

DOI 10.37279/2413-1946

ISSN 2413-1946



ИЗВЕСТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ ТАВРИДЫ

**TRANSACTIONS OF TAURIDA
AGRICULTURAL SCIENCE**

№39 (202) 2024

№ 39 (202), 2024

№ 39 (202), 2024

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

Содержание

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Кибальник О.П., Семин Д.С., Ефремова И.Г., Бычкова В.В., Калинин Ю.А. Исходный материал для селекции сортов и гибридов сорго с высокой биоэнергетической ценностью и выходом крахмала в зерне	6
Каменова О.Б., Кибальник О.П. Производство крахмала из сорго (обзор).....	17
Салтыков А.Н., Роговой В.И., Федончук А.В. Изобонитеты и макрокомплексы местообитаний основных лесообразующих пород горного Крыма	31
Марченко Д. К. Влияние удобрений на урожайность и экономическую эффективность выращивания зерна кукурузы в условиях Краснодарского края	42
Адамень Ф.Ф., Коковихин С.В., Сташкина А.Ф. Влияние предполивного порога капельного орошения на продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости в условиях Северного Причерноморья	60
Коковихин С.В., Макаренко А.А., Логойда Т.В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия.....	80
Василько В.П., Егоян В.Е. Урожайность сахарной свеклы, качество корнеплодов и экономико-энергетическая эффективность выращивания в условиях Западного Предкавказья	100
Ничипуренко Е.Н., Федорова Т.Д. Сравнительная характеристика пищевого режима чернозема выщелоченного при применении различных технологий возделывания озимой пшеницы	119
Сташкина А.Ф. Агролесомелиорация и моделирование процессов накопления углерода в экосистемах Крыма	133

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Чебанов А.Б., Стручаев Н.И., Адамова С.В., Чебанова Ю.В., Стручаев К.Н. Анализ методов обрушивания семян клещевины	147
Чемодуров В.Т., Ажермачев С.Г., Литвинова Э.В. Регулирование частот собственных колебаний агротехнологических агрегатов	162

ВЕТЕРИНАРИЯ

Лозовой Н.М., Зубцова В.А. Эффективность применения внутривлагалищных имплантов ПРИД Дельта и СИДР для регуляции половой цикличности тёлочек абердин-ангусской породы.....	171
Лукьянов Р.Ю., Лукьянова Г.А., Лукьянов М.Р. Влияние препарата метилурацил на клеточные показатели иммунитета организма ягнят при лечении ассоциативной бронхопневмонии	180
Кувда Н.Н., Кувда Е.Н., Пономарёв А.А. Влияние генетического потенциала коров на молочную продуктивность и устойчивость к гипертермии	187
Рефераты	198

Contents

AGRONOMY AND FORESTRY

Kibalnik O.P., Semin D.S., Efremova I.G., Bychkova V.V., Kalinin Yu.A. Source material for the breeding varieties and hybrids of sorghum with high bioenergetic value and starch yield in grain.....	6
Kameneva O.B., Kibalnik O.P. Production of starch from sorghum (review)	17
Saltykov A.N. , Rogovoy V.I. , Fedonchuk A.V. ISobonitets and macrocomplexes of habitats of main forest-forming species in Crimean mountains	31
Marchenko D. K. The influence of fertilizers on the productivity and economic efficiency of growing corn grain in the conditions of Krasnodar region.....	42
Adamen F.F., Kokovikhin S.V. Stashkina A.F. Influence of pre-irrigation threshold of drip irrigation on the productivity of corn hybrids of different maturity groups in the conditions of the northern Black Sea region.....	60
Kokovikhin S.V., Makarenko A.A., Logoyda T.V. Optimization of the irrigated crop rotations and agro-ecological justification of smart farming systems.....	80
Vasilko V.P., Egoyan V.E. Sugar beet yield, root crops quality and economic and energy efficiency in the western ciscaucasia.....	100
Nichipurenko E.N., Fedorov T.D. Comparative characteristics of the nutrition regime of leached chernozem with the application of various technologies for cultivation of winter wheat.....	119
Stashkina A.F. Agroforestry reclamation and modeling of carbon accumulation processes in Crimean ecosystems.....	133

AGRO-INDUSTRIAL ENGINEERING

Chebanov A.B., Struchaev N.I., Adamova S.V., Chebanova Yu.V., Struchaev K.N. Analysis of methods for hulling castore bean seeds	147
Chemodurov V.T., Azhermachev S.G., Litvinova E.V. Regulation of natural oscillation frequencies of agrotechnological units	162

VETERINARY

Lozovoy N.M., Zubtsova V.A. Efficacy of intravaginal implants PRID Delta and CIDER for controlling sexual cyclicity of calves of aberdeen-angus breed	171
Lukianov R.Y., Lukianova G.A., Lukianov M.R. Nfluence of methyluracil on cellular immunity indicators of lambs during treatment of associate bronchopneumonia	180
Kuevda N.N., Kuevda E.N., Ponomarev A.A. Cow genetic potential impact on milk production and hyperthermia resistance	187
Abstracts	198

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 633.174:664.27

**ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ
СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ И
ГИБРИДОВ СОРГО С ВЫСОКОЙ
БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ЦЕННОСТЬЮ И ВЫХОДОМ
КРАХМАЛА В ЗЕРНЕ**

Кибальник О.П., кандидат биологических наук, главный научный сотрудник;
Семин Д.С., кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник;
Ефремова И.Г., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;
Бычкова В. В., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник;
Калинин Ю.А., младший научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы»

Сформирована рабочая коллекция образцов зернового сорго с очень высоким содержанием крахмала (75% и более) и урожайностью зерна в пересчете на сухое вещество 4,06-5,74 т/га для селекции сортов в качестве сырья при производстве продукции из крахмала на пищевые цели. Установлены селекционные линии, соответствующие параметрам модели сорта при селекции на получение крахмала, к которым по выходу крахмала отнесены: Л-ПЗС 261-1/14 – 3,97 т/га, Л-121/14 – 4,28 т/га, Л-80/14 – 3,27 т/га, Л-164-1/14 – 3,16 т/га и Л-251/13 – 3,06 т/га. Таким образом, рабочая коллекция включила 5 лучших образцов зернового сорго с белой и свет-

**SOURCE MATERIAL FOR THE
BREEDING VARIETIES
AND HYBRIDS OF SORGHUM
WITH HIGH BIOENERGETIC
VALUE AND STARCH YIELD IN
GRAIN**

Kibalnik O.P., Candidate of Biological Sciences, Chief Researcher;
Semin D.S., Candidate of Agricultural Sciences, Chief Researcher;
Efremova I.G., Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher;
Bychkova V.V., Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher;
Kalinin Yu.A., Junior Researcher, FSSBI «Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn»

A working collection of samples of grain sorghum with a very high starch content (75% or more) and a grain yield with a 100% dry matter content of 4.06-5.74 t/ha has been formed for the selection of varieties as raw materials in the production of starch products for food purposes. Breeding lines have been established that correspond to the parameters of the variety model during selection for starch production, to which, according to starch yield, the following are attributed: L-CCD 261-1/14 – 3.97 t/ha, L-121/14 – 4.28 t/ha, L-80/14 – 3.27 t/ha. They are close to the model starch productivity of the line L-164-1/14 – 3.16 t/ha and L-251/13 – 3.06 t/ha.

лой окраской зерновок, к ним отнесены крупнозерные продуктивные линии с массой 1000 семян 31,4-35,2 г (Л-251/13, Л ПЗС 261-1/14, Л-80/14) и два образца с массой 1000 семян 24,1 г (Л-164-1/14) и 25,7 г (Л-121/14). Выявлены также линии с высокой биоэнергетической ценностью и высоким содержанием крахмала зерна, имеющие окрашенную оболочку зерновки – Л-112/14 и Л-110/14, которые участвуют в создании сортов для использования на зернофураж.

Ключевые слова: исходный материал, зерновое сорго, содержание и выход крахмала

Thus, the working collection included the 5 best samples of grain sorghum with white and light colored grains that meet the basic parameters of the variety model for starch production. Lines with high bioenergetic value and high starch content of grain, having a colored grain shell – L-112/14 and L-110/14, which are involved in the creation of varieties for use in grain forage, have also been identified.

Keywords: starting material, grain sorghum, starch content and yield

Введение. Для производства крахмала и крахмалосодержащих продуктов используется сельскохозяйственное сырье, дающее наибольший экономический эффект в регионе его возделывания. Этот эффект, как правило, отражается в показателях, представляющих массу готового продукта, которую можно получить с одного гектара возделываемой сельскохозяйственной культуры. Российские производители крахмала территориально расположены в основном в Центральном федеральном округе и наиболее эффективными видами сырья для них являются кукуруза, пшеница и картофель [1, 4, 7]. Частое проявление засушливых условий в различных регионах РФ вызывают необходимость рассмотрения засухоустойчивых высококрахмалистых сельскохозяйственных культур с целью использования в качестве альтернативных источников, к которым относится сорго.

Зерновое сорго является перспективным сырьем для производства крахмала, характеризуется его высоким содержанием – 71-78% и служит альтернативой кукурузе в качестве крахмалосодержащего источника [2]. Последние годы все больше возрастает интерес исследователей к созданию высококрахмалистых сортов зернового сорго [6], а также производственных испытаний использования сорго для переработки на крахмал и его производные [12]. Среди большого генетического разнообразия образцов видов *S. bicolor* и *S. saccharatum* есть формы, формирующие урожайность до 7,0 т/га зерна и содержанием крахмала до 71-78% [11, 12]. Зерно сорговых культур по химическим свойствам и особенностям переработки не отличается от кукурузного, что позволяет считать его новым, перспективным источником для получения различных сахаристых продуктов [5, 6, 9].

Растения рода *Sorghum Moench* отличаются меньшей требовательностью к почвам, характеризуются высокой стрессоустойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды. ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» располагает

наличием уникального генофонда высококрахмалистых сортообразцов и линий сорго собственной селекции, вызревающих в условиях низкой влагообеспеченности и относительных тепловых ресурсов. Ведение селекции в таких климатических условиях позволило создать сорта и гибриды с широкими адаптационными способностями и районировать их от Центрально-черноземного до Западно-Сибирского регионов РФ, что способствует увеличению ассортимента продуктов биоконверсии крахмала для использования в кормопроизводстве (кормовая патока), пищевой промышленности и медицине (различные виды глюкозы, глюкозо-фруктозные сиропы, сорбит, патоки – крахмальная, мальтозная, карамельная) и на технические цели (этанол, биоэтанол) [5]. Развитие направления селекции сорго на продуктивность и высокое содержание крахмала зерна отвечает вопросам импортозамещения и обеспечения сырьем отечественной отрасли крахмалопаточной промышленности.

Целью настоящих исследований явилось формирование исходного материала и выявление наиболее продуктивных и высокоэнергетических перспективных линий зернового сорго с улучшенным биохимическим составом зерна, обеспечивающих максимальный выход крахмала с единицы площади посева. Поставлены следующие задачи исследований:

- сформировать рабочую коллекцию образцов с наиболее высоким содержанием крахмала, отличающихся максимальной урожайностью зерна, массой 1000 зерен, светлой окраской зерновок, отвечающих технологическим параметрам получения пищевого крахмала;

- выделить образцы, отличающиеся высокой биоэнергетической ценностью зерна для использования в кормопроизводстве на зернофураж.

Материалы и методы исследований. Имеющийся в институте генофонд зернового сорго этого направления исследований включил 79 коллекционных сортообразцов, 208 селекционных образцов и 88 селекционных линий зернового сорго различных питомников репродукции 2021-2023 гг. Объектами исследований стали образцы рабочей коллекции (всего 16 образцов), сорта-стандарты зернового сорго собственной селекции, отличающиеся высокой зерновой продуктивностью, крупнозерностью, стабильным вызреванием в годы исследований и наиболее высоким содержанием крахмала, которые являются определяющими показателями практического использования селекционного материала в производстве крахмала.

Погодно-климатические условия периодов вегетации. Исследования в течение 2021-2023 гг. проведены на опытном поле института ФГБНУ РосНИИСХ «Россорго» (г. Саратов). Почва опытного участка представлена черноземом южным среднесуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,05%. Нитрификационная способность (по Кракову) – 7,7 мг/кг; фосфор (по Мачигину) – 25-37 мг/кг, калий (в углеаммонийной вытяжке) – 349-378 мг/кг. Реакция почвенной среды рН=7,0-7,3.

Климат Саратовской области резко континентальный. Для данной климатической зоны характерно частое проявление почвенных и воздушных засух.

Температурный режим и условия влагообеспеченности неоднородны. Среднегодовая сумма осадков варьирует в пределах 250 – 450 мм. Сумма активных температур за период вегетации сорговых культур составляет 2400-3100°C. Среднегодовая температура воздуха +4,8°C. Абсолютный минимум температур наблюдается в январе и составляет -40°C, абсолютный максимум – +42°C в июле-августе. Наибольшие среднесуточные температуры воздуха (21,0-21,7°C) и количество выпавших осадков (51 мм) наблюдаются в июле.

Гидротермические коэффициенты оказались различными в годы исследований и составили в 2021 г. – 0,62; в 2022 г. – 0,75; в 2023 г. – 0,69.

Агротехника выращивания образцов сорго – зональная, разработанная научными учреждениями Нижнего Поволжья. Закладка делянок осуществлена согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [8]. Посев питомников проведен во второй декаде мая селекционной кассетной сеялкой СКС-6-10 на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Площадь делянок в питомнике составила – 7,7 м². Повторность в опыте от одно- до трехкратной. Густота стояния растений скорректирована вручную до 100-150 тыс. растений на гектаре. За стандарт принят допущенный к использованию в Нижневолжском регионе светлозерный сорт зернового сорго Топаз селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго».

Оценка хозяйственно-ценных признаков проведена согласно Широкого унифицированного классификатора СЭВ и международного классификатора СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench* [10]. Зерно сортов и селекционных линий оценено по содержанию основных компонентов качества: сырого протеина, сырого жира, сырой золы, клетчатки, содержанию БЭВ, а также крахмала. Биохимический анализ зерна зернового сорго урожая 2022-2023 гг. проведен в лаборатории отдела биохимии и биотехнологии на инфракрасном анализаторе Spectra Star XT. Согласно широкому унифицированному классификатору СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench* установлены пределы следующих градаций содержания крахмала в зерне сорго: очень низкое (< 60%), низкое (60-65%), среднее (66-70%); высокое (71-75%); очень высокое (>75%) [10].

Биоэнергетическую ценность зерна образцов устанавливали в соответствии с общепринятой методикой [3] по формуле:

$$ВЭ = 23,95 \times СП + 39,77 \times СЖ + 20,05 \times СК + 17,46 \times БЭВ,$$

где ВЭ – содержание валовой энергии в 1 кг сухого вещества зерна (биомассы), МДж/кг;

СП – содержание сырого протеина в сухом веществе зерна (биомассы), %;

СЖ – содержание сырого жира в сухом веществе зерна (биомассы), %;

СК – содержание сырой клетчатки в сухом веществе зерна (биомассы), %;

БЭВ – содержание безазотистых экстрактивных веществ в сухом веществе зерна (биомассы), %.

Обработка экспериментальных данных выполнена методом дисперсионного анализа с помощью программы Агрос 2.09.

На основе данных содержания валовой энергии в кг сухого вещества зерна

рассчитан выход валовой энергии с единицы посевной площади. Обобщение трехлетних данных показало наличие перспективного исходного материала, характеризующегося достаточно высокими энергетическими показателями.

Результаты и обсуждения. Крахмал – основной биохимический показатель, количество и качество которого определяет результативность использования сорго в крахмалопаточной промышленности при производстве пищевого крахмала. Содержание крахмала значительно варьировало в зерне образцов из различных селекционных питомников, величина показателей которого оценено как очень низкое (60% и ниже) и до очень высокого (75% и выше).

Оценка образцов показала широкое варьирование величины признака: из 79 сортообразцов согласно градации показателя по Унифицированному классификатору для сорго [10], наибольшая часть – 48 образцов (60,8%) отнесены к группе с высоким содержанием крахмала, группу со средним содержанием крахмала в зерне составили 25 сортообразцов. В коллекции образцов не оказалось форм с очень высоким содержанием крахмала, при этом очень низкую величину признака показали два образца, а низким содержанием крахмала характеризовались четыре образца (табл.1). Выделены коллекционные сортообразцы: к-8477 – 74,57%, к-9341 – 74,18%.

Исследовано 208 селекционных образцов селекционного питомника, среди которых не выявлено форм с очень низким содержанием крахмала (табл.1). Большинство образцов (129 шт.) отнесены в группу форм с высоким содержанием крахмала, а 66 образцов образовали группу со средним уровнем крахмала в зерне и лишь 3 образца характеризовались низким содержанием крахмала. Выявлено 10 образцов с очень высоким уровнем крахмала в зерне (более 75%), среди них наибольшими показателями выделились образцы: ПЗС №404 – 75,40%, ПЗС № 39 – 75,27%, ПЗС №360 – 75,89%, ПЗС №27 – 75,62%, ПЗС №321 – 75,59%, ПЗС №261 – 75,41%, ПЗС №132 – 75,35%, ПЗС №473 – 75,96%, ПЗС №168/20 – 75,35%, ПЗС №21 – 75,37%.

Анализ 88 селекционных линий предварительного сортоизучения показал повышение уровня крахмала в образцах в процессе селекции на качество зерна, так что повысилось число форм с очень высоким содержанием крахмала до 17 образцов (19,3% от числа изученных). Значительно представлена группа линий с высоким уровнем крахмала – 67 образцов, что составило 76,1% от количества изученных форм, а группа со средним содержанием крахмала включила всего 4 линии (4,5%) (табл. 1). К числу высококрахмалистых линий данного питомника отнесены: Л-ПЗС 261-1/14 – 76,97% крахмала в зерне, линии Л-115/14 – 75,11%, Л-112/14 – 77,30%, О-Л-94/14 – 76,98%, Л-36а/17 – 75,23%, Л-49/14 – 76,75%, О- Л-107/14 – 75,09%, Л-164-2/14 – 76,48%, Л-164/14 – 75,47%, Л-43/14 – 75,23%, Л-41/14 – 75,15%, Л-80/14 – 75,37%, Л-110/14 – 76,02%.

