments were conducted for three different values of the working element mass (10.6 kg, 11.6 kg and 12.6 kg) and three cutting speeds corresponding to the working element rotation frequency of 2000, 2400 and 2800 min⁻¹, which corresponds to a linear cutting speed in the range from 31.4 m/s to 43.96 m/s. A 3x3 experimental design was used, which made it possible to study the influence of each factor and their interaction. In total, 135 experiments were conducted. Three regression models were considered in the work: a linear model with interaction, a quadratic model (full) and a third-order polynomial model for each factor. The choice of models was carried out with the aim of gradually increasing complexity from linear to more complex models, which made it possible to assess the role of factor interactions, nonlinear relationships and potential consequences of overfitting. R-square (R^2), adjusted R^2 , Bayesian information criterion (BIC) and Akaike information criterion (AIC) were used to assess the quality of each model. The analysis showed that the quadratic model outperformed the linear with interaction and polynomial (3rd order) models in all respects. The quadratic model better describes the data and takes into account their nonlinear nature, unlike the linear model. At the same time, the polynomial model of the 3rd order, although it showed a high R^2 , had worse values of adjusted R^2 , AIC and BIC. It was noted that an increase in speed (X_2) with other variables fixed has a positive effect on energy expenditure. The coefficient of interaction between mass and speed (1) is positive, but very small, which indicates that the effect of mass and speed on energy expenditure is not additive and has a weak effect. The square of mass has a negative effect on energy consumption, which indicates a nonlinear relationship and suggests the possibility of an optimal value of X_1 that minimizes energy consumption. The square of speed also has a negative effect on energy consumption, but much less than mass, which indicates that as speed increases, the increase in energy consumption decreases and suggests the possibility of an optimal

value of X_2 that minimizes energy consumption. Increasing mass (X_1), holding other variables fixed, has a negative effect on performance. The positive interaction term between mass and speed indicates that the effects of mass and speed on performance are not additive. Increasing them together results in a positive effect on performance. The square of mass (X_1^2) has a positive effect on performance, which indicates a nonlinear relationship and suggests the possibility of an optimal value of X_1 that maximizes performance. The square of speed (X_2^2) has a slightly negative effect on performance. There is likely an optimal value of X_2 that maximizes performance. The goal of the optimization was to determine the values of the working element mass and cutting speed corresponding to the target productivity range of 0.9–1.1 m³/h, while achieving minimum values of energy consumption. The analysis showed that with an increase in the target productivity from 0.9 to 1.1 m³/h, the optimal value of the working element mass decreases from 8.95 to 8.75 kg, and the optimal value of speed increases from 31.71 to 32.22 m/s. Minimum energy consumption is achieved at maximum productivity (1.1 m³/h), which may seem illogical.

УДК 632.08

Воложанинов С.С., Завалий А.А., Ржевская В.С., Воложанинова Н.В., Волобуев Д.Д.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАГРЕВА МАССИВА ПОЧВЫ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ НА КОЛИЧЕСТВО МИКРООРГАНИЗМОВ

Экспериментальное исследование влияния нагрева массива почвы сверхвысокочастотным излучением на количество микроорганизмов. Для обработки почвы СВЧ-излучением в целях обеззараживания разработано устройство, обеспечивающее тепловое и олиготермическое деструктивное действие на биологические объекты. Целью настоящей работы является исследование влияния СВЧ-излучения на содержание микроорганизмов в нативной и лабораторной почве после обработки предлагаемым устройством. Определение температурных параметров осуществлялось с помощью предложенного авторами теплового метода с применением тепловизора Testo 882. Исследование содержания микроорганизмов в почве проводилось согласно разработанной методики с использованием плесневого гриба *Aspergillus flavus* ВКПМ F-1271. Исследования показали, что количество микроорганизмов в нативной и лабораторной почвах снижается и зависит от экспозиции, определяющей максимальную температуру нагрева почвы.