Питомник конкурсного сортоизучения представлен 27 сортами и 3 селекционными перспективными линиями, которые по содержанию крахмала в зерне образцов образовали 2 группы: 24 сорта характеризовались очень высоким содержанием крахмала, другая группа сортов и линий отличилась высоким уровнем показателя (табл.1).

Таблица 1. Распределение образцов зернового сорго разных питомников по группам с различным содержанием крахмала в зерне

Содержание крахмала, %	Оценка показателя	Количество образцов в питомниках, штук / %			
		коллекционный	селекционный	предварительное сортоизучение	конкурсное сортоизучение
< 60	Очень низкое	2 / 2,5	-	-	-
60-65	Низкое	4 / 5,1	3 / 1,4	-	-
66-70	Среднее	25 / 31,6	66 / 31,7	4 / 4,5	-
71-75	Высокое	48 / 60,8	129 / 62,1	67 / 76,1	6 / 20,0
>75	Очень высокое	-	10 / 4,8	17 / 19,4	24 / 80,0

Исходный материал зернового сорго включил 250 селекционных образцов с высоким содержанием крахмала в зерне (71-75%) из различных питомников. Образцы с очень высоким уровнем показателя (75% и более) составили рабочую коллекцию, включающую 16 образцов для селекции высококрахмалистых сортов и гибридов. Эта группа образцов оценена в сравнении с продуктивным сортом-стандартом зернового сорго Топаз с окраской зерновки кремового цвета (табл. 2). Для производства и переработки крахмала сорго на пищевые цели наиболее востребованы образцы с белой, цвета слоновой кости, кремовой окраской зерновок, к которым отнесены 12 представленных сортов и образцов. Часть образцов рабочей коллекции (4 образца) отличаются более окрашенными зерновками: Л-112/14 – оранжевопестрая, Л-41/14 – желтооранжевая, О-Л-107/14 – желтая, Л-110/14 – светлокориичневая. С учетом урожайности и достаточной крупности зерна этот селекционный материал наиболее пригоден для производства зернофуража, обогащенного высоким содержанием крахмала.

Содержание крахмала в зерне отобранной рабочей коллекции было высоким и очень высоким согласно градации Классификатора сорговых культур и варьировало в пределах 74,58% (Л-121/14) – 77,30% (Л-112/14). Большая часть выделенных образцов отличилась очень высоким содержанием крахмала – более 75%.

Проведен анализ биоэнергетической ценности, содержания и выхода крахмала зерна продуктивных образцов зернового сорго. На основе оценки биохимических компонентов в зерне [14] рассчитано содержание валовой энергии в 1 кг сухого зерна, которое варьировало у образцов в незначительных пределах: 18,52 МДж (РСК Каскад, Л-43/14) – 18,99 МДж (Л-121/14). На базе данных урожайности сухого зерна и содержания валовой энергии в кг его проведен расчет выхода валовой энергии зерна с гектара посевов образцов. Установлено варьирование выхода валовой энергии в пределах 51,72 ГДж/га (Л-100/14) – 109,00 ГДж/га (Л-121/14). На уровне со стандартами по выходу валовой энергии зерна оказались селекционные линии Л-251/13 – 75,84 ГДж/га, Л-112/14 – 81,71 ГДж/га, Л-ПЗС 261-1/14 – 97,11 ГДж/га, Л-164-1/14 – 79,21 ГДж/га, Л-80/14 – 80,90 ГДж/га, а линия Л-121/14 существенно превысила стандарты выходом валовой энергии – 109,00 ГДж/га (табл. 2).

Таблица 2. Биоэнергетическая ценность, содержание и выход крахмала зерна продуктивных образцов зернового сорго

Сорт, линия	Содержание валовой энергии в кг,						Содержание валовой энергии в кг, МДж	Масса 1000 семян, г	Урожайность сухого вещества, т/га	Выход валовой энергии, ГДж/га	Расчетный выход крахмала, т/га
	жир	зола	клетчатка	протеин	БЭВ	крахмал					
Топаз St	2,93	0,87	1,05	10,21	84,94	77,86	18,66	28,5	3,35	62,51	2,61
Л-251/13	3,17	1,27	1,03	10,21	84,32	75,45	18,68	31,4	4,06	75,84	3,06
Л-115/14	3,12	1,19	0,66	10,93	84,10	75,11	18,67	26,0	3,16	59,00	2,37
Л-112/14	2,87	0,94	0,78	9,50	85,91	77,30	18,57	30,8	4,40	81,71	3,40
Л-41/14	2,92	1,17	0,62	10,02	85,27	76,98	18,57	31,5	3,79	70,38	2,92
Л-43/14	2,83	1,30	1,07	10,61	84,19	75,15	18,52	30,1	3,76	69,64	2,82
Л-49/14	3,53	0,54	0,62	11,61	83,70	76,75	18,91	24,8	3,25	61,46	2,49
О-Л-07/14	3,62	1,17	0,62	11,34	83,25	75,09	18,82	30,6	2,84	53,45	2,13
О-Л-94/14	2,92	1,17	0,62	10,02	85,27	76,98	18,57	34,5	3,49	64,81	2,69
Л-ПЗС 61-/14	3,57	0,70	1,31	10,01	84,41	76,89	18,82	32,9	5,16	97,11	3,97
Л-36а/17	3,01	1,08	0,67	10,18	85,06	75,60	18,62	30,8	3,10	57,72	2,34
Л-113/14	3,09	1,14	0,59	11,03	84,15	75,37	18,68	30,8	3,01	56,23	2,27
Л-121/14	3,77	0,72	1,02	12,29	82,20	74,58	18,99	25,7	5,74	109,00	4,28
Л-164/14	3,69	0,85	1,13	11,33	83,00	75,53	18,90	24,6	3,63	68,61	2,74
Л-164-/14	3,88	0,83	1,20	11,45	82,64	75,51	18,95	24,1	4,18	79,21	3,16
Л-80/14	3,16	1,40	0,67	10,77	84,00	75,37	18,64	35,2	4,34	80,90	3,27
Л-110/14	3,27	1,08	0,96	10,08	84,61	76,02	18,67	33,5	2,77	51,72	2,11
НСР ₀₅	0,24	0,09	0,08	0,82	6,14	5,82	-	2,43	0,32	6,38	0,25

Изучение образцов рабочей коллекции позволило установить селекционные линии, посеvy которых обеспечивают выход крахмала с зерном, превышающий показатель у сорта-стандарта Топаз и с комплексом необходимых характеристик для практического использования сырья в крахмало-паточном производстве. К таким отнесены 5 наиболее высокопродуктивных по выходу крахмала линий: Л-ПЗС 261-1/14 – 3,97 т/га, Л-121/14 – 4,28 т/га, Л-80/14 – 3,27 т/га, Л-164-1/14 – 3,16 т/га и Л-251/13 – 3,06 т/га.

Пять выделенных бело- и светлозерных образцов зернового сорго составили группу крупнозерных продуктивных линий с массой 1000 семян 31,4-35,2 г (Л-251/13, Л ПЗС 261-1/14, Л-80/14) и два образца с массой 1000 семян 24,1 г (Л-164-1/14) и 25,7 г (Л-121/14).

Выявлены также перспективные с высокой биоэнергетической ценностью и высоким содержанием крахмала зерна линии, имеющие окрашенную оболочку зерновки – Л-112/14 и Л-110/14, которые участвуют в создании сорта для использования на зернофураж.

Выводы. В результате сравнительных исследований выделена группа образцов, пригодных для создания сортов в качестве сырья при производстве диетической продукции из крахмала на пищевые цели. Выявлена рабочая коллекция из пяти продуктивных линий, посеvy которых обеспечивают выход крахмала с зерном, существенно превосходящий показатель у стандарта сорта Топаз (2,61 т/га крахмала), к которым отнесены: Л-ПЗС 261-1/14 – 3,97 т/га, Л-121/14 – 4,28 т/га, Л-80/14 – 3,27 т/га, Л-164-1/14 – 3,16 т/га и Л-251/13 – 3,06 т/га., среди них выделены крупнозерные формы с массой 1000 семян 31,4-35,2 г (Л-251/13, Л ПЗС 261-1/14, Л-80/14) и два образца с массой 1000 семян 24,1 г (Л-164-1/14) и 25,7 г (Л-121/14). Установлена высокая биоэнергетическая ценность и высокое содержание крахмала зерна у линий с окрашенной оболочкой зерновок Л-112/14 и Л-110/14, которые участвуют в создании сорта для использования на высококачественный зернофураж.

Список использованных источников

1. Аксенов В.В. Комплексная переработка растительного крахмало-содержащего сырья в России // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2007. – № 4. – С. 213-218.

2. Алабушев А.В. Ковтунов В.В., Лушпина О.А. Сорго зерновое – перспективное сырьё для производства крахмала // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 7. – С. 64-66.

3. Григорьев Н.Г., Скоробогатых

References:

1. Aksenov V.V. Complex processing of vegetable starch-containing raw materials in Russia // Vestnik of the Krasnoyarsk State Agrarian University. - 2007. - N. 4. - P. 213-218.

2. Alabushev A.V. Kovtunov V.V., Lushpina O.A. Grain sorghum is a promising raw material for starch production // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2016. – V. 30. – N. 7. – P. 64-66.

- Н.Н., Косолапов В.М. Оценка качества кормов по обменной энергии // Кормопроизводство. – 2008. – № 9. – С. 21-22.
4. Донков С.А., Кадетова М.Ю. Ферментативный гидролиз крахмала и крахмалсодержащего растительного сырья при получении сахаросодержащих продуктов для животноводства (обзор патентов) // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 3. – С. 216-221.
5. Зерновое сорго – сельскохозяйственная культура с большими возможностями: биологический потенциал, использование в пищевой промышленности и кормопроизводстве: монография / Сазонова И.А., Кондаков К.С. и др. – Саратов: ИЦ «Наука». – 2023. – 127 с.
6. Ковтунов В.В., Горпиниченко С.И. Селекция сорго зернового на содержание крахмала // Зерновое хозяйство России. – 2010. – № 6(12). – С. 32-34.
7. Лукин Д.Н., Андреев Н.Р. К вопросу импортозамещения продуктов глубокой переработки зерна и картофеля // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2014. – № 4. – С. 291-294.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1989. – 194 с.
9. Сыркина Л.Ф., Никонорова Ю.Ю. Сорго зерновое как возможный источник сырья для переработки на крахмал и спирт // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 10(163). – С. 95-100. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-95-100
10. Якушевский Е.С., Варадинов С.Г., Корнейчук В.А., Баняи Л. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода
3. Grigoriev N.G., Skorobogatykh N.N., Kosolapov V.M. Evaluation of feed quality by exchange energy // Feed production. – 2008. – N. 9. – P. 21-22.
4. Donkov S.A., Kadetova M.Yu. Enzymatic hydrolysis of starch and starch-containing vegetable raw materials in the production of sugar-containing products for animal husbandry (review of patents) // Vestnik of KrasGAU. – 2019. – N. 3. – P. 216-221.
5. Grain sorghum is an agricultural crop with great opportunities: biological potential, use in the food industry and feed production: monograph / Sazonova I.A., Kondakov K.S. et al. – Saratov: IC Nauka. - 2023. – 127 p.
6. Kovtunov V.V., Gorpichenko S.I. Selection of grain sorghum for starch content // Grain farming of Russia. – 2010. – N. 6(12). – P. 32-34.
7. Lukin D.N., Andreev N.R. On the issue of import substitution of products of deep processing of grain and potatoes // Vestnik of the Voronezh State University of Engineering Technologies. - 2014. – N. 4. – P. 291-294.
8. The methodology of the state variety testing of agricultural crops. – M., 1989. – 194 p.
9. Syrkina L.F., Nikonorova Yu.Yu. Grain sorghum as a possible source of raw materials for processing into starch and alcohol // Vestnik of KrasGAU. – 2020. – N. 10(163). – P. 95-100. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-95-100
10. Yakushevsky E.S., Varadinov S.G., Korneychuk V.A., Banyai L. The broad unified classifier of CMEA and the international classifier of CMEA of cultivated species of the genus Sorghum Moench – L., 1982. – 34 p.

Sorghum Moench – Л., 1982. – 34 с.

11. Kibalnik O., Semin D., Gorbunov V., Zhuzhukin V., Efremova I., Kukoleva S., Starchak V., Arhipov A., Kameneva O. Directions of breeding of grain sorghum in the Lowel Volga region of Russia // *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 2017. – N1. – P. 226-229. DOI:10.15414/agrobiodiversity.2017.2585-8246.226-229

12. Kulikova N.E., Chernobrovina A.G., Roeva N.N., Popova O.Y. Studying the bioconversion process of grain sorghum starch // *Polish journal of science*. – 2020. – No.28. – P. 12-15.

11. Kibalnik O., Semin D., Gorbunov V., Zhuzhukin V., Efremova I., Kukoleva S., Starchak V., Arhipov A., Kameneva O. Directions of breeding of grain sorghum in the Lowel Volga region of Russia // *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. – 2017. – N. 1. – P. 226-229. DOI:10.15414/agrobiodiversity.2017.2585-8246.226-229

12. Kulikova N.E., Chernobrovina A.G., Roeva N.N., Popova O.Y. Studying the bioconversion process of grain sorghum starch // *Polish journal of science*. – 2020. – N. 28. – P. 12-15.

Сведения об авторах:

Оксана Павловна Кибальник – кандидат биологических наук, главный научный сотрудник отдела сорговых культур ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», e-mail: kibalnik1989@yandex.ru, 410050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, д. 4

Дмитрий Сергеевич Семин – кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, руководитель отдела сорговых культур ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», e-mail: sds-balashov@yandex.ru, 410050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, д. 4

Ирина Григорьевна Ефремова – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела сорговых культур ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», e-mail: efremova-irina1946irina@yandex.ru, 410050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, д. 4

Вера Валерьевна Бычкова – кандидат биологических наук, ведущий

Information about the authors:

Kibalnik Oksana Pavlovna – Candidate of Biological Sciences, Chief Researcher FSSBI «Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn» Russia, 410050, Saratov, 1-st Institutskiy proezd, 4, E-mail: kibalnik79@yandex.ru

Dmitry Sergeevich Semin – Candidate of Agricultural Sciences, Chief Researcher, FSSBI «Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn» Russia, 410050, Saratov, 1-st Institutskiy proezd, 4, E-mail: sds-balashov@yandex.ru

Irina Grigorievna Efremova – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Department of Sorghum Crops FSSBI «Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn» Russia, 410050, Saratov, 1-st Institutskiy proezd, 4, E-mail: efremova-irina1946irina@yandex.ru

Vera Valerievna Bychkova –

научный сотрудник отдела биохимии и биотехнологии ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», e-mail: bychkova_vv@list.ru, 410050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, д. 4

Юрий Александрович Калинин – младший научный сотрудник отдела биохимии и биотехнологии ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», e-mail: iu-kalin1n@yandex.ru, 410050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, д. 4

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Department of Biochemistry and Biotechnology FSSBI «Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn» Russia, 410050, Saratov, 1-st Institutskiy proezd, 4, E-mail: bychkova_vv@list.ru

Yuri Aleksandrovich Kalinin – junior researcher at the Department of Biochemistry and Biotechnology of the FSSBI «Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn» Russia, 410050, Saratov, 1-st Institutskiy proezd, 4, E-mail: iu-kalin1n@yandex.ru

УДК 633.174:664.22/27

**ПРОИЗВОДСТВО КРАХМАЛА ИЗ
СОРГО (ОБЗОР)**

Каменева О.Б., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;

Кибальник О.П. кандидат биологических наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы», г. Саратов, Россия

Эффективное развитие пищевой и перерабатывающей промышленности в современных условиях предусматривает не только внедрение новых ресурсосберегающих технологий, но и подбор перспективных культур, позволяющих решать те или иные поставленные задачи. Для пополнения сырьевой базы в регионах с засушливым климатом, на малоплодородных почвах вызывают необходимость рассмотрения альтернативных высококрахмалистых сельскохозяйственных культур, к которым относится сорго. Зерно сорго содержит до 78% крахмала. Генетическое разнообразие сорговых позволяет выявить высокоурожайные формы, способные давать до 7,0 т/га зерна.

Ключевые слова: сорго, зерно, крахмал, сахарсодержащие продукты, биоразлагаемые полимеры, амилоза, амилопектин

**PRODUCTION OF STARCH FROM
SORGHUM (REVIEW)**

Kameneva O.B., Candidate of Agricultural Sciences, Leader Researcher;

Kibalnik O.P., Candidate of Biological Sciences, Chief Researcher
FSSBI «Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn»

The effective development of the food and processing industry in modern conditions provides not only for the introduction of new resource-saving technologies, but also for the selection of promising crops that allow solving certain tasks. In order to replenish the raw material base in regions with arid climates, on infertile soils, it is necessary to consider alternative high-starch crops, which include sorghum. Sorghum grain contains up to 78% starch. The genetic diversity of sorghum makes it possible to identify high-yielding forms capable of producing up to 7.0 t/ha of grain.

Keywords: sorghum, grain, starch, sugar-containing products, biodegradable polymers, amylose, amylopectin

Введение. Уникальные свойства крахмала как природного, ежегодно пополняемого полимера, привлекают внимание не только исследователей, но и непосредственных производителей самых разнообразных продуктов на его основе, о чем свидетельствует большое число публикаций и патентов по синтезу и применению производных крахмала. Крахмал – это природный полисахарид, который содержится в различных органах растений. В силу химических

особенностей и свойств его вырабатывают в значительном количестве во всем мире более 60 млн тонн в год и используют для пищевых, фармакологических, технических и других целей.

В России крахмал производят в основном из пшеницы, кукурузы и картофеля. По оценкам ID-Marketing, крупнейшим производителем натуральных крахмалов в нашей стране выступает Тульская область. На регион приходится порядка 25% производства. В частности, регион занимает ведущее положение в производстве пшеничного крахмала.