Volozhaninov S.S., Zavaly A.A., Rzhevskaya V.S., Volozhaninova N.V., Volobuev D.D.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF HEATING OF A SOIL MASS BY ULTRAHIGH FREQUENCY RADIATION ON THE NUMBER OF MICROORGANISMS

Experimental study of the effect of heating of a soil mass by ultrahigh frequency radiation on the number of microorganisms. For soil treatment with microwave radiation for disinfection purposes, a device has been developed that provides thermal and oligothermic destructive effects on biological objects. The purpose of this work is to study the effect of microwave radiation on the content of microorganisms in native and laboratory soil after treatment with the proposed device. The temperature parameters were determined using the thermal method proposed by the authors using a thermal imager Testo 882. The study of the content of microorganisms in the soil was carried out according to the developed methodology using the mold fungus *Aspergillus flavus* VKPM F-1271. Studies have shown that the number of microorganisms in native and laboratory soils decreases and depends on exposure, which determines the maximum temperature of soil heating.

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 619: 612.017/.648

Лизогуб М.Л., Ксенофонтова Е.С.

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛОСТРАЛЬНОГО ИММУНИТЕТА

В статье рассмотрены особенности формирования иммунитета новорожденных телят, основные факторы пассивной передачи иммунитета, причины и последствия недостаточного уровня колострального иммунитета молодняка жвачных. В результате проведенных исследований коров и новорожденных телят установили динамику содержания меди и цинка в крови коров, зависимость количества иммунных глобулинов в крови телят от количества общего белка. При изучении влияния концентрации микроэлементов на содержание иммунных глобулинов крови телят выявлена прямая корреляция между медью и иммуноглобулинами средней степени в зимний период – $0,43 \pm 0,19$ ($p < 0,05$). Связи между цинком и иммунными белками крови телят гораздо менее выражены, и четкой закономерности не имеют. Также установлена прямая зависимость концентрации микроэлементов у новорожденных телят в зависимости от их содержания у матерей: по меди – высокой степени ($0,73 \pm 0,1$ $p < 0,001$), по цинку – средней ($0,43 \pm 0,13$, $p < 0,01$).

Lizogub M. L., Ksenofontova E. S.

FACTORS OF FORMATION OF COLOSTRAL IMMUNITY

The article discusses the features of the formation of immunity in newborn calves, the main factors of passive transmission of immunity, the causes and consequences of insufficient colostrum immunity in young ruminants. As a result of the conducted studies of cows and newborn calves, the dynamics of copper and zinc content in the blood of cows and the dependence of the amount of immune globulins in the blood of calves on the amount of total protein were established. When studying the effect of the concentration of trace elements on the content of immune globulins in the blood of calves, a direct correlation was found between copper and moderate immunoglobulins in winter – 0.43 ± 0.19 ($p < 0.05$). The relationship between zinc and immune proteins in calves' blood is much less pronounced, and there is no clear pattern. A direct dependence of the concentration of trace elements in newborn calves was also established depending on their content in mothers: high degree for copper (0.73 ± 0.1 $p < 0.001$), medium degree for zinc (0.43 ± 0.13 , $p < 0.01$).

УДК: [619:612.017]:636.2

Плахотнюк Е.В.

ДИАГНОСТИКА И ПРОФИЛАКТИКА ИММУНОДЕФИЦИТА НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ

В статье приведены результаты исследования эффективности непрямых (косвенных) методов диагностики недостаточности пассивного иммунитета у новорожденных телят в условиях фермерского хозяйства ЛПХ Герасименко О.О. В ходе нашего исследования было установлено, недостаточность пассивного иммунитета является широко распространенной проблемой, predisposing факторами к которой являются возраст коров-матерей, сезон, недостаточное протеиновое кормление. Результаты определения концентрации иммуноглобулинов методом приципитации с сульфитом натрия в сыворотке крови новорожденных сопоставимы с результатами определения концентрации иммуноглобулинов более точным трудоемким способом в условиях лаборатории. Что позволяет сделать вывод о целесообразности использования метода приципитации с сульфитом натрия с целью оценки напряженности иммунитета новорожденных телят в условиях производства. Таким образом, когда прямое измерение концентрации иммуноглобулинов в сыворотке крови невозможно, рекомендуется использовать с целью диагностики недостаточности пассивного иммунитета у новорожденных телят возрастом от 1 до 7 суток (при