Крахмал и продукты его переработки являются сырьем для многих пищевых ингредиентов, развитие производства которых позволит снизить импортозависимость страны. На фоне отрицательной динамики импорта отечественные производители максимально наращивают объемы производства нативного крахмала из картофеля, пшеницы и кукурузы. Среди крупнейших производителей Краснодарский край, где расположены производственные мощности компании «Рустарк» (КЗ «Гулькевичский»), и Тамбовская область, представленная мощностями ОАО «Хоботовское предприятие «Крахмалопродукт». В 2020 году в Волгоградской области был введен в работу завод ООО «НьюБио» [1].

Для производства крахмала и крахмалосодержащих продуктов используется сельскохозяйственное сырье, дающее наибольший экономический эффект в регионе его возделывания. Этот эффект, как правило, отражается в показателях, представляющих массу готового продукта, которую можно получить с одного гектара возделываемой сельскохозяйственной культуры. Так, основными источниками сырья для крахмалопаточной промышленности в настоящее время являются картофель, пшеница и кукуруза [15], у которых доля крахмала составляет 58-76%, протеина – 9-14%, жира – 1-7%, клетчатки – 1-6% (рис. 1).

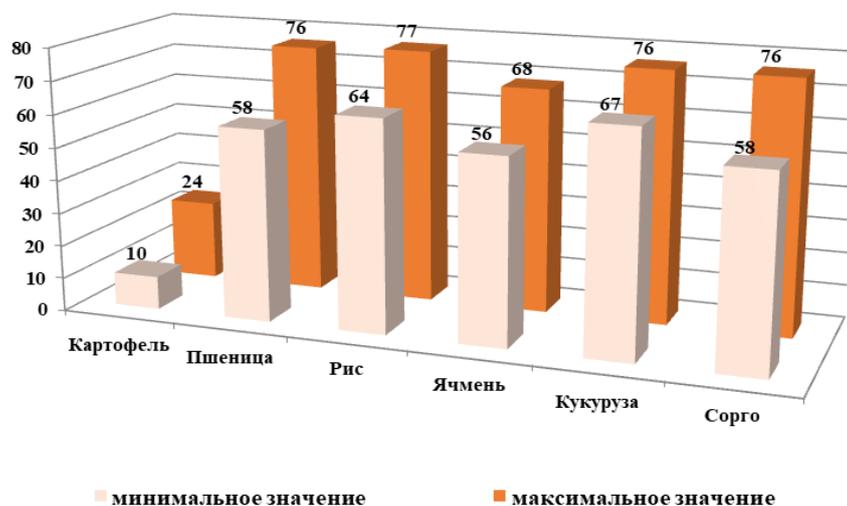


Рисунок 1. Содержание крахмала в клубнях и зерне сельскохозяйственных культур, % [2].

Цель обзора – рассмотреть и провести анализ научных публикаций об использовании альтернативных источников сырья, на примере сорго, в производстве крахмала.

Материалы и методы исследований. При сборе и анализе информации по данному вопросу нами использовались научные публикации российских и зарубежных авторов по изучаемому вопросу, размещенные в следующих поисковых системах Google Scholar, Agris, Web of Science, Scopus, PubMed и Elibrary. Для рассмотрения принимались публикации, изданные в период 2010-2024 гг.

Результаты и обсуждение.

Применение крахмала в пищевой отрасли

В последние десятилетия в индустрии крахмала значительно увеличился ассортимент продукции за счет новых областей применения. К 2030 г. в России прогнозируется рост объема потребления зерна на промышленную переработку до 10 млн. тонн в год, половину из которых составит глубокая переработка [1]. Несмотря на то что многие производные крахмала освоены и выпускаются в промышленном масштабе, исследования по оптимизации технологии их получения проводятся постоянно. Особое внимание уделяется использованию крахмалопродуктов в пищевом производстве. Число продуктов переработки крахмала на пищевые цели приближается к сотне [3, 4, 5, 6].

Проведение гидролиза крахмала специфично для технологии каждого сахаросодержащего продукта. Осуществление деструкции полисахаридов возможно кислотным и кислотнo-ферментативным способами, а также биоконверсией крахмала, подразумевающей применение амилолитических ферментных препаратов на стадии его разжижения и осахаривания [7, 8, 9].

В последние годы в России было отмечено значительное увеличение объема потребления мальтодекстринов. Мальтодекстрины – это ферментативно расщепленные крахмалы, которые легко усваиваются и не вызывают желудочно-кишечные осложнения, как, например, при потреблении такого же количества глюкозы. По внешнему виду мальтодекстрины – это порошок белого цвета с нейтральным или чуть сладковатым вкусом. Они используются как заменители жира и известны как миметики молочного жира. Свойство воспроизводить жироподобный вкус во рту предположительно связано с трехмерной сетью, создаваемой мальтодекстрином при желировании. Их неравномерная форма агрегатов составляет 3-5 мм в диаметре, что является очень похожим на частицы кристаллов жира и в вкусовые рецепторы их так и распознают. В замороженных и других сладких продуктах мальтодекстрины создают вкусовое ощущение присутствия сливок, однако такие продукты имеют низкую жирность и их калорийность ниже на 45%. Ими насыщают продукты питания для спортсменов, больных и в детском питании [10, 11, 12, 13, 14].

Ферментативный гидролиз присутствует во многих пищевых технологиях, так как является многофункциональным и экологичным. В зависимости от степени ферментативного гидролиза можно получить ряд молекулярных цепей

разной длины, соответствующей глюкозе (декстрозе), мальтозе, олигосахаридам и полисахаридам. Для получения такого спектра гидролизатов используются различные амилазные ферменты, в том числе в виде бактериальной альфа-амилазы (продуцент – *Bac. subtilis*), солодовой бета-амилазы и грибной амилазы (продуцент – *Asp. oryzae*), глюкоамилазы (продуцент – *Asp. niger*) и грибной амилазы (продуцент – *Asp. oryzae*), которые расщепляют как линейные так и разветвленные сегменты крахмала. α -Амилаза атакует (1-4)-связи крахмала с образованием мальтодекстринов и сиропов. Мальтодекстрины представляют собой многокомпонентную смесь D-Глюкозы (декстрозы), мальтозы, мальтотриозы и полисахаридов. Степень гидролиза крахмала определяет углеводный состав, который обеспечивает разнообразие функциональных свойств мальтодекстринов, и характеризуется показателем *DE* - "декстрозный эквивалент".

В зависимости от содержания углеводов в патоке различают следующие ее виды: карамельная, отличающаяся уравновешенным составом сахаров с наиболее распространенной (широкой) областью применения (*DE*=36-44), мальтозная, характеризующаяся как диетический продукт с высоким содержанием мальтозы; может быть как светлого цвета, так и темного (*DE* > 38), высокосахаренная обладающая свойствами повышенной вязкости (*DE* > 45), низкосахаренная (*DE*=26-35).

При производстве глюкозо-фруктозных сиропов из крахмала методом ферментирования достигается такое соотношение моносахаридов, что оно практически идентично составу пчелиного меда (58-56% глюкозы и 42-44% фруктозы). По уровню сладости и вкусовому профилю ГФС сравнимы с сахаром, а с точки зрения биологической ценности превосходят его, обладая более оптимальным углеводным составом, повышенной усваиваемостью и в полной мере отвечая современным требованиям концепции здорового питания [13, 14, 15, 16, 17].

Применение крахмала в производствах технического направления

Одним из наиболее крупных потребителей производных крахмала, наряду с пищевой, бумажной и текстильной отраслями, является нефтегазодобывающая отрасль и строительная индустрия. Значительная часть публикаций в сфере использования крахмала посвящена получению и изучению свойств биоразлагаемых крахмалонаполненных смесей и композиционных материалов. Это направление применения крахмала активно развивается так как решает комплекс проблем, связанных с утилизацией отходов, за счет значительного сокращения периода разложения утилизируемых отходов, что позитивно скажется на экологической ситуации. Кроме того, крахмал являясь ежегодно возобновляемым и неиссякаемым сырьевым ресурсом позволяет получать в сочетании с синтетическими полимерами огромное количество новых быстроразлагаемых материалов [18, 19, 20, 21].

Крахмал и его многочисленные производные находят все большее применение в различных отраслях промышленности, постоянно ведется синтез новых производных крахмала, что способствует расширению областей использования, а значит важен поиск новых биоресурсных источников.

Зерно сорго – как неисчерпаемый источник крахмала

Частое проявление засушливых условий в различных регионах РФ вызывают необходимость рассмотрения засухоустойчивых высококрахмалистых сельскохозяйственных культур с целью использования в качестве альтернативных источников, к которым относится сорго. Растения рода *Sorghum* отличаются меньшей требовательностью к почвам, характеризуются высокой стрессоустойчивостью к биотическим и абиотическим факторам.

Сорго как альтернативный источник крахмала рассматривается в разных странах мира [22]. Среди большого генетического разнообразия образцов вида *S. bicolor* есть формы, продуцирующие урожайность зерна до 7,0 т/га и содержанием крахмала до 71-78% [2, 23]. В зерне отдельных образцов сорго может накапливаться до 80% крахмала. Крахмал откладывается в виде гранул в клетках эндосперма и является его основным компонентом. Гранулы крахмала сорго имеют диаметр от 5 до 25 мкм (в среднем 15 мкм).

Вместе с тем, анализ литературы показывает повышенный интерес к сорго по использованию в пищевой и перерабатывающей промышленности. Этот интерес обусловлен главным образом низкой себестоимостью его производства и питательными характеристиками. Зерно сорговых культур по химическим свойствам и особенностям переработки не отличается от кукурузного, что позволяет считать его новым, перспективным источником для получения различных сахаристых продуктов. Некоторые исследователи считают преимуществом сорго перед другими злаковыми культурами в высоком содержании вторичных метаболитов (фенолы, стерины, поликозанола), которые играют важную роль в качестве антиоксидантов, снижают уровень холестерина, оказывают антидиабетическое действие за счет пищевых волокон и биологически активных соединений, позволяющих использовать его в качестве функционального ингредиента [24].

В тоже время, многие исследователи отмечают, что крахмал, полученный из зерна сорго, содержит меньше жира и характеризуется менее выраженным привкусом по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. Зерно сорго не содержит глютен, непереносимость которого получила в последнее время довольно широкое распространение и делает важным ингредиентом продуктов питания, не вызывающих аллергию. Известно, что пищевые продукты из сорго, содержащие медленно усваиваемый крахмал, обладают низким гликемическим индексом и повышают чувство сытости [7, 23, 25, 26, 27].

Разнообразие высокомолекулярных компонентов крахмала сорго, особенно амилозы, амилопектина и содержание белка, в значительной степени зависит от генотипических особенностей образца, влияет на определение питательных и функциональных свойств крахмала сорго, что является важным показателем при выборе образцов для селекционных программ по выведению сортов и гибридов сорго на конкретные цели [28]. Амилоза состоит из линейных звеньев α -(14)-D-глюкопиранозы, которые в растворе могут образовывать геликоидальные структуры. Внутренняя часть спирали гидрофобна, что позволяет амилозе образовывать комплекс со свободными жирными кислотами, йодом и т.д. Ами-

лопектин состоит из коротких цепочек α -(1-4) -D-глюкопиранозы (в сорговом крахмале их 10-20) разветвляется на α -(16)-D-глюкопиранозы, образуя сильно разветвленную структуру. Многочисленные зарубежные и отечественные исследования доказывают, что зерно сорго имеющее восковидную структуру эндосперма содержит высокий процент амилопектина в составе крахмала, а мучнистый эндосперм напротив содержит высокую долю амилозы. Установлено, что накопление амилозы в крахмале отрицательно коррелировало ($r = -0,88$) с текстурой эндосперма зерна. Разное соотношение амилозы и амилопектина в крахмале влияет на ряд физико-химических и вязкоупругих свойств крахмала. Именно различное соотношение амилозы и амилопектина влияет на усвояемость продуктов из сорго. В большинстве образцов сорго соотношение амилозы и амилопектина составляет 20,2 и 79,8%, соответственно. В то время как в сорго с восковидным эндоспермом амилоза практически отсутствует [29].

Соотношение амилозы и амилопектина вместе с белковыми, липидными и минеральными компонентами определяют физико-химические свойства муки, а следовательно и продуктов из нее. Содержание амилозы влияет на клейстеризацию, растворимость крахмала, в то время как амилопектин отвечает за набухание гранул и свойства клейстеризации. Например, при приготовлении густых паст важны сорта сорго с высоким содержанием амилозы, а с низким ее содержанием – для детских каш и пивоварения.

По биохимическому составу, физико-химическим свойствам (вязкость, температура клейстеризации, прозрачность клейстера) сорговый крахмал подобен кукурузному [22, 30]. В тоже время в зерне сорго присутствуют такие соединения как танин, лигнин и фитиновая кислота, которые могут вызывать низкую усвояемость питательных веществ и крахмала. Низкая усвояемость крахмала обусловлена тем, что гранулы крахмала в сорго окружены гидрофобной матрицей из белка кафирина (образование поперечных связей между β - и γ -кафиринами), что препятствует набуханию гранул при гидротермической обработке и влияет на способность крахмала взаимодействовать с другими соединениями [31]. В ряде проведенных исследований отмечено, что клейстеризация крахмала у сорго происходит при температуре в интервале 61-71°C [32], другие исследователи указывают интервал 66-69°C. Увеличение температуры клейстеризации влияет на изменение текстуры и усвояемость конечного продукта [33]. Также обнаружена значительная положительная корреляция между содержанием полифенолов в зерне и вязкостью крахмала ($r = 0,75$).

ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» располагает уникальным генофондом высококрахмалистых сортов и линий сорго собственной селекции, вызревающих в условиях низкой влагообеспеченности и относительно невысоких суммарных показателях температур [34]. Ведение селекции в таких климатических условиях позволило создать сорта и гибриды с широкими адаптационными способностями и районировать их от Центрально-Черноземного до Западно - Сибирского регионов РФ. Следует отметить, что новые линии селекции

института (Л-35-2/16, Л-36а/17, Л-43/14, Л-49/14, Л-80/14, Л-94/14, Л-112/14, Л-164/14, Л-164-2/14, ПЗС 261/20) характеризуются накоплением крахмала от 75,07 до 77,60%, а его выход с гектара посевов составил 2,35-3,40 т [35].

Так, из 100 кг зерна сорго возможно получение 65 кг крахмала. Отмечается, что производство спирта из крахмала зерна сорго отличается более низкой себестоимостью по сравнению с переработкой пшеницы [36]. На производство спирта более пригодны сорта сорго с восковидным эндоспермом [37].

Технологическая схема глубокой переработки зерна сорго

Технология получения крахмала из зерна сорго, также как и технологическое оборудование не отличается от технологии получения крахмала из зерна кукурузы. Этот крайне важный фактор позволяет осуществлять переработку сорго на тех же предприятиях, крахмалопаточных линиях и не требует финансовых и трудовых затрат на переоборудование предприятий. Нами предлагается следующая технологическая схема глубокой переработки зерна сорго (рис 2.).

Блок-схема комплексной переработки зерна сорго

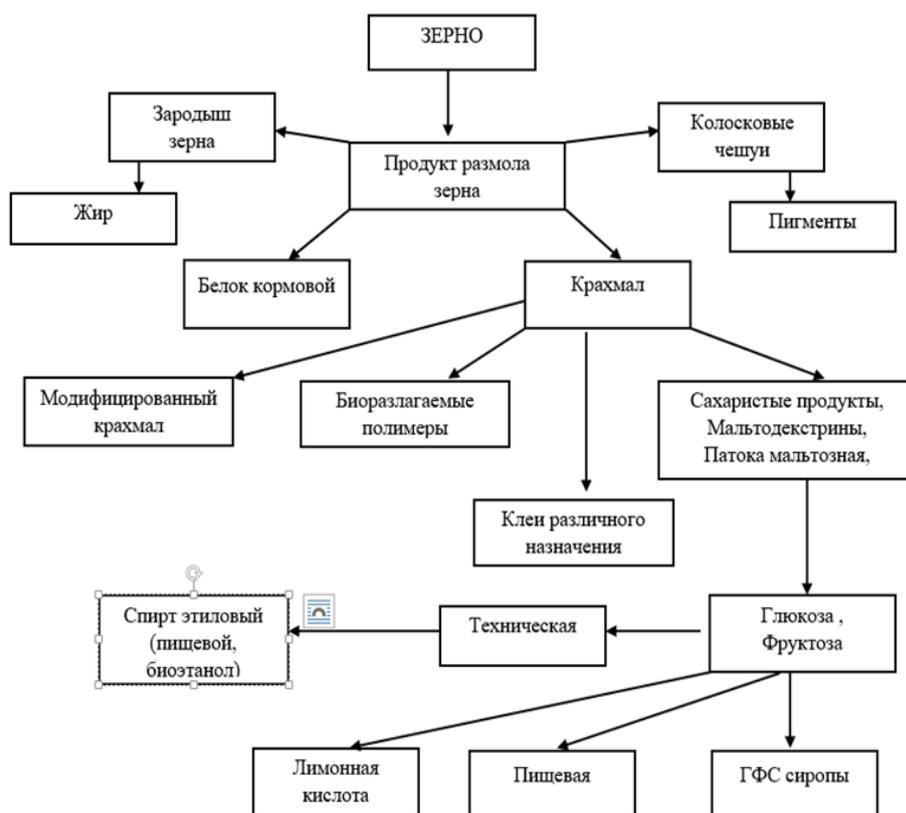


Рисунок 2. Блок-схема комплексной переработки зерна сорго

Зерно сорго подвергается очистке и замачиванию в горячей воде на 50 часов. Набухшее зерно подвергается грубому размалыванию для отделения фракции с зародышем зерна. Далее тонкий размол массы позволяет отделить белок и крахмал. Массу, содержащую крахмал и белок подвергают центрифугированию. Разные по плотности белок и крахмал отделяются непрерывной сепарацией в нисходящий и восходящий потоки. Далее крахмал подвергается высушиванию до влажности 12-13%. Такой крахмал поступает на упаковку. В зависимости от вида конечного продукта крахмал подвергают различным видам преобразования: модифицирование, сшивание с углеводородными композитами или гидролиз.