условии, что телята не обезвожены) в условиях фермерского хозяйства сочетание не прямых (косвенных) методов оценки напряженности иммунитета: исследование общего белка рефрактометрическим способом, и определение концентрации полуколичественным методом преципитации сульфитом натрия, что позволит своевременно диагностировать недостаточность пассивного иммунитета и даст возможность провести коррекцию данного состояния в физиологически возможные для этого сроки. Диагностическая интерпретация может быть значительно улучшена, при использовании для оценки распространенности НПИ на ферме большую выборку телят. По нашему мнению для адекватной оценки количество исследуемых телят должно составлять не менее 12 голов.

Plahotniuk E.V.

DIAGNOSIS AND PREVENTION OF IMMUNODEFICIENCY IN NEWBORN CALVES

The article presents the results of a study of the effectiveness of indirect (indirect) methods for diagnosing passive immunity deficiency in newborn calves in the conditions of farming private farms Gerasimenko O.O. During our study, it was found that passive immunity deficiency is a widespread problem, predisposing factors to which are the age of mother cows, season, insufficient protein feeding. The results of determining the concentration of immunoglobulins by precipitation with sodium sulfite in the blood serum of newborns are comparable to the results of determining the concentration of immunoglobulins in a more accurate and time-consuming way in a laboratory. This allows us to conclude that it is advisable to use the precipitation method with sodium sulfite in order to assess the immunity of newborn calves under production conditions. Thus, when direct measurement of the concentration of immunoglobulins in the blood serum is impossible, it is recommended to use a combination of indirect (indirect) methods for assessing immunity intensity in farm conditions in order to diagnose passive immunity deficiency in newborn calves aged 1 to 7 days (provided that the calves are not dehydrated): total protein refractometric method, and determination of concentration by the semi-quantitative method of precipitation with sodium sulfite, this will make it possible to diagnose the deficiency of passive immunity in a timely manner and will make it possible to correct this condition within the physiologically possible time frame. Diagnostic interpretation can be significantly improved by using a large sample of calves to assess the prevalence of FPT on a farm. In our opinion, for an adequate assessment, the number of calves studied should be at least 12.

УДК 619:[616.61-008.6:636.8]

Кувяда Е.Н., Решетова А.Р.

АНАЛИЗ СТРАТЕГИИ ЛЕЧЕНИЯ УРЕМИЧЕСКОГО СИНДРОМА У КОТОВ ВСЛЕДСТВИЕ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ

Выполнен анализ распространения и этиологических особенностей уремического синдрома при мочекаменной болезни у кошек, определены основные направления и средства первичной и основной терапии, проведена клиническая оценка эффективности проводимых лечебных мероприятий. Представлен анализ доступных и щадящих средств поддерживающей терапии патологии, так как болезнь относится к разряду необратимых. Дана оценка эффективности первичным лечебным мероприятиям. Целью работы была оценка представляемых методов и средств лечения больного животного при наличии уремического синдрома вследствие уролитиаза. Практическое значение работы заключается в установлении причинно-следственных связей возникновения синдрома уремии при развитии мочекаменной болезни кошек, определена корреляция частоты возникновения патологии от породной предрасположенности, условий содержания и кормления животных и возраста. Представлены комплексные и доступные подходы

обеспечения эффективной поддерживающей терапии. Методологической основой для проводимых исследований являлись научные разработки и многочисленные публикации зарубежных и отечественных авторов.

Kuevda E.N., Reshetova A.R.