Выводы. Крахмал и его производные служат основой для получения широкого спектра продуктов питания, позволяющей придавать им определенные физико-химические и органолептические свойства, структуру и т.д. Трудно найти еще более универсальный материал, который бы обладал ценными качествами как студнеобразователь, загуститель, стабилизатор, сорбент и т.д. продукты его переработки – мальтодекстрины, и другие сахаристые вещества из крахмала почти полностью заменяют тростниковый и свекольный сахар в пищевой промышленности. Технические свойства крахмала и его производных успешно используются в медицине, фармакологии, строительстве, добыче ископаемых и мн. др. сферах. Неисчерпаем перечень продуктов, веществ и материалов полученных в результате переработки и модифицирования крахмала, который будет и далее пополняться с развитием техники и технологий. Спрос на продукты и материалы из крахмала неустанно растет, но основные крахмалоносные культуры пшеница и кукуруза малоурожайны в засушливых регионах и на обедненных почвах. Деграция земель и учащение засух во многих регионах РФ обязывает вести поиск альтернативных источников, дающих наибольший экономический эффект при скромных исходных составляющих.

Накопление полноценного крахмала в зерне сорго позволяет считать его перспективным и надежным сырьем для глубокой переработки и получения широкого ассортимента продуктов и новых материалов. Среди большого генетического разнообразия образцов вида *S. bicolor* существуют формы с урожайностью до 7,0 т/га зерна, содержащего до 78% крахмала. Отмечается, что зерно сорговых культур по химическим свойствам и особенностям переработки не отличается от кукурузного, что позволяет считать его новым, перспективным, не содержащем глютен источником крахмала.

Список использованных источников

1. Лукин Д.Н., Андреев Н.Р. К вопросу импортозамещения продуктов глубокой переработки зерна и картофеля // Вестник ВГУИТ. – 2014. - №4 (62). – С. 291-294.
2. Сыркина Л.Ф., Никонорова

References:

1. Lukin D.N., Andreev N.R. On the issue of import substitution of products of deep processing of grain and potatoes // Bulletin of the VGUIT. - 2014. - №4 (62). – pp. 291-294.
2. Syrkina L.F., Nikonorova Yu.Yu.

- Ю.Ю. Сорго зерновое как возможный источник сырья для переработки на крахмал и спирт // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 10(163). – С. 95-100.
3. Ермолаева Г.А. Пиво и пивные напитки: технологии и сырье // Пиво и напитки. - 2012.- №3.- С. 18-23.
4. Андреев Н. Р., Лукин Д. Н., Гольдштейн В. Г. Новые исследования в области химии, технологии и маркетинга крахмала и крахмалопродуктов о международной конференции "Химия и технология крахмала" г. Детмольд, Германия // Пищевая промышленность. - 2017. - №1.- С. 25-31.
5. Denbigh R. J. Lloyd and Michael A. Radelof. Developing the essential food ingredients for the future // Sugar Industry. – 2015. – V. 140. – № 4. – pp. 204–208.
6. Сабиров А. А., Баракова Н. В., Самodelкин Е. А. Обоснование применения ударно-активаторно- дезинтеграторной обработки в технологиях получения сиропов из крахмалсодержащего сырья // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. - 2017. - Т. 5 -№2. – С. 60-66.
7. Ягофаров Д.Ш., Канарский А.В., Сидоров Ю.Д., Василенко С.В. Биопродукты из крахмалосодержащего сырья. Вестник Казанского технологического университета. – 2012. - №15. – С. 210-214.
8. Хусаинов И. А., Канарский А. В., Канарская З. А., Поливанов М. А. Получение мальтозосодержащего кормового продукта пребиотического действия ферментированием зерна ржи // Вестник Казанского технологического университета. - 2011. - №3. - С. 174-179.
9. Косминский Г.И., Царева Н.Г., Grain sorghum as a possible source of raw materials for processing into starch and alcohol // Bulletin of KrasGAU. – 2020. – № 10(163). – pp. 95-100.
3. Ermolaeva G.A. Beer and beer drinks: technologies and raw materials // Beer and drinks. - 2012. No.3.- pp. 18-23.
4. Andreev N. R., Lukin D. N., Goldstein V. G. New research in the field of chemistry, technology and marketing of starch and starch products about the international conference "Chemistry and starch technology" Detmold, Germany // The food industry. - 2017. - No.1. - pp. 25-31.
5. Denbigh, R. J. Lloyd. Developing the essential food ingredients for the future / Denbigh R. J. Lloyd and Michael A. Radelof // Sugar Industry. - 2015. – V. 140. – No. 4. – pp. 204-208.
6. Sabirov A. A., Barakova N. V., Samodelkin E. A. Justification of the use of shock-activator-disintegrator treatment in technologies for the production of syrups from starch-containing raw materials // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. - 2017. - Vol. 5 -No.2. – pp. 60-66.
7. Yagofarov D.Sh., Kanarsky A.V., Sidorov Yu.D., Vasilenko S.V. Bioproducts from starch-containing raw materials. Bulletin of the Kazan Technological University. - 2012. - No. 15. – pp. 210-214.
8. Khusainov I. A., Kanarsky A.V., Kanarskaya Z. A., Polivanov M. A. Obtaining a maltose-containing feed product of prebiotic action by fermentation of rye grain // Bulletin of the Kazan Technological University. - 2011. - No. 3. - pp. 174-179.
9. Kosminsky G.I., Tsareva N.G., Sharapaeva O.Ch. Development of original beer technology // Beer and beverages. -

- Шарапаева О.Ч. Разработка технологии оригинального пива // Пиво и напитки. - 2011. - №2. - С.24-27.
10. Ананских В. В., Шлеина Л. Д. О возможности получения мальтодекстринов из кукурузной муки // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2017. - №11. - С. 9-13.
11. Федорова А. М., Козлова О.В., Славянский А. А., Величкович Н.С., Ле В. М. Исследование и разработка технологии получения мальтодекстринов для молочной промышленности // Техника и технология пищевых производств. - 2020. - №4. - С. 616-629.
12. Симоненко С.В., Антипова Т.А., Фелик С.В., Симоненко Е.С. Мальтодекстрин – ингредиент для производства продуктов детского питания. Исследование состава и свойств // Пищевые технологии. Вопросы детской диетологии. - 2020. - том 18. - №6. - С. 54–59.
13. Андреев Н.Р., Лукин Н.Д., Быкова С.Т., Бакулина Л.Ф. Продукты детского лечебного и профилактического питания на основе крахмала и крахмалопродуктов// Пищевая промышленность. - 2010. - №2. - С.16-17.
14. Лукин Н. Д., Бородина З. М., Лapidus Т. В., Маннова И. Г., Гулакова В. А. Исследование процесса биоконверсии нативного кукурузного крахмала с применением различных амилолитических ферментов // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - №12. - С. 74-77.
15. Донков С.А., Кадетова М.Ю. Ферментативный гидролиз крахмала и крахмалсодержащего растительного сырья при получении сахаросодержащих продуктов для животноводства (обзор патентов) // Вестник КрасГАУ. - 2019. - №3 (144). - С. 116-121.
2011. - No.2. – pp. 24-27.
10. Ananskikh V. V., Shleina L. D. On the possibility of obtaining maltodextrins from corn flour // Storage and processing of agricultural raw materials. - 2017. - No. 11. – pp. 9-13.
11. Fedorova A.M., Kozlova O.V., Slavyansky A. A., Velichkovich N.S., Le V. M. Research and development of technology for obtaining maltodextrins for the dairy industry // Technique and technology of food production. - 2020. - No.4. – pp. 616-629.
12. Simonenko S.V., Antipova T.A., Felik S.V., Simonenko E.S. Maltodextrin is an ingredient for the production of baby food products. Investigation of the composition and properties // Food technologies. Questions of children's dietetics. - 2020. - volume 18. - No. 6. - pp. 54-59.
13. Andreev N.R., Lukin N.D., Bykova S.T., Bakulina L.F. Products of children's therapeutic and preventive nutrition based on starch and starch products// Food industry. - 2010. - No.2. – pp. 16-17.
14. Lukin N. D., Borodina Z. M., Lapidus T. V., Mannova I. G., Gulakova V. A. Investigation of the process of bioconversion of native corn starch using various amylolytic enzymes // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2011. - No.12. – pp. 74-77.
15. Donkov S.A., Kadetova M.Yu. Enzymatic hydrolysis of starch and starch-containing vegetable raw materials in the production of sugar-containing products for animal husbandry (review of patents) // Bulletin of the KrasGAU. - 2019. - №3 (144). – pp. 116-121.
16. Aksenov V. V. Introduction of innovative technologies in the processing of

16. Аксёнов В. В. Внедрение инновационных технологий в переработку зернового сырья // Вестник КрасГАУ. -2012. - №2. – С.208-212.
17. Углов В.А., Бородай Е.В., Аксёнов В.В. Производство сахаристых продуктов из крахмала (патентный поиск) // Современные тенденции технических наук: мат-лы V Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2017 г.). – Казань: Бук. - 2017. – С. 57–59.
18. Мазитова А.К., Аминова Г.К., Буйлова Е.А. Зарипов И.И., Вихарева И.Н. Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть III // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 2. – С.73–78.
19. Подденежный Е.Н., Бойко А.А., Алексеенко А.А., Дробышевская Н.Е., Урецкая О.В. Прогресс в получении биоразлагаемых композиционных материалов на основе крахмала (обзор) // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. - 2015. - №2 (61).- С.1-11.
20. Кряжев В. Н., Романов В. В., Широков В. А. Последние достижения химии и технологии производных крахмала // Химия растительного сырья (обзор). – 2010. – № 1. – С. 5–12.
21. Закирова А. Ш. Разработка технологии биомодифицированного крахмала для производства пленочных материалов //автореферат по ВАК РФ 03.01.06, кандидат технических наук. – Казань -2013. - 24 с.
22. Serna-Saldivar S.O., Espinosa-Ramírez J. Grain structure and grain chemical composition // In "Sorghum and millets. AACCC International Press - 2019. - pp. 85-129.
23. Кузьмина Е.И., Егорова О.С., grain raw materials // Bulletin of KrasGAU. -2012. - No.2. – pp. 208-212.
17. Uglov V.A., Borodai E.V., Aksenov V.V. Production of sugary products from starch (patent search) // Modern trends in technical sciences: materials of the V International Scientific Conference (Kazan, May 2017 Kazan: Buk. - 2017. – pp. 57-59.
18. Mazitova A.K., Aminova G.K., Buylova E.A. Zaripov I.I., Vikhareva I.N. Biodegradable polymer materials and modifying additives: current state. Part III // Nanotechnology in construction. - 2021. – Volume 13, No. 2. – pp. 73-78.
19. Poddenezhny E.N., Boyko A.A., Alekseenko A.A., Drobyshevskaya N.E., Uretskaya O.V. Progress in obtaining biodegradable composite materials based on starch (review) // Vestnik GSTU named after P.O. Dry. - 2015. - №2 (61). - pp. 1-11.
20. Kryazhev V. N., Romanov V. V., Shirokov V. A. Recent achievements in chemistry and technology of starch derivatives // Chemistry of vegetable raw materials (review). - 2010. – No. 1. – pp. 5-12.
21. Zakirova A. Sh. Development of technology of biomodified starch for the production of film materials //abstract on the Higher Attestation Commission of the Russian Federation 03.01.06, Candidate of Technical Sciences. – Kazan -2013. - 24 p.
22. Serna-Saldivar S.O., Espinosa-Ramírez J. Grain structure and grain chemical composition // In "Sorghum and millets. AACCC International Press - 2019. - pp. 85-129.
23. Kuzmina E.I., Egorova O.S., Akbulatova D.R., Sviridov D.A., Ganin M.Yu., Shilkin A.A. New types of sugar-containing raw materials for food production // Food systems. - Tom 5. - №

- Акбулатова Д.Р., Свиридов Д.А., Ганин М.Ю., Шилкин А.А. Новые виды сахаросодержащего сырья для производства пищевой продукции // Пищевые системы. – 2022. - Том 5. - № 2. – С. 145-156.
24. Khalid W., Ali A., Arshad M.S., Afzal F., Akram R., Siddeeg A., Kousar S., Rahim M.A., Aziz A., Maqbool Z., Saeed A.. Nutrients and bioactive compounds of Sorghum bicolor L. used to prepare functional foods: A review on the efficacy against different chronic disorders // International Journal of Food Properties. - 25(1).- pp. 1045-1062.
25. de Carvalho Teixeira N., Queiroz V.A.V., Rocha M.C., Amorim A.C.P., Soares T.O., Monteiro M.A.M., de Menezes C.B., Schaffert R.E., Garcia M.A.V.T., Junqueira R.G. Resistant starch content among several sorghum (Sorghum bicolor) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes // Food Chemistry. - 2016. - V. 197. - pp. 291-296.
26. . Cenni S., Sesenna V., Boiardi G., Casertano M., Russo G., Reginelli A., Esposito S., Strisciuglio C. The role of gluten in gastrointestinal disorders : A review // Nutrients. -2023. - 15(7). - pp.1 - 14.
27. Espinosa-Ramírez S.O., Serna-Saldívar J. Functionality and characterization of Kafirin-rich protein extracts from different whole and decorticated Sorghum genotypes // Journal of Cereal Science. - 2016.-70. — pp. 57 - 65.
28. Htet S., Maw N., Wang H., Tian L., Yadav V., Samoon H.A., Feng B. Integrated starches and physicochemical characterization of Sorghum cultivars for an efficient and sustainable intercropping model // Plants .- (2022).- 11(12)
29. Chen B., Wang Ch., Wang P., Li J., Hou J., Li S., Zhou Y., Gao S., Lu 2. – 2022. – Pp.145-156.
24. Khalid U., Ali A., Arshad M.S., Afzal F., Akram R., Siddig A., Kousar S., Rahim M.A., Aziz A., Maqbool Z., Said A.. Nutrients and biologically active compounds of bicolor sorghum used for the preparation of functional foods: an overview of effectiveness in various chronic diseases // International Journal of Nutritional Properties. - 2022. - 25(1) - pp. 1045-1062.
25. de Carvalho Teixeira N., Queiroz V.A.V., Rocha M.S., Amorim A.S.P., Soares T.O., Monteiro M.A.M., de Menezes K.B., Schaffert R.E., Garcia M.A.V.T., Junqueira R.G. The content of resistant starch in several sorghum genotypes (bicolor sorghum) and the effect of heat treatment on the preservation of resistant starch in two genotypes // Food Chemistry. - 2016. - Vol. 197. - pp. 291-296.
26. Cenni S., Sesenna V., Boiardi G., Casertano M., Russo G., Reginelli A., Esposito S., Strisciuglio C. The role of gluten in gastrointestinal disorders : A review // Nutrients. -2023. - 15(7). - pp.1 - 14.
27. Espinosa-Ramírez S.O., Serna-Saldívar J. Functionality and characterization of Kafirin-rich protein extracts from different whole and decorticated Sorghum genotypes // Journal of Cereal Science. - 2016.-70. — pp. 57 - 65.
28. Htet S., Maw N., Wang H., Tian L., Yadav V., Samoon H.A., Feng B. Integrated starches and physicochemical characterization of Sorghum cultivars for an efficient and sustainable intercropping model // Plants. - 2022. - 11(12).
29. Chen B., Wang Ch., Wang P., Zhu Zh., Xu N., Shi G., Yu M., Wang N., Li J., Hou J., Li S., Zhou Y., Gao S., Lu

- Zhu Zh., Xu N., Shi G., Yu M., Wang N., Li J., Hou J., Li S., Zhou Y., Gao S., Lu X., Huang R. Genome-wide association study for starch content and constitution in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) // *Journal of Integrative Agriculture*. - 2019. - V. 18. - Is. - 11. - pp. 2446-2456.
30. Руськина А.А., Попова Н.В., Науменко Н.В., Руськин Д.В. Анализ современных способов модификации крахмала как инструмента повышения его технологических свойств // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии»*. – 2017. – Т. 5. – № 3. – С. 12-20.
31. Girard A.L., Awika J.M. Sorghum polyphenols and other bioactive components as functional and health promoting food ingredients // *Journal of Cereal Science*. – 2018. – 84 - pp. 112-124.
32. Tobias J.R., Castro I.J.L., Peñarubia O.R., Adona C.E., Castante R.B. Physicochemical and functional properties determination of flour, unmodified starch and acid-modified starch of Philippine-grown Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) // *International Food Research Journal*. - 2018. - 25(6) - pp. 2640-2649.
33. Griebel S., Webb M.M., Campanella O.H., Craig B.A., Weil C.F., Tuinstra M.R. The alkali spreading phenotype in Sorghum bicolor and its relationship to starch gelatinization // *Journal of Cereal Science*. – 2019. - 86. - pp. 41-47.
34. Кондаков К.С., Кибальник О.П., Ефремова И.Г., Титов В.Н., Бочкарева Ю.В., Семин Д.С., Старчак В.И., Степанченко Д.А., Куколева С.С. Биоресурсная коллекция сорговых культур ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». АТЛАС. – Саратов: Техно-Декор. – 2022. – 188 с.
35. Семин Д.С., Кибальник О.П., Ефремова И.Г., Степанченко В.И., Куколева С.С., Степанченко Д.А., X., Huang R. Genome-wide association study for starch content and constitution in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) // *Journal of Integrative Agriculture*. - 2019. - V. 18. - Is. - 11. - pp. 2446-2456.
30. Ruskina A.A., Popova N.V., Naumenko N.V., Ruskin D.V. Analysis of modern methods of starch modification as a tool for improving its technological properties // *Bulletin of SUSU. The series "Food and biotechnology"*. – 2017. – Vol. 5. – No. 3. – pp. 12-20.
31. Girard A.L., Awika J.M. Sorghum polyphenols and other bioactive components as functional and health promoting food ingredients // *Journal of Cereal Science*. – 84 (2018). - pp. 112-124.
32. Tobias J.R., Castro I.J.L., Peñarubia O.R., Adona C.E., Castante R.B. Physicochemical and functional properties determination of flour, unmodified starch and acid-modified starch of Philippine-grown Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) // *International Food Research Journal*. – 2018. -25 (6). - pp. 2640-2649.
33. Griebel S., Webb M.M., Campanella O.H., Craig B.A., Weil C.F., Tuinstra M.R. The alkali spreading phenotype in Sorghum bicolor and its relationship to starch gelatinization // *Journal of Cereal Science*. – 2019. -86. - pp. 41-47.
34. Kondakov K.S., Kibalnik O.P., Efremova I.G., Titov V.N., Bochkareva Yu.V., Semin D.S., Starchak V.I., Stepanchenko D.A., Kukoleva S.S. Bioresource collection of sorghum cultures of FSBI RosNIISK Rossorgo. atlas. – Saratov: Techno-Decor. – 2022. – 188 p.
35. Semin D.S., Kibalnik O.P., Efremova I.G., Stepanchenko V.I., Kukoleva S.S., Stepanchenko D.A.

С.С., Степанченко Д.А. Изучение исходного материала для селекции продуктивных сортов зернового сорго с высоким содержанием крахмала в зерне // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024. – № 2.

36. Алабушев А.В., Ковтунов В.В., Ковтунова Н.А. Качество зерна коллекционных образцов сорго зернового. – Ростов-н/Д. - 2013. – 58 с.

37. Yong-Pei Wu , Yu-Chi Chang , Su-Chen Kuo , Dah-Jing Liao , Ting-Yu Shen, Hsin-I Kuo, Sheng-Wen Wang , Yu-Chien Tseng The Breeding of Waxy Sorghum Using Traditional Three-Line Method and Marker-Assisted Selection // Agriculture. - 2023. - Volume 13 Issue 11. - e. 2054.

Studying the source material for breeding productive varieties of grain sorghum with a high starch content in grain // AgroEcoInfo: Electronic scientific and production journal. – 2024. – No. 2.

36. Alabushev A.V., Kovtunov V.V., Kovtunova N.A. Grain quality of collection samples of grain sorghum. – Rostov-N./D. - 2013. – p. 58.

37. Yong-Pei Wu , Yu-Chi Chang , Su-Chen Kuo , Dah-Jing Liao , Ting-Yu Shen, Hsin-I Kuo, Sheng-Wen Wang , Yu-Chien Tseng The Breeding of Waxy Sorghum Using Traditional Three-Line Method and Marker-Assisted Selection // Agriculture. - 2023. - Volume 13 Issue 11. - e. 2054.

Сведения об авторах:

Каменева Ольга Борисовна – Каменева Ольга Борисовна, ведущий научный сотрудник отдела биохимии и биотехнологии ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы», Россия, 41050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, 4, Телефон (раб) 8452 79-49-69, E-mail: kamenewa.olga2012@yandex.ru

Кибальник Оксана Павловна – кандидат биологических наук, главный научный сотрудник отдела сорговых культур ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы», Россия, 41050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, 4, Телефон (раб) 8452 79-49-69, E-mail: kibalnik79@yandex.ru

Information about the authors:

Kameneva Olga borisovna – Candidate of Agricultural Sciences, Leader Researcher; FSSBI «Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn», Russia, 410050, Saratov, 1-st Institutskiy proezd, 4, T. 8452 79-49-69, E-mail: kamenewa.olga2012@yandex.ru

Kibalnik Oksana Pavlovna – Candidate of Biological Sciences, Chief Researcher FSSBI «Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn» Russia, 410050, Saratov, 1-st Institutskiy proezd, 4, T. 8452 79-49-69, E-mail: kibalnik79@yandex.ru

УДК 630*187 (234.86)

**ИЗОБОНИТЕТЫ И
МАКРОКОМПЛЕКСЫ
МЕСТООБИТАНИЙ ОСНОВНЫХ
ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД
ГОРНОГО КРЫМА**

Салтыков А.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ;
Роговой В.И., кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель;
Федончук А.В., аспирант, Институт «Агротехнологическая академия» ФГА-ОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

**ISOBONITETS AND
MACROCOMPLEXES OF HABITATS OF MAIN FOREST-FORMING SPECIES IN CRIMEAN MOUNTAINS**

Saltykov A.N., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
Rogovoy V.I., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer;
Fedonchuk A.V., graduate student, the Institute "Agrotechnological Academy" of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University

На основе материалов лесохозяйственного предприятия Крыма сформирована цифровая база данных лесных насаждений. При создании повидельной базы данных использованы лесоводственно-таксационные характеристики насаждений 40,1 тыс. выделов. Последующий анализ состава и структуры насаждений естественного происхождения позволил установить особенности эдафической структуры и продуктивности лесных насаждений Горного Крыма, а также составить изобонитетные шкалы основных лесобразующих пород: сосны и дуба.

Ключевые слова: эдапон, бонитет, продуктивность, древесная порода, распространение, площадь, Горный Крым.

A digital database of forest stands has been created based on forest management materials from forestry enterprises in Crimea. When creating a per-plot database, silvicultural and taxation characteristics of stands in 40.1 thousand plots were used. Subsequent analysis of the composition and structure of natural stands made it possible to establish the features of the edaphic structure and productivity of forest stands in Mountainous Crimea, as well as to compile isobonitet scales of the main forest-forming species: pine and oak.

Keywords: edatope, bonitet, productivity, distribution, area, Mountainous Crimea.

Введение. Эдафическая сетка - это двухмерная координатная система, используемая в лесной типологии и лесоводстве для определения типов лесорастительных условий (ТЛУ) по двум экологическим факторам: влажности и условиям минерального питания почвы. Указанные факторы характеризуются качественно по химическому составу почвы, растениям-индикаторам, наличию и типу гумуса, режиму увлажнения и т. д. На осях эдафической сетки выделяют отдельные отрезки, характеризующие ступени более или менее однородного проявления каждого фактора. Ячейки - эдатопы, образующиеся наложением вза-

имно пересекающихся ступеней трофности и влажности почвы определяют ТЛУ [2, 6]. В России, странах СНГ и, прежде всего, в южных регионах Российской Федерации (РФ) классификационная схема Алексева-Погребняка, отражающая меру почвенного плодородия местообитаний, нашла довольно широкое применение. В рамках эдафической сетки насчитывается 24 типологические единицы, не считая переходных или же подтипов эдатопа [2, 6, 11]. В естественных лесах Горного Крыма эдафический фон лесного покрова представлен 12 классификационными единицами от A_1 (сухих боров) до D_3 (влажных грудов) (табл. 1, 2).

Разработанная классиками [2, 5, 6] лесной типологии эдафическая сетка позволила выяснить многие мало изученные стороны типологической структуры лесов, уточнить лесоводственно-экологические особенности лесообразующих пород и лесных насаждений, установить степень их взаимного соответствия, выявить закономерности и связи между ТЛУ, продуктивностью и разнообразием лесов, а также разработать комплекс мероприятий по ведению лесного хозяйства на типологической основе в соответствии с принципами непрерывного пользования лесом.

В предшествующих наших публикациях [9 – 11], а также работах других авторов [2, 6, 7] указывается, что основным критерием определения эдатопа принимается видовой состав растительности. Каждый вид, слагающий лесное насаждение с характерными экологическими свойствами рассматривается как индикатор условий местопроизрастания. По мнению исследователей, неизменность биоэкологических свойств растений, в том числе древесных и кустариковых пород и их требовательность к почвенному плодородию является основой индексации эдатопа и типа леса [2, 5-8]. В связи с чем, главным признаком при определении типов лесорастительных условий признан лесорастительный эффект, во многом определяющий состав и продуктивность коренных растительных сообществ.

В рамках данного исследования нами были рассмотрены особенности эдафической структуры лесов Крыма на примере насаждений естественного происхождения. Вполне очевидно, что представленную категорию насаждений невозможно в полной мере отнести к категории коренных лесов. Различия между понятиями насаждений естественного происхождения и коренными древостоями существенны, что следует принимать во внимание при оценке данных, полученных в процессе анализа типологической структуры и продуктивности лесных насаждений. Целью данной работы является формирование и анализ базы данных комплекса лесоводственно-таксационных показателей насаждений Горного Крыма, а также использование результатов исследования для выявления особенностей эдафической структуры и продуктивности лесов Крыма.

Материалы и методика исследований. В процессе исследования нами была сформирована поведельная таксационная база данных лесных насаждений Горного Крыма, актуализированная по состоянию на 01.01.2024 г. На основе указанной цифровой базы данных выполнен анализ эдафической структуры и продуктивности насаждений с доминированием основных лесообразующих пород. При выполнении исследования применены методы сравнительной экологии, а также общепринятые методики лесоводства, лесоведения и лесной таксации [1,

2]. Полученные данные обработаны с помощью стандартных методов математической статистики [3] и с использованием прикладных компьютерных программ (*MS Excel, Statistica*). В общей сложности в рамках данной работы использованы лесоводственно-таксационные показатели насаждений естественного происхождения в количестве 40,1 тыс. выделов, произрастающих на площади 216,0 тыс. га, что составляет 83,7% покрытой лесом площади лесного фонда Крыма.

Результаты и обсуждение. Анализ сформированной повыделной базы данных послужил основой для выявления особенностей эдафической структуры лесных насаждений Горного Крыма (табл. 1). Так, например, исследованиями установлено, что наиболее распространёнными являются условия сухих и свежих сугрудов (C_1 - C_2), Общая площадь насаждений, приуроченных к условиям сугрудов, составляет 117,4 тыс. га, из них сухих и свежих 95,3 тыс.га, соответственно в процентах 54,4% и 44,1% от общей площади лесов Горного Крыма. Несколько менее распространены грудовые условия местообитания. Общая площадь насаждений, приуроченных к эдатомам D_0, D_1, D_2, D_3 составляет 71,9 тыс. га или 33,3 %, в том числе доля очень сухих, сухих и свежих несколько ниже - 13,2 %. Минимальные площади заняты боровыми эдатомами, в частности площадь сухих боров составляет 72,7 га или 0,03 % от общей площади горных лесов Крыма.

Сравнительный анализ продуктивности лесных насаждений (табл. 2) позволяет выдвинуть предположение о том, что наиболее продуктивные древостои сосредоточены в условиях грудовых местообитаний, где преобладают насаждения преимущественно II и III, реже IV класса бонитета. Довольно высокая продуктивность свойственна и насаждениям, приуроченным к условиям свежего сугруда (C_2). Здесь лесные насаждения растут большей частью по III и IV классам бонитета. В тоже время самые низкие показатели продуктивности свойственны боровым условиям местопроизрастания. Так, например, в границах эдатопа A_1 лесные насаждения растут преимущественно по V классу бонитета. В качестве подтверждения сказанному нами приведены диаграммы изобонитетов основных лесообразующих пород Горного Крыма (рис. 1, 2) Указанные линии изобонитетов позволяют фиксировать существующие закономерности между ТЛУ и продуктивностью лесных насаждений. В данном случае линии изобонитетов отображают меру нарастания и падения производительности насаждений в зависимости от ТЛУ. Экологические фигуры лесообразующих пород или макрокомплексы местообитаний (по Д.В. Воробьёву, 1967), нанесённые на эдафическую сетку, дают возможность установить амплитуду условий роста древесных пород и оптимальные для них условия местопроизрастания. Так, например, для граба, бука, ясеня оптимум роста находится в свежих, мезофильных местообитаниях, в то время как для дуба скального и черешчатого оптимум роста и развития приурочен к условиям влажных местообитаний.

Таблица 1. Распределение площади насаждений (га) преобладающих пород Крыма по эдагонам

Породы	Эдагоны*												
	A ₁	B ₀	B ₁	B ₂	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	Всего
Бук лесной			18,5	227,5		252,4	19063,7	13,4		72,6	15182,3	29,7	34860,1
Граб восточный		528,9	352,9		342,5	2277,1	109,5			93,7	56,5		3761,1
Граб обыкновенный			54,9	289,2	62	1594,1	4335,8			1007,5	5869,7	9,5	13222,7
Груша лохолистная			42,4			52,7	32,9			6,2			134,2
Груша обыкновенная		4	0,5	3	3,5	182,8	103,7		1,3	64,1	12,9		375,8
Дуб пушистый		4287,4	564,8	3271,1	19667,9	934,5	248,4			1330,2	235		30539,3
Дуб скальный		469,8	5363,1		820,6	40609,6	21372,7	2,9	44,4	23885,2	17949,6		110517,9
Дуб черешчатый			9,2			26,6	10,8			16,3	21,6		84,5
Ива ломкая							0,7				1,2	100,4	102,3
Клен полевой			2,3			53,4	50,6			29,4	55,9	1	192,6
Клен Стевена			2,1		6,3	22	514,2			115,6	25,1		685,3
Липа мелколистная			6,1			1,4	21,2			15,2	195,3		239,2
Лох серебристый				45,5		38	9,8						93,3
Можжевельник вонючий		56,5	0,7										57,2
Можжевельник высокий		681,1	1249,6		1030,4	321,8							3282,9
Можжевельник обыкновенный		9,5	8		36,6	124							178,1
Ольха черная							4,3				8,1	280	292,4
Осина						19,5	217,1	2,2		16,5	747	1,9	1004,2
Сосна крымская	12,2	29,4	1055,4	38,8	19,1	5553,5	1444,2		5,5	15,2	377,1		8550,4
Сосна обыкновенная	60,5	47,1	722,8	89,6		714,2	625,1			17,7	32,6		2309,6
Сосна пицундская		77,1	3,7		11,6	29,8							122,2
Фисташка туполлистная					15,6								15,6
Черешня											7,9		7,9
Яблоня лесная						13,7	8,9			2,7	2,4		27,7
Ясень зеленый						84,2	2,4			25,1	2,5		114,2
Ясень обыкновенный		7,4	31,8			415,8	761,3			1741,9	2247,7	15,2	5221,1
Всего	72,7	6198,2	9488,8	3964,7	22016,1	53401,6	48937,3	18,5	51,2	28455,1	43030,4	437,7	215991,8

* A₁ – сухой бор, B₀ – очень сухая суборь, B₁ – сухая суборь, B₂ – свежая суборь, C₀ – очень сухой сугрудок, C₁ – сухой сугрудок, C₂ – свежий сугрудок, C₃ – влажный сугрудок, D₀ – очень сухой груд, D₁ – сухой груд, D₂ – свежий груд, D₃ – влажный груд.

Таблица 2. Эдафо-бонитетная сетка лесов Горного Крыма
(средневзвешенное значение бонитета ± стандартная ошибка)

Породы	Эдагопы						
	A ₁	B ₀	B	B ₂	C ₀	C	C ₁
Бук лесной	-	-	V,0±0,36	IV,5±0,08	-	IV,0±0,20	
Грав восточный	-	V ^a ,7±0,04	V ^a ,8±0,05	-	V ^a ,6±0,06	V ^a ,1±0,03	
Грав обыкновенный	-	-	V ^a ,0±0,18	V ^a ,5±0,06	V ^a ,3±0,15	IV,9±0,05	
Груша лохолистная	-	-	V,6±0,33	-	-	V,4±0,23	
Груша обыкновенная	-	-	V ^a ,0±0,58	-	-	V,2±0,11	
Дуб пушистый	-	V ^a ,7±0,02	V ^a ,6±0,05	-	V ^a ,7±0,02	V,9±0,01	
Дуб скальный	-	V ^a ,6±0,07	V ^a ,3±0,02	-	V ^a ,1±0,05	V,3±0,01	
Дуб черешчатый	-	-	V ^a ,0±0,23	-	-	V,4±0,31	
Ива ломкая	-	-	-	-	-	-	
Клен полевой	-	-	V ^b ,0±0,15	-	-	IV,9±0,18	
Клен Стевена	-	-	V ^b ,0±0,17	-	V ^a ,0±0,15	V,6±0,26	
Липа мелколистная	-	-	V,8±0,33	-	-	V ^a ,0±0,26	
Лох серебристый	-	-	-	IV,5±0,30	-	III,7±1,0	
Можжевельник вонючий	-	V ^b ,0±0,03	V ^b ,0±0,05	-	-	-	
Можжевельник высокий	-	V ^b ,0±0,03	V ^b ,0±0,01	-	V ^b ,0±0,02	V ^a ,8±0,08	
Можжевельник обыкновенный	-	V ^a ,7±0,33	V ^b ,0±0,35	-	V ^a ,2±0,21	V ^a ,8±0,21	
Ольха черная	-	-	-	-	-	-	
Осина	-	-	-	-	-	II,3±0,56	
Сосна крымская	V ^a ,0±0,19	V,4±0,19	IV,8±0,05	IV,3±0,20	V,0±0,40	IV,1±0,03	
Сосна обыкновенная (крючкова- ватая)	V,8±0,10	V,3±0,37	IV,1±0,06	V,1±0,15	-	III,6±0,08	
Сосна пиуундская	-	V ^b ,0±0,19	V ^a ,6±0,14	-	V,4±0,50	IV,1±0,46	
Фисташка туполистная	-	-	-	-	V ^a ,8±0,18	-	
Черешня	-	-	-	-	-	-	
Яблоня лесная	-	-	-	-	-	V,7±0,26	
Ясень зеленый	-	-	-	-	-	V,1±0,13	
Ясень обыкновенный	-	V ^a ,6±1,5	V ^a ,2±0,63	-	-	V,1±0,10	