ANALYSIS OF THE TREATMENT STRATEGY FOR UREMIC SYNDROME IN CATS DUE TO UROLITHIASIS

The analysis of the spread and etiological features of uremic syndrome in urolithiasis in cats was performed, the main directions and means of primary and basic therapy were identified, and a clinical assessment of the effectiveness of therapeutic measures was carried out. The analysis of available and gentle means of supportive therapy of pathology is presented, since the disease belongs to the category of irreversible. An assessment of the effectiveness of primary therapeutic measures is given. The aim of the work was to evaluate the presented methods and means of treating a sick animal in the presence of uremic syndrome due to urolithiasis. The practical significance of the work is to establish the cause-and-effect relationships between the occurrence of uremia syndrome in the development of urolithiasis in cats, and to determine the correlation between the frequency of pathology and breed predisposition, conditions of animal husbandry and feeding, and age. Comprehensive and accessible approaches to effective maintenance therapy are presented. The methodological basis for the conducted research was scientific developments and numerous publications by foreign and domestic authors.

УДК[619:616.22/.23]:636.7

Макаревич Н.А.

ИНФЕКЦИОННЫЙ ЛАРИНГОТРАХЕОБРОНХИТ У СОБАК. СИМПТОМАТИКА. КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ.

Изучить эпизоотологические, клинические данные при инфекционном ларинготрахеобронхите у собак, разработать комплексное лечение заболевания. Материал и методы исследования. Обследовали и пролечили 34 собаки, у которых наблюдался кашель, а иногда кашель с отхаркиванием мокроты, принимающийся за рвоту. Диагноз на инфекционный ларинготрахеобронхит ставили на основании анамнеза, клинических симптомов, лабораторного исследования и сведений о прививках. При необходимости для выявления аденовирусов использовали экспресс-тест VetExpert CAV Ag. Гематологическое и биохимическое исследование крови проводили на анализаторах Micro CC - 20Plus и Rayto 1904C, соответственно. Проводили УЗИ, рентгенографию органов грудной полости, аускультацию, пальпацию глотки, гортани, и трахеи. Результаты исследований. Инфекционный ларинготрахеобронхит выявляли у собак всех пород и любого возраста, но более подвержены заболеванию животные – от 1 года до 6 лет. Заболевания в основном регистрировали в весеннее - летний и летнее - осенний период. Вспышка болезни отмечалась после посещения выставок или площадок для дрессировки собак. Симптоматика инфекционного ларинготрахеобронхита в наших исследованиях была разнообразна и зависела от возраста собаки, степени поражения дыхательной системы. Наиболее частое проявление ларинготрахеобронхита – кашель. Он мог быть сухим или влажным, грубым или мягким, удушливым, вплоть до приступов рвоты. Кашель можно было вызвать надавливанием пальцами на трахею, сдавливанием гортани ошейником. Лабораторным исследованием крови собак на ранней стадии ларинготрахеобронхита установили увеличение числа лейкоцитов ($29,1 \pm 0,8$ Г/л). Лейкоциты повысились за счёт лимфоцитов, моноцитов, эозинофилов и нейтрофилов (палочкоядерных и сегментоядерных). Базофилы, миелоциты и юные нейтрофилы оставались в пределах референсных величин. При проведении биохимического анализа отклонений

от референсных величин у больных собак не установили. Комплексный метод лечения инфекционного ларинготрахеобронхита у собак проводился по нескольким направлениям и основан на применении средств направленных на борьбу: с вирусами и стимуляцию иммунной системы собак (иммуноглобулин поливалентный «Глобкан», биопрепарат «Фанниферон», концентрат аминокислот «Лизин для кошек и собак»); на подавление вторичной бактериальной инфекции и при подозрении на *Bordetella bronchiseptica* («Фармазин – 50» в сочетании с «Бисептолом»); на снятия спазмов и расширения просвета бронхов и бронхиол (бета-адреномиметики «Тербуталин»); на снижения возбудимости кашлевого центра и устранения раздражение слизистых оболочек дыхательных путей (препарат «Коделак Нео»); на разжижения и ускорения выведения из трахеи и бронхов воспалительного экссудата (отхаркивающие средство «Бронхипрет® ТП»); на заживления слизистой носовой полости (препарат «Анандин капли глазные и интраназальные»); на поддержания дыхательной и сердечной деятельности (препарат «Сульфокамфокаин»); на устранения аллергической реакции (препарат «Аллервет»; на уменьшение воспалительной и болевой реакции (препарат «Мелоксивет раствор для инъекций 1%»); на улучшения биохимических процессов и окислительно-восстановительных реакции в организме собак (препараты «Тетравит», «Пентовит», Аскорбиновая кислота 5%-ная). При использовании такого комплексного лечения, собаки больные инфекционным ларинготрахеобронхитом, полностью выздоравливали и освобождались от возбудителя болезни. Гематологические показатели крови, на 7 сутки от начала лечения, соответствовали референсным величинам.