Продолжение таблицы 2

Породы	Эдатопы					
	C ₂	C ₃	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃
Бук лесной	III,5±0,02	IV,4±0,41	-	III,0±0,37	II,9±0,02	II,8±0,42
Граб восточный	V ^a ,7±0,12	-	-	V,5±0,12	IV,2±0,28	-
Граб обыкновенный	IV,7±0,04	-	-	IV,1±0,04	III,6±0,02	III,0±0,05
Груша лохолистная	V,1±0,34	-	-	-	-	-
Груша обыкновенная	V,0±0,14	-	-	IV,5±0,23	IV,7±0,35	-
Дуб пушистый	V,1±0,09	-	V,9±0,10	V,1±0,05	III,9±0,15	-
Дуб скальный	IV,2±0,01	II,5±1,0	IV,9±0,18	IV,4±0,01	III,7±0,01	-
Дуб черешчатый	IV,0±0,08	-	-	IV,3±0,32	II,4±0,75	-
Ива ломкая	V ^a ,0±0,08	-	-	-	V ^a ,0±0,07	V ^a ,0±0,06
Клен полевой	IV,8±0,15	-	-	V,1±0,18	IV,0±0,10	IV,0±0,13
Клен Стевена	V,2±0,11	-	-	V,1±0,25	IV,0±0,32	-
Липа мелколистная	IV,3±0,38	-	-	III,0±0,17	IV,0±0,06	-
Лох серебристый	IV,1±0,33	-	-	-	-	-
Можжевельник вонючий	-	-	-	-	-	-
Можжевельник высокий	-	-	-	-	-	-
Можжевельник обыкновенный	-	-	-	-	-	-
Ольха черная	III,5±1,0	-	-	-	III,1±0,32	II,9±0,07
Осина	I,9±0,11	II,0±0,15	-	IV,0±0,56	II,1±0,04	I,5±0,50
Сосна крымская	III,7±0,06	-	IV,0±0,52	III,6±0,73	II,3±0,05	-
Сосна обыкновенная (крючковага)	III,4±0,09	-	-	II,2±0,17	II,2±0,26	-
Сосна пицундская	-	-	-	-	-	-
Фисташка туполистная	-	-	-	-	-	-
Черешня	-	-	-	-	IV,0±0,21	-
Яблоня лесная	V,1±0,32	-	-	-	V,7±0,58	-

Полученные нами данные позволяют сделать предварительные выводы о том, что наиболее обширный эдафический ареал характерен для сосны обыкновенной (от A_1 до D_2) по сравнению с насаждениями сосны крымской и пицундской. Как видно (рис. 1), наиболее продуктивные по бонитету насаждения сосны обыкновенной формируются в условиях сухого и свежего гряда ($D_{1,2}$), тогда как по площади (93,2 %) преобладают древостои сухих и свежих суборей и сугрудков ($B-C_{1,2}$), что является характерной чертой этой древесной породы, в том числе и в других регионах южной покатости Русской равнины. Наиболее производительные древостои сосны формируются в условиях свежего сугрудка (C_2), а экологический оптимум для сосняков находится в условиях свежей субори (B_2). Отметим, что в условиях свежего сугрудка (C_2) коренные древостои представлены смешанными по породному составу и сложными по структуре насаждениями, нередко двух-трёх ярусными. Кроме того, принимая во внимание распределение сосновых насаждений по эдатопам, следует сказать, что в условиях сухого и свежего гряда ($D_{1,2}$), насаждения с доминированием сосны ввиду биоэкологических особенностей вида вряд ли возможно отнести к категории коренных древостоев. С большой степенью вероятности можно утверждать, что сосна обыкновенная и сосна крымская в данных условиях присутствуют временно в качестве производного древостоя. Со временем в данных условиях ($D_{1,2}$) будут формироваться насаждения, состав которых будет в полной мере соответствовать ТЛУ. На наш взгляд, присутствие сосны в условиях грядовых местообитаний можно объяснить процессами лесообразования, формированием сукцессионных рядов, где сосне отведена роль вида временно занимающего существующую экологическую нишу.

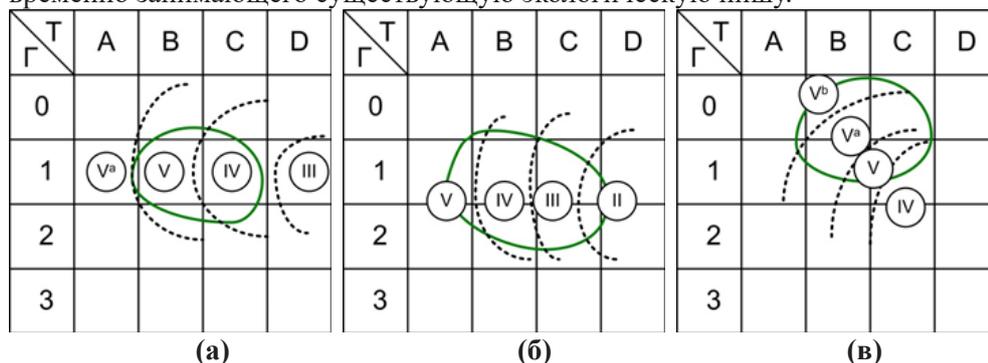


Рисунок 1. Фигуры макрокомплекса произрастания и изобонитеты насаждений сосны крымской (а), сосны обыкновенной (б) и сосны пицундской (в) в условиях Горного Крыма

Фигура макрокомплекса местопроизрастания насаждений дуба скального и черешчатого в Крыму практически совпадают. При этом нельзя утверждать, что данные породы идентичны по комплексу биоэкологических свойств. То есть каждой из указанных лесообразующих пород свойственен вполне определённый макрокомплекс местообитаний. Характерным отличием является смещённость естественного ареала дуба скального в сторону более сухих и бедных по тро-

фности условий, тогда как по продуктивности насаждения дуба черешчатого характеризуются более высокими классами бонитетов. Средние их показатели продуктивности колеблются в пределах от $V^a, 0 \pm 0,23$ (в B_1) до $II, 4 \pm 0,75$ (в D_2), в тех же условиях древостой дуба скального – от $V^a, 3 \pm 0,02$ до $III, 7 \pm 0,01$.

Значительный интерес с точки зрения ведения лесного хозяйства представляют такие лесобразующие породы, как ольха черная, ясень обыкновенный и граб обыкновенный. Площадь древостоев с преобладанием в составе указанных пород на территории лесного фонда Крыма составляет соответственно 0,3, 5,2 и 13,2 тыс. га (см. табл. 1). Граб, как сопутствующая порода бука лесного и дуба скального, в Крыму часто представлен древостоями с долевым участием в составе 5 и более единиц. Можно предположить, что наличие таких древостоев свидетельствует о неправильном ведении лесного хозяйства в прошлом. Как известно, грабняки являются производными в типологическом отношении древостоями, которые формируются преимущественно в бучинах, суббучинах, дубравах и судубравах, – на их долю приходится 97,4 % площади грабовых насаждений в Крыму. Древостои с доминированием граба не отличаются высокой производительностью и устойчивостью, средний бонитет их составляет $IV, 3$, а средневзвешенный коэффициент их санитарного состояния насаждений – не более 2,1. Ясеньевые леса в Крыму присутствуют на площади 6,3 тыс. га (2,1 % лесного фонда Крыма), однако они имеют важное значение в плане сохранения видового и генетического биоразнообразия полуострова. Как типобразующая порода и порода-мегагроф, ясень обыкновенный формирует 2 типа леса в Крыму из 97, выделенных П.П. Посоховым [7], это: сухой ясеньевый груд (D_1 -Я) и свежий ясеньевый груд (D_2 -Я). На эти типы леса приходится 76,4 % площади ясеньевых лесов, остальная часть преимущественно приуроченные к сугрудовым условиям. Наличие ясеня в насаждениях свидетельствует о высокой трофности условий произрастания, чаще всего грудовых. Ольха чёрная занимает особую экологическую нишу в Крыму и является индикатором влажных и в тоже время высокотрофных условий местообитания. В этих условиях она формирует 95,8 % своих лесов и произрастает по $III, 5$ - $II, 9$ классам бонитета.

В качестве заключения отметим, что анализируя поведельную базу данных мы составляем лишь общее представление относительно эдафической структуры и продуктивности лесов Горного Крыма. Данный подход, позволяющий оценить разнообразие и продуктивность лесных насаждений, можно считать достаточно информативным и в тоже время объективным с точки зрения ресурсной оценки лесного покрова. Однако следствием подобного подхода является пусть частичное, но совпадение границ макрокомплексов местообитаний сосны крымской и сосны обыкновенной, дуба черешчатого и дуба скального, хотя в естественных условиях они занимают разные и заметно отличающиеся экологические ниши. В связи с чем, необходимо дальнейшее углубление исследований с применением дифференцированного подхода к оценке типологической структуры лесов с учётом лесотипологической классификации климатов, разработанной Д.В. Воробьёвым (1967) или же на основе физико-географического районирования Крыма, предложенного исследователями, где ключевой

единицей, по мнению исследователей, является ландшафтная область [4].

Выводы. Данные распределения естественных лесов Горного Крыма по эдаптопам, эдафо-бонитетная сетка и построенные на их основе фигуры макрокомплекса местообитания и изолинии бонитетов лесообразующих пород дают вполне определённое представление относительно особенностей формирования и продуктивности лесных насаждений с учётом существующего эдафического фона лесного покрова Горного Крыма.

Предложенный подход, позволяющий оценить разнообразие и продуктивность лесных насаждений, можно считать достаточно информативным и в тоже время объективным с точки зрения ресурсной оценки лесного покрова. Однако следствием подобного подхода является пусть частичное, но совпадение границ макрокомплексов местообитаний сосны крымской и сосны обыкновенной, дуба черешчатого и дуба скального. В тоже время в естественных условиях они занимают разные экологические ниши. Необходимо дальнейшее углубление исследований с применением дифференцированного подхода к оценке типологической структуры лесов с учётом лесотипологической классификации климатов, разработанной Д.В. Воробьёвым или же на ландшафтной основе, предложенной исследователями Крыма.

Представленные данные обработки поведельной таксационной базы данных могут быть использованы в науке и в практике лесного хозяйства. В частности, при лесоразведении или лесовосстановлении лесов Крыма, что позволит подобрать оптимальный состав будущих лесных насаждений в соответствии с эдафо-климатическими особенностями древесных пород, произрастающих в Крыму.

Список использованных источников:

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Воробьев Д. В. Методика лесотипологических исследований / Д. В. Воробьев – К. : Урожай, 1967. – 388 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов – М. : Колос, 1979. – 416 с.
4. Ена, В. Г. Заповедные ландшафты Тавриды / В. Г. Ена, Ал.В. Ена, Ан.В. Ена. – Симферополь : Бизнес-Информ, 2013. – 428 с.
5. Морозов Г. Ф. Учение о лесе / Г. Ф. Морозов. – М. – Л.: Гослесбумиздат, 1949. – 301 с.
6. Погребняк П. С. Основы лесной типологии / П. С. Погребняк. – К. : Изд-

References:

1. Anuchin N. P. Forest taxation / N. P. Anuchin. - Moscow: Lesnaya Promyshlennost', 1982. - 552 p.
2. Vorobyov D. V. Methods of forest typological studies / D. V. Vorobyov. - Kiev: Urozhai, 1967. - 388 p.
3. Dospikhov B. A. Methods of field experiment / B. A. Dospikhov. - Moscow: Kolos, 1979. - 416 p.
4. Yena V.G. Reserved landscapes of Taurida / V.G. Yena, Al.V. Yena, An.V. Yena. – Simferopol: Business-Inform, 2013. – 428 p.
5. Morozov G. F. The doctrine of the forest / G. F. Morozov. - Moscow - Leningrad: Goslesbumizdat, 1949. - 301 p.
6. Pogrebnyak P. S. Fundamentals of forest typology / P. S. Pogrebnyak. - Kiev: USSR AS Press, 1955. - 456 p.

во АН СССР, 1955. – 456 с.

7. Посохов П. П. Типы лесов Горного Крыма и их кавказские аналоги: Автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра с.-х. наук. Киев : СХА, 1972. – 48 с.

8. Ремезов Н. П. Лесное почвоведение / Н. П. Ремезов, П. С. Погребняк, М. : «Лесная промышленность», 1965. – 32 с.

9. Роговой В. И. К методам определения типов лесорастительных условий / В. И. Роговой, Л. А. Селиванова // Биоразнообразие и устойчивое развитие: Материалы докладов III Международной научно-практической конференции. – Симферополь, 2014. – С. 306–308.

10. Роговой В. И. Лесоводственно-экологическая типология в Крыму. Актуальные проблемы современного лесоводства. Вторые международные чтения памяти Г. Ф. Морозова. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. – С. 32–37.

11. Салтыков А. Н. Лесная типология: таксоны, критерии определения, применение : учебно-методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы / А. Н. Салтыков, В. В. Разумный, В. И. Роговой, В. Е. Астафьева. – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2019. – 200 с.

7. Posokhov P. P. Forest types of the Mountainous Crimea and their Caucasian analogues: Abstracts of a dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. – Kyiv: SKhA, 1972. - 48 p.

8. Remezov N. P. Forest soil science / N. P. Remezov, P. S. Pogrebnyak. – Moscow: Lesnaya Promyshlennost', 1965. - 32 p.

9. Rogovoy V. I. On methods for determining types of forest growth conditions / V. I. Rogovoy, L. A. Selivanova // Biodiversity and sustainable development: Proceedings of the III International scientific and practical conference. - Simferopol, 2014. - P. 306-308.

10. Rogovoy V. I. Silvicultural and ecological typology in Crimea // Actual problems of modern forestry: Second international readings in memory of G. F. Morozov. - Simferopol: IT "ARIAL", 2020. - P. 32-37.

11. Saltykov A. N. Forest typology: taxa, determination criteria, application: a teaching aid for practical classes and independent work / A. N. Saltykov, V. V. Razumny, V. I. Rogovoy, V. E. Astafieva. – Simferopol: IT "ARIAL", 2019. – 200 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

Information about the authors:

Saltykov Andrey Nikolaevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry and Landscape Construction at the Institute "Agrotechnological Academy" at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crime-

295492, РФ, Республика Крым, Симферополь, Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», корп. 1, каб. 232.

Роговой Владимир Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесного дела и садово-паркового строительства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail v_rogovoy@mail.ru 295492, РФ, Республика Крым, Симферополь, Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», корп. 1, каб. 235.

Федончук Александра Владимировна – аспирант кафедры лесного дела и садово-паркового строительства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail sashafedonchuk@gmail.com, 295492, РФ, Республика Крым, Симферополь, Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», корп. 1, каб. 232а.

an 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", 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.

Fedonchuk Aleksandra Vladimirovna – graduate student at the Institute "Agrotechnological Academy" at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", e-mail: alexandrafedonchuk@yandex.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 232a.

УДК 633.15.003.13:631.8

**ВЛИЯНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ
КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ
ВУКСАЛ НА УРОЖАЙНОСТЬ И
ЭКОНОМИЧЕСКУЮ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА
КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ****INFLUENCE OF FERTILIZERS
ON THE PRODUCTIVITY
AND ECONOMIC
EFFICIENCY OF GROWING
CORN GRAIN IN
THE CONDITIONS
OF KRASNODAR
REGION**

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

Marchenko D. K., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”

Установлено, что максимальная прибавка урожая 7,0-7,1 ц/га, или 12,6-12,8% формируется на вариантах с применением удобрений Вуксал Комби Плюс и Вуксал Микроплант. Дисперсионная обработка полученных результатов свидетельствует об изменении доли участия удобрения в формировании урожая. При математическом анализе экспериментальных данных в среднем за три года исследований и включении погодных условий как дополнительного фактора полевого опыта зафиксировано такое распределение доли участия на величину урожая зерна кукурузы – погодные условия в годы исследований (фактор В) – 39,8%; удобрения (фактор А) – 37,4%; взаимодействие факторов АВ – 14,2%. Неучтённые факторы обусловили формирование зерновой продуктивности культуры на 8,6%. По экономическим параметрам, условному чистому доходу (43,0-43,5 тыс. руб./га) и рентабельности (189,5-195,1%) преобладали варианты с внесением удобрений Комби Плюс и Микроплант. Наимень-

It was found that the maximum yield increase of 7.0-7.1 c/ha, or 12.6-12.8% is formed in the variants with the application of Combi Plus and Microplant fertilizers. Dispersion processing of the obtained results indicates a change in the share of fertilizer participation in yield formation. In the mathematical analysis of experimental data on average for three years of research and the inclusion of weather conditions as an additional factor of the field experiment, the following distribution of the share of participation in the amount of corn grain yield was recorded - weather conditions in the years of research (factor B) - 39.8%; fertilizers (factor A) - 37.4%; interaction of factors AB - 14.2%. Unaccounted for factors determined the formation of grain productivity of the crop by 8.6%. According to economic parameters, conditional net income (43.0-43.5 thousand rubles / ha) and profitability (189.5-195.1%), the variants with the application of Combi Plus and Microplant fertilizers prevailed. The lowest profitability in the range from 168.2-171.6% was observed with the simultaneous use of Grain and

шая рентабельность в диапазоне от 168,2-171,6% была при одновременном применении удобрений Грейн и Аминоплант, препарата Сера и на контрольном варианте.

Ключевые слова: кукуруза, удобрения, урожайность, экономическая эффективность, энергетическая оценка.

Aminoplant fertilizers, the Sulfur preparation, and the control variant.

Key words: corn, fertilizers, yield, economic efficiency, energy assessment.

Введение. Полевые опыты с кукурузой играют ключевую роль в развитии и совершенствовании этой важной сельскохозяйственной культуры. Полевые испытания позволяют сравнить разные по генетическому потенциалу гибриды кукурузы по урожайности, устойчивости к болезням и вредителям, а также по адаптации к различным климатическим условиям. Опыты помогают определить оптимальные методы выращивания, такие как оптимальная плотность посева, сроки посева, система удобрений, полива и борьбы с сорняками. Исследования позволяют изучать распространение и развитие болезней и вредителей, а также находить эффективные методы борьбы с ними. Опыты позволяют изучать влияние различных факторов на содержание питательных веществ в зерне кукурузы, таких как белок, крахмал и витамины, а также оптимизировать процессы сушки, хранения и переработки кукурузы, чтобы получить продукцию высокого качества. Минимизация использования пестицидов и удобрений может быть использована для разработки устойчивых методов земледелия, которые снижают негативное воздействие на окружающую среду [1, 2, 3, 4, 5]. Полевые исследования позволяют изучать влияние различных сельскохозяйственных практик на биоразнообразие почвенных организмов и насекомых. На основе обобщения результатов полевых экспериментов с кукурузой могут быть рекомендованы наиболее экономически и энергетически выгодные элементы агротехники, направленные на оптимизацию и экономически обоснованный уровень урожайности, высокое качество зерна, что в свою очередь позволяет увеличить прибыль, снизить энергетические затраты, имеет важное экологическое значение, являются необходимым инструментом для достижения устойчивого развития отечественного сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности [6, 7, 8, 9, 10].