Makarevich N. A.

INFECTIOUS LARYNGOTRACHEOBRONCHITIS IN DOGS. SYMPTOMATICS. COMPLEX TREATMENT.

To study epizootological and clinical data on infectious laryngotracheobronchitis in dogs and to develop a comprehensive treatment. Material and methods of the study. We examined and treated 34 dogs with cough, and sometimes cough with expectoration of sputum, mistaken for vomiting. The diagnosis of infectious laryngotracheobronchitis was made based on the anamnesis, clinical symptoms, laboratory tests and vaccination data. When necessary, the VetExpert CAV Ag express test was used to detect adenoviruses. Hematological and biochemical blood tests were performed on Micro CC - 20Plus and Rayto 1904C analyzers, respectively. Ultrasound, chest X-ray, auscultation, palpation of the pharynx, larynx and trachea were performed. Research results. Infectious laryngotracheobronchitis was detected in dogs of all breeds and any age, but animals from 1 to 6 years old are more susceptible to the disease. Diseases were mainly recorded in the spring-summer and summer-autumn periods. Outbreaks of the disease were noted after visiting exhibitions or dog training grounds. The symptoms of infectious laryngotracheobronchitis in our studies were varied and depended on the age of the dog, the degree of damage to the respiratory system. The most common manifestation of laryngotracheobronchitis is a cough. It could be dry or wet, rough or soft, suffocating, up to bouts of vomiting. Coughing could be caused by pressing the trachea with fingers, squeezing the larynx with a collar. Laboratory testing of the blood of dogs at an early stage of laryngotracheobronchitis established an increase in the number of leukocytes (29.1 ± 0.8 g / l). Leukocytes increased due to lymphocytes, monocytes, eosinophils and neutrophils (band and segmented). Basophils, myelocytes and young neutrophils remained within the reference values. No deviations from the reference values were found in the sick dogs during biochemical analysis. A comprehensive method for treating infectious laryngotracheobronchitis in dogs was carried out in several directions and is based on the use of agents aimed at combating: viruses and stimulating the immune system of dogs (polyvalent immunoglobulin "Globcan", biological product "Fanniferon", amino acid concentrate "Lysine for cats and dogs"); suppressing secondary bacterial

infection and suspected *Bordetella bronchiseptica* ("Pharmazin - 50" in combination with "Biseptol"); to relieve spasms and expand the lumen of the bronchi and bronchioles (beta-adrenergic agonist "Terbutaline"); to reduce the excitability of the cough center and eliminate irritation of the mucous membranes of the respiratory tract (the drug "Codelac Neo"); to liquefy and accelerate the removal of inflammatory exudate from the trachea and bronchi (the expectorant "Bronchipret® TP"); to heal the mucous membrane of the nasal cavity (the drug "Anandin eye and intranasal drops"); to maintain respiratory and cardiac activity (the drug "Sulfocamphocaine"); to eliminate allergic reactions (the drug "Allervet"); to reduce inflammatory and pain reactions (the drug "Meloxivet injection solution 1%"); to improve biochemical processes and oxidation-reduction reactions in the body of dogs (the drugs "Tetravit", "Pentovit", Ascorbic acid 5%). When using such complex treatment, dogs with infectious laryngotracheobronchitis recovered completely and were freed from the pathogen. Hematological blood parameters, on the 7th day from the start of treatment, corresponded to reference values.

УДК [619:615/.618.1]:636.2

Кораблева Т.Р., Сенчук И.В., Федотовская Н.Ю.

ПРИМЕНЕНИЕ ФИТОПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ЭНДОМЕТРИТЕ С ЦЕЛЬЮ РАСКРЫТИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА У КОРОВ

Целью нашей работы было изучение методов цитологической диагностики и клиническая апробация фитопробиотических препаратов при эндометрите с целью раскрытия генетического потенциала у коров. Объектом исследования являлись пятнадцать коров, больных послеродовым эндометритом, которые были разделены на три группы (по 5 голов в каждой). Животным первой и второй подопытных групп внутриматочно вводили по две свечи препарата «Ветомгин» с интервалом 4 часа, через 24 часа процедуру лечения повторяли. Коровам первой подопытной группы дополнительно на 1 и 7 сутки от начала лечения внутримышечно вводили 4 % раствор препарата «Эраконд» в дозе 20 мл на физиологическом растворе. Коровам третьей подопытной группы на 1 и 7 сутки с начала применения лечебных препаратов внутримышечно в дозе по 20 мл вводили только 4 % раствор препарата «Эраконд» на физиологическом растворе. За животными вели наблюдение в течение 15 суток с начала их лечения. Отбор образцов биологических субстратов осуществляли до применения препаратов, на 6 и 10 сутки с начала применения препаратов. При наружном исследовании животных устанавливали состояние вульвы, наличие или отсутствие выделений из половых органов, их цвет, запах и консистенцию. Для получения мазка образец маточно-вагинальных выделений помещался на предметное стекло, смешивался стеклянной палочкой с несколькими каплями физиологического раствора. Сгусток отмывали от включений и примесей, а из жидкой части брали каплю смыва для приготовления мазка. Мазок высушивали, фиксировали и окрашивали по методу Романовского-Гимза. Приготовленный мазок изучали с помощью микроскопа. Проводился подсчет в каждом мазке 100 клеток (клетки влагалища, лимфоциты, нейтрофилы, гнойные тельца, после чего определяли два показателя: тканевой индекс (ТИ) и токсический фактор (ТФ), которые характеризуют состояние половых органов. Тканевой индекс – это частное от деления числа соматических клеток (эпителиальных, покровных, секреторных) на число клеток белой крови. Токсический фактор – это число от деления процента гнойных телец на суммарный процент остальных клеток в мазке. Сертифицированный иммунопробиотический препарат «Ветомгин» производится в виде свечей, герметично упакованных в индивидуальные контейнеры. В одном грамме препарата содержится не менее 10^{16} КОЕ (колониобразующих единиц) живых спор бактерий *Bacillus subtilis* различных штаммов. Фитобиотик «Эраконд» представляет собой растительный конденсированный экстракт люцерны посевной (*Medicago sativa*), который получают из наземной части растения методом ги-

дротермобарометрического экстрагирования. Для терапии послеродового эндометрита у коров применили препарат «Ветомгин», содержащий исследуемый на антагонистическую активность сертифицированные штаммы *B. subtilis*. Ранее нашими исследованиями была доказана их антагонистическая активность по отношению к основным, выделенным от больных послеродовым эндометритом коров, бактериальным культурам («Антагонистическая активность пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* по отношению к возбудителям эндометрита у коров». XX международная (заочная) научно-практическая конференция «Аграрная наука - сельскому хозяйству», г. Барнаул, февраль 2025 г.) Установлено, что использование цитологического исследования выделяемого секрета при послеродовом эндометрите коров повышает точность диагностики и позволяет объективно оценить состояние матки у животных. С целью оценки состояния матки у коров следует проводить оценку тканевого индекса и токсического фактора. Максимальную терапевтическую эффективность при послеродовом эндометрите оказывает сочетанное применения иммунопробиотического препарата «Ветомгин» и фитобиотика «Эраконд».

Korableva T. R., Senchuk I.V., Fedotovskaya N. Y.