Проведенные в Российской Федерации и за ее пределами полевые исследования показали, что величина урожая зерна кукурузы является одним из основных экономически-хозяйственных показателей эффективности использования генетического потенциала каждого гибрида. Интенсивность продукционного процесса при выращивании кукурузы может существенно колебаться в зависимости от влияния различных факторов внешней среды в предпосевной период и на протяжении вегетации, в первую очередь количество атмосферных осадков, показатели температуры и влажности воздуха, содержание питательных веществ в почве, их динамика по разным слоям. Разные периоды роста и развития кукурузы и т.д. В условиях искусственного увлажнения необходимо планирование отдельных элементов агротехники с учетом биологических особенностей культуры, уровня ожи-

даемой урожайности, прогноза метеорологических условий, результатов агрохимических анализов почвы и фитосанитарного мониторинга [11, 12, 13, 14, 15, 16].

Экологические и экономические проблемы заставляют производителей задуматься о целесообразности применения инновационных технологий выращивания зерна кукурузы. При этом рекомендуется соблюдать комплексный подход с учётом действия и взаимодействия важнейших элементов технологии выращивания – макро- и микроудобрений, системы обработки почвы, защиты растений и др. [17, 18, 19, 20, 21]. Выращивание зерна кукурузы требует применение комплекса мероприятий по региональному зонированию агротехники по концентрированному возделыванию кукурузы на зерно; активизировать работу специалистов селекционных центров по выведению разновидностей и сортов кукурузы, адаптированных к местным условиям производства; значительно усилить системную интенсификацию возделывания кукурузы на зерно для существенного повышения урожайности культуры, обратив особое внимание на гумусное обогащение пахотных участков; существенно повысить роль ключевых показателей производительности труда в кукурузоводческой отрасли, приняв за основу чистую продукцию (валовой доход, добавленную стоимость); выявить возможные резервы обоснованной экономии материальных и трудовых затрат при выполнении технологических работ для снижения себестоимости и повышения рентабельности товарного кукурузного зерна [23, 24, 25, 26, 27].

Материал и методы исследований. Целью исследований было установить влияние водорастворимых комплексных удобрений Вуксал на урожайность и экономическую эффективность выращивания зерна кукурузы в условиях Краснодарского края.

Полевые опыты и лабораторные исследования проведены на протяжении 2021 – 2023 гг. на территории учебного хозяйства «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина.

Схема однофакторного полевого опыта:

1. Без удобрений (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.

В полевом опыте высевали гибрид кукурузы Краснодарская 291, площадь учётных делянок составляла 37 м² (16 м × 2,3 м), повторность четырех-

кратная, предшественник – озимый ячмень.

В исследованиях применялся комплекс агротехнических методов возделывания зерна кукурузы для Краснодарского края. Фон плодородия почвы – средний. Подготовка почвы состояла из глубокой вспашки на глубину 25 см с оборотом пласта, выравнивания поверхности осенью, весенний комплекс обработки почвы – предпосевная культивация. Посев проводился во второй-третье декадах апреля с нормой высева 70 тыс. семян на 1 га. В первой декаде мая опытные делянки обрабатывали гербицидом Элюмис (1,5 л/га). Уборка урожая проводилась поделочно во второй-третье декаде сентября путем прямого комбайнирования с последующим взвешиванием зерна комбайном «Samro 500» с дальнейшим отбором проб для пересчёта на стандартную влажность и определения показателей качества зерна. Математическую обработку экспериментальных данных и экономический анализ экспериментальных данных, проводили согласно методики опытного дела в агрономии [28].

Результаты и обсуждения. В полевых исследованиях, проведённых в 2021–2023 гг., установлено, что проявилось разное влияние на формирование зерновой продуктивности культуры в зависимости от вариантов удобрений во все годы, несмотря на отличие погодных условий (таблица 1). Погодные условия, сложившиеся в течение вегетационного периода, оказывали значительное влияние на уровень урожайности зерна кукурузы. Также установлено, что ростовые процессы растений кукурузы значительно варьировались под влиянием гидротермических условий в период вегетации в зависимости от факторов опыта.

Таблица 1. Урожайность зерна кукурузы (ц/га) в зависимости от минеральных удобрений в годы проведения исследований

№ п/п	Вариант	Урожайность по годам, ц/га				Прибавка	
		2021	2022	2023	в среднем	ц/га	%
1	Контроль	53,9	53,0	59,8	55,6	–	–
2	Микроплант	61,5	62,6	64,1	62,7	7,1	12,8
3	Макромикс	57,1	58,2	61,2	58,8	3,2	5,8
4	Макромикс + Микроплант	60,4	59,0	62,5	60,6	5,0	9,1
5	Аминоплант	55,9	58,9	62,6	59,1	3,5	6,4
6	Макромикс + Аминоплант	57,9	57,4	63,9	59,7	4,1	7,4
7	Грейн	57,4	56,6	62,9	59,0	3,4	6,1
8	Макромикс + Грейн	60,0	59,3	62,0	60,4	4,8	8,7
9	Комби Плюс	61,4	62,2	64,2	62,6	7,0	12,6
10	Грейн + Аминоплант	54,0	55,7	62,7	57,5	1,9	3,4
11	Бетино	57,9	59,1	62,9	60,0	4,4	7,9
12	Аскофол	57,0	58,2	62,3	59,2	3,6	6,4
13	Сера	54,1	54,4	60,2	56,2	0,6	1,1
14	Аминокал	57,0	58,8	61,5	59,1	3,5	6,3
Среднее		57,5	58,1	62,3	59,3	4,0	7,2
НСР ₀₅ , ц/га		2,31	2,67	1,50	2,26	2,26	–

Дефицит осадков и высокий температурный фон в первый год проведения полевых исследований (2021 г.) в целом отрицательно сказались на зерновой продуктивности растений кукурузы. На контроле (без внесения удобрений) урожайность зерна составила 53,9 ц/га. На вариантах с внекорневой обработкой удобрениями Комби Плюс и Микроплант они достигли максимума и были равны 61,4-61,5 ц/га, что превышало контроль на 13,9-14,1%. Также высокий уровень зерновой продуктивности (более 60 ц/га) обеспечили варианты с комплексным внесением Макромикс и Микроплант (60,4 ц/га); Макромикс и Грейн (60,0 ц/га). Наименьшая прибавка урожая в этом году зафиксирована при одновременном применении удобрений Грейн и Аминоплант – 54,0 ц/га, то было меньше контроля на 0,1 ц/га, или 0,2%, что математически недостоверно при $НСР_{05}$ 2,31 ц/га.

В 2022 г. дефицит осадков вызвал снижение урожайности на контрольном варианте до 53,0 ц/га. Однако, удобрения, в целом, вызвали увеличение зерновой продуктивности до уровня, превышающего 64 ц/га, на вариантах с применением удобрений Комби Плюс и Микроплант, что достоверно превышало неудобренный контроль на 17,1-18,1%. При этом наименьшая математически недостоверная прибавка урожая (1,4 ц/га, или 2,1%, при $НСР_{05}$ 2,67 ц/га) была на варианте с удобрениями Сера.

На третий год исследований (2023 г.) в следствии позитивного действия повышенного количества осадков, получены максимальные уровни урожая, как на контрольном неудобренном варианте – 59,8 ц/га, так и на вариантах с применением удобрений – более 60 ц/га на всех удобренных вариантах. Наибольший уровень зерновой продуктивности за три года исследований был получен на варианте с применением удобрения Комби Плюс – 64,2 ц/га, с превышением контроля на 7,4%. Также высокий показатель урожайности сформировался на втроем варианте внесения удобрений – 64,1 ц/га и при одновременном применении удобрений Макромикс и Аминоплант – 63,9 ц/га. Минимальный прирост урожайности, как и в 2022 г., проявился при применении удобрения Сера – на 0,4 ц/га (0,7%) при $НСР_{05}$ – 1,50 ц/га.

Обобщение урожайных данных в среднем за три года исследований позволило установить из изучаемых удобрений – Комби Плюс и Микроплант, которые обеспечили достоверную прибавку урожайности на уровне 7,0-7,1 ц/га, что эквивалентно 12,6-12,8%. Наименьшая прибавка урожая, которая превышала контроль на 0,6 ц/га (1,1%) при $НСР_{05}$ – 2,26 ц/га, зафиксирован на варианте с применением удобрения Сера, а также при совместном применении удобрений Грейн и Аминоплант – 1,9 ц/га, или 3,4%, соответственно.

В отдельные годы исследований зафиксированы значительные изменения показателя доли влияния исследуемого фактора, как и других (неучтённых) факторов – прежде всего метеорологических условий с разными гидротермическими и другими параметрами (рисунок 1).

В первый год исследований (2021 г.) доля участия удобрений составила 73,8%, а на действие других факторов, к которым следует отнести погодные условия, а также разницу в плодородии почвы и не изучаемых элементов технологии, припадало 26,2%.

В 2022 г., который отличался динамичными метеорологическими услови-

ями, зафиксирована наибольшая доля участия на уровень урожая других факторов – 33,5%. При этом исследуемый фактор сохранил своё лидерство и его удельный вес составил 66,5%.

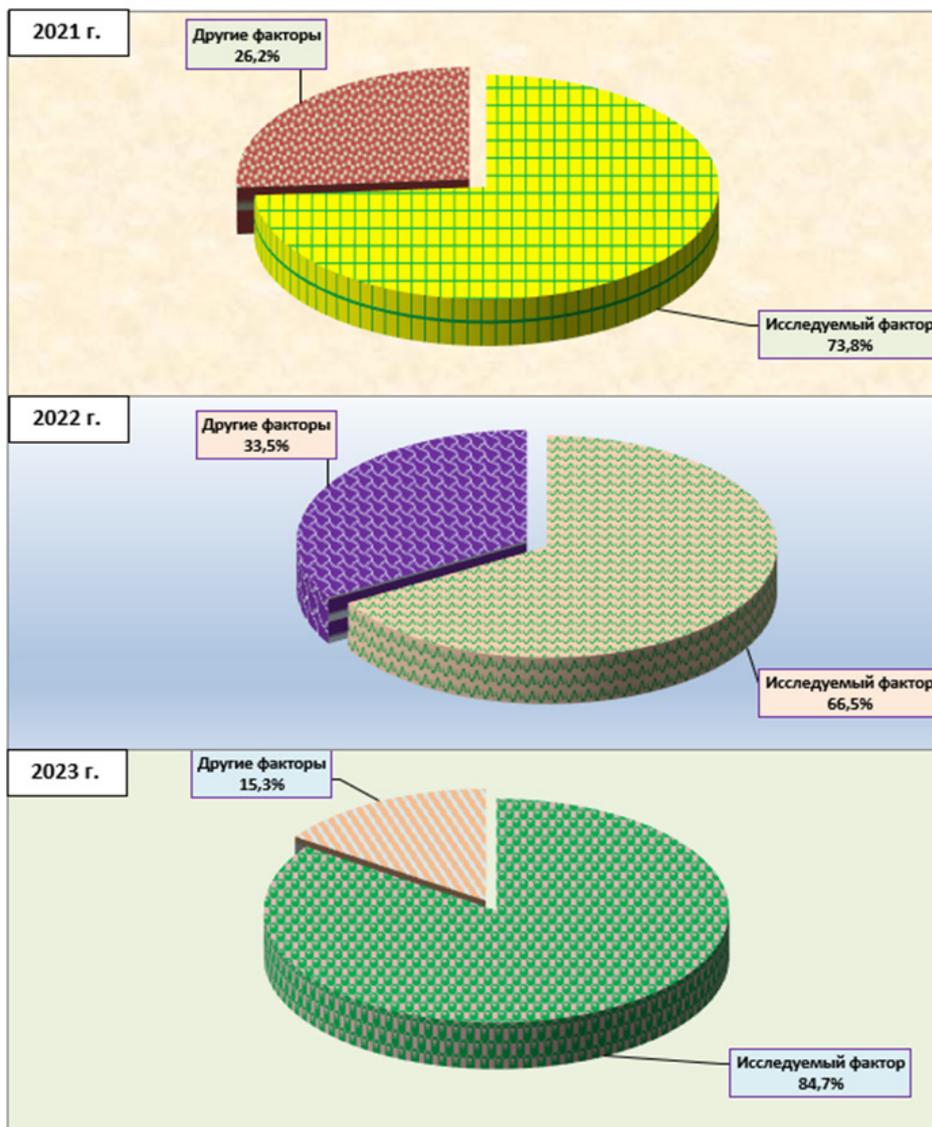


Рисунок 1. Доля влияния удобрений на формирование урожая зерна кукурузы в годы проведения исследований, %

В условиях 2023 г. доля участия других факторов была минимальной и составляла 15,3%, а удельный вес возрос до максимальной величины – 84,7%. Это можно объяснить особенностями погодных условий в этом году и, в первую очередь, более высоким количеством осадков, которое позитивно повлияла на продукционный процесс растений кукурузы и способствовало формированию наибольшего урожая.

Дисперсионная обработка результатов формирования урожайности зерна кукурузы в среднем за три года позволила определить долю влияния изучаемых факторов на формирование этого показателя для вариантов внесения удобрений (фактор А) и влияния погодных условий в годы проведения исследований (фактор В) (рисунок 2).

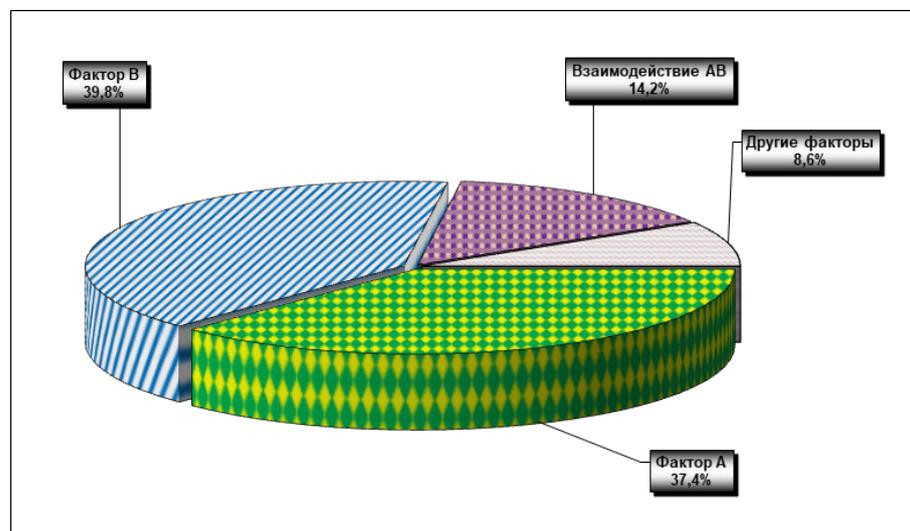


Рисунок 2. Доля участия в формировании урожая зерна кукурузы исследуемых факторов: А – удобрения; В – погодные условия в годы проведения исследований, %

По результатам дисперсионного анализа установлено погодные условия в годы проведения полевого эксперимента (фактор В) оказали максимальное влияние на формирование урожая зерна исследуемой культуры, доля влияния их составила 39,8%. Практически такой же удельный вес (37,4%) имели варианты удобрения кукурузы. Также высокий уровень доли участия в формировании зерновой продуктивности – 14,2%, принадлежит взаимодействию АВ – удобрений и погодных условий. Удельный вес других неучтённых факторов был равен 8,6%.

Рыночная цена на зерно кукурузы на момент экономических расчётов (третий квартал 2023 г.) составила 10,5 тыс. руб./т. Также на этот же период в технологических картах по каждому исследуемому варианту применения удобрений были приняты цены на все виды ресурсов.

Экономическим анализом доказано, что стоимость валовой продукции изменялась пропорционально показателям урожайности зерна – от 58,4 тыс. руб./га на контроле до 65,8 тыс. руб./га – на варианте с применением удобрения Микроплант (таблица 2). Таким образом, разница между этими вариантами составила 12,7%.

Также высокие параметры данного экономического показателя сформировались на вариантах с обработкой препаратами Комби Плюс (65,7 тыс. руб./га); комплексной обработкой удобрениями: Макромикс совместно с Микроплантом (63,6 тыс. руб./га); Макромикс и Грейн (63,4 тыс. руб./га). Применение

удобрения Серы, наоборот, слабо повлияло на величину стоимости валовой продукции – он составлял, соответственно, 59,0 тыс. руб./га, что превышало контрольный вариант лишь на 1,0 %.

Таблица 2. Экономическая эффективность выращивания зерна кукурузы в зависимости от вариантов внесения удобрений, 2021-2023 гг.

№ п/п	Вариант	Урожайность, ц/га	Показатели экономической эффективности				
			стоимость валовой продукции, тыс. руб.	производственные затраты, тыс. руб.	себестоимость, тыс. руб./т	чистый доход, тыс. руб.	уровень рентабельности, %
1	Контроль	55,6	58,4	21,5	0,39	36,9	171,6
2	Микроплант	62,7	65,8	22,3	0,36	43,5	195,1
3	Макромикс	58,8	61,7	22,1	0,38	39,6	179,2
4	Макромикс + Микроплант	60,6	63,6	23,5	0,39	40,1	170,5
5	Аминоплант	59,1	62,1	22,6	0,38	39,5	174,8
6	Макромикс + Аминоплант	59,7	62,7	23,4	0,39	39,3	168,0
7	Грейн	59,0	62,0	22,5	0,38	39,5	175,6
8	Макромикс + Грейн	60,4	63,4	23,5	0,39	39,9	169,4
9	Комби Плюс	62,6	65,7	22,7	0,36	43,0	189,5
10	Грейн + Аминоплант	57,5	60,4	23,2	0,40	37,2	160,7
11	Бетино	60,0	63,0	22,6	0,38	40,4	178,9
12	Аскофол	59,2	62,2	22,4	0,38	39,8	177,2
13	Сера	56,2	59,0	22,0	0,39	37,0	168,2
14	Аминокал	59,1	62,1	22,1	0,37	40,0	180,5
Среднее		59,3	62,3	22,6	0,38	39,7	175,7

Производственные затраты изменялись в меньшем диапазоне, что связано с особенностями формирования схемы опыта и отличием данного экономического показателя только по направлению их увеличения на вариантах с внесением удобрений, а также с дополнительными затратами на уборку урожая зерна кукурузы. Также данный показатель определялся ценой изучаемых удобрений, которая достигала максимума на вариантах с применением двух препаратов – четвертом, шестом, восьмом и десятом.