THE USE OF PHYTOPROBIOTIC DRUGS FOR ENDOMETRITIS IN ORDER TO UNLOCK THE GENETIC POTENTIAL OF COWS

The purpose of our work was to study cytological diagnostic methods and clinical testing of phytoprobiotic drugs for endometritis in order to unlock the genetic potential of cows. The object of the study was fifteen cows with postpartum endometritis, which were divided into three groups (5 heads each). The animals of the first and second experimental groups were intrauterine injected with two candles of the drug "Vetomgin" with an interval of 4 hours, and the treatment procedure was repeated 24 hours later. Cows of the first experimental group were additionally injected intramuscularly with a 4% solution of the drug "Erakond" in a dose of 20 ml in saline solution on days 1 and 7 after the start of treatment. Cows of the third experimental group on days 1 and 7 from the beginning of the use of medicinal products were injected intramuscularly in a dose of 20 ml with only a 4% solution of the drug "Erakond" in saline solution. The animals were monitored for 15 days from the start of their treatment. Sampling of biological substrates was carried out before the use of drugs, on the 6th and 10th days after the start of the use of drugs. An external examination of the animals revealed the condition of the vulva, the presence or absence of secretions from the genitals, their color, odor and consistency. To obtain a smear, a sample of utero-vaginal secretions was placed on a slide, mixed with a glass wand with several drops of saline solution. The clot was washed from inclusions and impurities, and a drop of flushing was taken from the liquid part to prepare a smear. The smear was dried, fixed, and stained using the Romanovsky-Giems method. The prepared smear was examined using a microscope. 100 cells (vaginal cells, lymphocytes, neutrophils, purulent corpuscles) were counted in each smear, after which two indicators were determined: the tissue index (TI) and the toxic factor (TF), which characterize the condition of the genitals. The tissue index is the quotient of dividing the number of somatic cells (epithelial, integumentary, secretory) by the number of white blood cells. The toxic factor is the number from dividing the percentage of purulent cells by the total percentage of other cells in the smear. The certified immunoprobiotic drug "Vetomgin" is produced in the form of candles, hermetically packed in individual containers. One gram of the drug contains at least 10^{16} colony-forming units of live spores of *Bacillus subtilis* bacteria of various strains. The phyto-biotic "Erakond" is a plant condensed extract of alfalfa (*Medicago sativa*), which is obtained from the ground part of the plant by hydrothermobarometric extraction. For the treatment of postpartum endometritis in cows, the drug "Vetomgin" was used, containing a certified strain of *B. subtilis* tested for antagonistic activity. Earlier, our research proved its antagonistic activity in relation to the main bacterial cultures isolated from cows with postpartum

endometritis (XX international (correspondence) scientific and practical conference "Agrarian Science - agriculture", Barnaul, February 2025). It has been established that the use of cytological examination of secreted secretions in postpartum endometritis of cows increases the accuracy of diagnosis and allows an objective assessment of the condition of the uterus in animals. In order to assess the condition of the uterus in cows, an assessment of the tissue index and the toxic factor should be carried out. The combined use of the immunoprobiotic drug "Vetomgin" and the phytobiotic "Erakond" provides maximum therapeutic efficacy in postpartum endometritis.

Ответственный секретарь — Е.В. Горбунова
Техническое редактирование и верстка — О.Е. Дубровина
Перевод — О.А. Клиценко

Подписано в печать 12.03.2025. Формат 70х100/16. Заказ №
Усл. печ. л. 19,09. Тираж 500 экз.
Подписной индекс объединенного каталога «Пресса России» 64972.
Цена 467 руб. Дата выхода в свет

Редакция: Институт «Агротехнологическая академия»
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
295492, г. Симферополь, п. Аграрное
Тел.: +7 (3652) 26-35-21. E-mail: tauridatas@mail.ru; <https://ata.cfuv.ru/>

Отпечатано в Издательском доме
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7

**Ответственность за точность приведенных данных, фактов, цитат и
другой информации несут авторы опубликованных материалов**