Минимальные производственные затраты, на уровне 21,5 тыс. руб./га сформировались на контрольном варианте. Они увеличились на 7,9-9,3% – до 23,2-23,5 тыс. руб./га на вариантах с одновременным внесением двух удобре-

ний – Макромикс и Микроплант; Макромикс и Аминоплант; Макромикс и Грейн; Грейн и Аминоплант.

Себестоимость продукции, отражающая окупаемость ресурсных затрат при прибавкой урожая, минимальную величину – 0,36 тыс. руб./ц показала на вариантах с применением удобрений Микроплант и Комби Плюс. На контрольном варианте, а также на четвертом, шестом и восьмом удобренных вариантах отмечено её возрастание до 0,39-0,40 тыс. руб./ц, или на 8,3-11,1%. Наибольшая себестоимость зерна исследуемой культуры – 0,39-0,40 тыс. руб./ц сформировалась на первом (контроль), десятом (Грейн и Аминоплант) и тринадцатом (Сера) вариантах.

Анализ экономических расчётов показал, что в структуре производственных затрат максимальный удельный вес принадлежит минеральным удобрениям – 34,7%, также высоким этот показатель оказался для горюче-смазочных материалов – 29,4 % (рисунок 3).

Другие составляющие элементы экономических затрат распределялись следующим образом: оплата труда – 10,8%, содержание основных средств – 4,9%, средства защиты растений (пестицидов) – 4,6%, семена – 2,5%. Остальные составные элементы структуры затрат были менее 2%, с минимальными затратами 0,9% – на исследуемые в полевых опытах микроудобрения, что подчёркивает экономическую обоснованность их применения – их незначительную стоимость и достоверную эффективность по прибавке урожая, доходу и рентабельности.

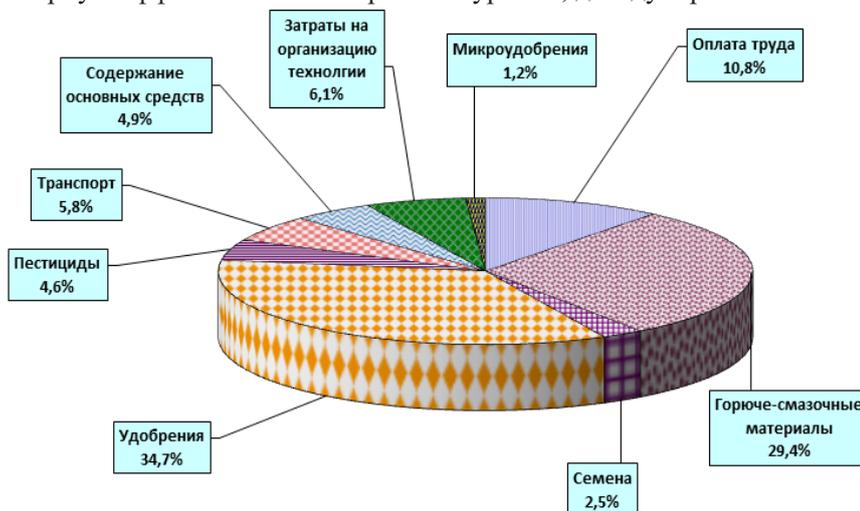


Рисунок 3. Удельный вес производственных затрат при выращивании зерна кукурузы на орошаемых землях, % (в среднем по исследуемым факторам и годам проведения исследований)

Формирование чистого дохода, который является наиболее важным экономическим показателем, отображало закономерности изменения стоимости валовой продукции и производственных затрат. Наибольшее позитивное действие на данный показатель с его повышением до 43,0-43,5 тыс. руб./га до-

стигнуто при применении удобрений Комби Плюс и Микроплант, которые превышали контроль (без удобрений) с чистым доходом 36,9 тыс. руб./га – на 16,5-17,9%. Одновременное применение удобрений Макромикс и Микроплант, Макромикс и Грейн, а также внесение препарата Бетино также позволили получить увеличенный доход – 40,0-40,4 тыс. руб./га, что превышало контроль на 8,3-9,5%. Сера и комбинированное применение препаратов Грейн и Аминоплант существенно снизило этот экономический показатель – до 37,0-37,2 тыс. руб./га, что было лишь на 0,5-1,6% больше неудобренного контроля.

Возрастание до максимального уровня рентабельности 195,1% зафиксировано на варианте с применением удобрения Микроплант. Данный показатель был выше контроля на 23,4 процентных пунктов. Также высокое значение этого экономического показателя, которое было близко к лучшему варианту, сформировалась на варианте с обработкой кукурузы препаратом Комби Плюс (189,5%). Этот показатель находился на уровне 180% при применении удобрений Аминокал, Макромикс и Бетино. Минимальный уровень рентабельности с его близким к контрольному варианту значением (171,6%) был при комбинированном применении удобрений Грейн и Аминоплант (160,7%), а также при применении препарата Сера (168,2%).

Выводы. Доказано, что в отдельные годы исследований урожайность изменялась под действием метеорологических особенностей в период вегетации кукурузы, а также в зависимости от вариантов внесения удобрения. Зафиксирована тенденция увеличения зерновой продуктивности гибрида кукурузы отечественной селекции Краснодарская 291 в благоприятном по погодным условиям 2023 г. – до 64,1-64,2 ц/га на вариантах с обработкой посевов удобрениями Комби Плюс и Микроплант и снижение её до 53,9-54,1 ц/га в засушливом 2021 г. на контрольном варианте, а также при комбинированном применении удобрений Грейн + Аминоплант и на варианте с применением удобрения Сера. В среднем за годы исследований установлена максимальная прибавка урожая 7,0-7,1 ц/га, или 12,6-12,8% на вариантах с удобрениями Комби Плюс и Микроплант.

Дисперсионная обработка полученных результатов свидетельствует об изменении доли участия фактора удобрения в формировании урожая. Так, в 2021 г. она была равна составила 73,8%, в 2022 г. – 66,5; а в 2023 г. достигла максимальной величины – 84,7%. На действие неучтённых факторов приходилось 26,2; 33,5; 15,3%, соответственно. При математическом анализе экспериментальных данных в среднем за три года исследований и включении погодных условий как дополнительного фактора полевого опыта зафиксировано такое распределение доли участия на величину урожая зерна кукурузы – погодные условия в годы исследований (фактор В) – 39,8%; удобрения (фактор А) – 37,4%; взаимодействие факторов АВ – 14,2%. Неучтённые факторы обусловили формирование зерновой продуктивности культуры на 8,6%.

По экономическим параметрам, условному чистому доходу (43,0-43,5 тыс. руб./га) и рентабельности (189,5-195,1%) преобладали варианты с внесением удобрений Комби Плюс и Микроплант. Наименьшая рентабельность в диапазоне от 168,2-171,6% была при одновременном применении удобрений Грейн и

Аминоплант, препарата Сера и на контрольном варианте. В структуре производственных затрат максимальный удельный вес принадлежит минеральным удобрениям – 34,7%, также высоким этот показатель оказался для горюче-смазочных материалов – 29,4 %; оплата труда – 10,8%, содержание основных средств – 4,9%, средства защиты растений (пестицидов) – 4,6%, семена – 2,5%. Остальные составные элементы структуры затрат были менее 2%, с минимальными затратами 0,9% – на исследуемые в полевых опытах микроудобрения, что подчёркивает экономическую обоснованность их применения – их незначительную стоимость и достоверную эффективность по прибавке урожая, доходу и рентабельности. В целом, в результате проведения полевых исследований с кукурузой в условиях Краснодарского края установлено, что максимальную зерновую продуктивность и лучшее сочетание экономических показателей обеспечивает применение микроудобрений Вуксал Микроплант и Вуксал Комби Плюс.

Список использованных источников:

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

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

3. Эффективность применения азотных удобрений под озимую пшеницу в ранневесеннюю подкормку на черноземе выщелоченном / А. М. Кравцов, А. В. Загорюлько, Н. Н. Кравцова, А. А. Макаренко // Труды Кубанского государственного аграрного университета.

References:

1. Makarenko, A. A. Influence of the primary tillage system on the bulk density of leached chernozem in the Central Zone of Краснодар Krai / A. A. Makarenko, N. I. Bardak, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2021. - No. 88. - P. 89-96. 2. Tuchapsky, Yu. A. Moisture as a factor in the formation of winter barley grain yield in Краснодар Krai / Yu. A. Tuchapsky, A. S. Naidenov, A. A. Makarenko // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Краснодар, November 26-30, 2016 / Responsible for the issue. A. G. Koshchayev. – Краснодар: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2017. – P. 908-909.

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. Balandin, V. S. Dynamics of soil

– 2021. – № 89. – С. 54-59.

4. 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.

5. Слюсарев, В. Н. К вопросу оздоровления черноземов выщелоченных Прикубанской низменности / В. Н. Слюсарев, А. А. Макаренко // *Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ, Ставрополь, 04–05 октября 2018 года.* – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2018. – С. 222-223.

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

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

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.

5. Slyusarev, V. N. On the issue of improving the leached chernozems of the Kuban Lowland / V. N. Slyusarev, A. A. Makarenko // *Theoretical and technological foundations of biogeochemical flows of substances in agricultural landscapes: Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of the Stavropol State Agrarian University, Stavropol, October 4–5, 2018.* – Stavropol: Limited Liability Company "SEQUOIA", 2018. – P. 222-223.

6. Tarasenko, B. I. Soil cultivation / B. I. Tarasenko, N. I. Bardak, A. A. Makarenko. - 3rd edition, revised and supplemented. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2021. - 162 p.

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

8. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // *Agricultural*

8. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // *Agricultural Engineering*. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.
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 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.
10. 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.
11. 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.
12. Матирный, А. Н. Влияние различных систем обработки почвы на засорённость посевов кукурузы на зерно в условиях Западного Предкавказья / А. Н. Матирный, Т. В. Логойда, А. А. Макаренко // *Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : Материалы VIII международной* *Engineering*. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.
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, February 06, 2024.* – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2024. – P. 3-4.
10. 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.
11. Adamen, F. F. Index analysis and modeling of productivity of field crops depending on the levels of natural and artificial moisture when growing 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.
12. Matirny, A. N. 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. Logoyda, A. A. Makarenko // *Agrotechnical method of plant protection from harmful organisms: Proceedings of the VIII international scientific and practical conference, dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar, June 19-23, 2017 / editor-in-chief Zamotailov A.S.* - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2017.

научно-практической конференции, посвящается 95-летию Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар, 19–23 июня 2017 года / ответственный редактор Замотайлов А.С.. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 280-282.

13. 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.

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

15. Коковихин, С. В. 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.

16. Влияние технологий возделыва-

- P. 280-282.

13. Kalinin, O. S. Influence of the method of primary tillage on the yield of sugar beet in the conditions of 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.

14. Nichipurenko, E. N. 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 agro-industrial complex: Collection of articles based on the results of the international scientific and practical conference, Saratov, July 16-22, 2019. - Saratov: Limited Liability Company "Amirit", 2019. - P. 415-417.

15. Kokovikhin, S. V. 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.

16. The influence of crop cultivation technologies on the humus content in the lowland-western agricultural landscape / E. N. Nichipurenko, V. P. Vasilko, D. V. Gorobets, I. A. Pavelko // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of abstracts based on the materials of the All-Russian (national) conference, Krasnodar,

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

17. 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.

18. 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.

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

20. Коковихин, С. В. Влияние агрометеорологических условий на продуктивность растений сельскохозяйствен-

December 19, 2019 / Responsible for the release A. G. Koshchaev. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2019. - P. 17-18. 17. 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.

18. 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. Logoida // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2018. – No. 74. – P. 101-106.

19. Nichipurenko, E. N. 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: Proceedings of the VI International scientific and practical online conference, Maykop, November 25, 2020. – Maykop: Oleg Grigorievich Magarin Publishing House, 2020. – P. 166-167.

20. Kokovikhin, S. V. The 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. – Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian

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

21. Вожегова, Р. А. Агромелиоративное обоснование севооборотов на неполитивных 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.

22. Подушин, Ю. В. Применение вегетационного индекса NDVI для оценки влияния агротехнических факторов на рост растений / Ю. В. Подушин, Ю. П. Федолов, 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.

23. Ничипуренко, Е. Н. Влияние основной обработки почвы на засоренность посевов озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы :

Academy of Sciences, 2017. – P. 257-259.

21. 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. 22. 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. 23. Nichipurenko, E. N. The influence of primary tillage on weed infestation of winter wheat crops in the central zone of Krasnodar Krai / E. N. Nichipurenko, T. D. Fedorova // Science, education and innovation for the agro-industrial complex: state, problems and prospects: Proceedings of the VI International scientific and practical online conference, Maykop, November 25, 2020. - Maykop: Publishing house "Magarin Oleg Grigorievich", 2020. - P. 164-166. 24. Efficiency of herbicide application in grain corn crops depending on the sowing time on leached chernozem in the central zone of Krasnodar Krai / T. V. Logoida, A. A. Makarenko, A. A. Magomedtagirov [et al.]

- Материалы VI Международной научно-практической онлайн-конференции, Майкоп, 25 ноября 2020 года. – Майкоп: Издательство "Магарин Олег Григорьевич", 2020. – С. 164-166.
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. 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.
26. Оптимизация агротехнологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях с использованием информационных технологий / С. В. Коковихин, И. А. Биднина, В. А. Шарий [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 2(65). – С. 63-71.
27. 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.
28. Ушкаренко В.А., Лазарев Н.Н., Голобородько С.П., Коковихин С.В. Дисперсионный и корреляционный анализ в // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2020. – No. 82. – P. 90-96.
25. 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.
26. Optimization of the agrotechnological process of cultivating agricultural crops on irrigated lands using information technologies / S. V. Kokovikhin, I. A. Bidnina, V. A. Shariy [et al.] // Soil Science and Agrochemistry. – 2020. – No. 2 (65). – P. 63-71.
27. Makarenko, A. A. Modeling and optimization of the irrigation regime of field crops at the level of crop rotations and fields taking into account meteorological factors / A. A. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 191. – P. 238- 253.
28. Ushkarenko V.A., Lazarev N.N., Goloborodko S.P., Kokovikhin S.V. Dispersion and correlation analysis in plant growing and grassland management: monograph - M.: Publishing house. RGAU - Moscow Agricultural Academy named after. K.A. Timiryazeva, 2011. – 336 p.

растениеводстве и луговодстве: монография – М.: Изд. РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – 336 с.

Сведения об авторе:

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 author:

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 633.15.003.13:631.674.6

**ВЛИЯНИЕ
ПРЕДПОЛИВНОГО ПОРОГА
КАПЕЛЬНОГО
ОРОШЕНИЯ НА
ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ
КУКУРУЗЫ РАЗНЫХ ГРУПП
СПЕЛОСТИ В УСЛОВИЯХ
СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ**

**INFLUENCE OF PRE-
IRRIGATION THRESHOLD OF
DRIP IRRIGATION ON THE
PRODUCTIVITY OF CORN
HYBRIDS OF DIFFERENT
MATURITY GROUPS IN
THE CONDITIONS OF THE
NORTHERN BLACK SEA REGION**

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

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

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

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

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

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

В полевых опытах установлено существенное влияние дифференциации предполивного порога влажности почвы на водный режим почвы и продуктивность зерновой кукурузы. Вегетационный период по отдельным гибридам отличался на 18-25 дней. Высота прикрепления початка была наибольшей (110 см) на варианте с гибридом Арабат при предполивном пороге 80% НВ. Количество листьев на одном растении слабо изменялось под

Field experiments revealed a significant effect of differentiation of the pre-irrigation threshold of soil moisture on the soil water regime and productivity of grain corn. During the vegetation period, it differed by 18-25 days for individual hybrids. The height of head attachment was the greatest (110 cm) in the variant with the Arabat hybrid at a pre-irrigation threshold of 80% of HB. The number of leaves on one plant changed slightly under the influence of the studied factors.

действием исследуемых факторов. Агрохимический анализ почвы показал снижение содержания минерального азота в образцах после уборки по сравнению с отобранными перед посевом в среднем на 5 мг/кг, содержание подвижного фосфора снизилось соответственно на 7 мг/кг, а калия на 23 мг/кг. Показатели суммарного водопотребления существенно зависели от уровня предполивной влажности почвы, а также в меньшей степени – от гибридного состава. Наименьший коэффициент водопотребления был у гибридов Гетера и Арабат при поливах с предполивным порогом 80 и 90% НВ. На варианте с предполивным порогом 80% НВ урожайность, в среднем за годы исследований, была на 29,4 ц/га больше, чем при проведении поливов при снижении влажности расчётного слоя почвы до 70% НВ и на 12,1 ц/га меньше, чем на варианте с предполивным порогом 90% НВ. Дисперсионный анализ показал наибольшее влияние на формирование урожая предполивного порога капельного орошения (фактор А) – 62,8%, а также гибридный состав (фактор В) – 17,5% при взаимодействии исследуемых факторов (АВ) – 10,5%.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, орошение, предполивной порог, инокулянт, урожайность, доля влияния факторов.

Agrochemical analysis of the soil showed a decrease in the content of mineral nitrogen in the samples after harvesting compared to those selected before sowing by an average of 5 mg / kg, the content of mobile phosphorus decreased by 7 mg / kg, and potassium by 23 mg / kg. The indicators of total water consumption significantly depended on the level of pre-irrigation soil moisture, and to a lesser extent - on the hybrid composition. The lowest water consumption coefficient was observed in the Getera and Arabat hybrids with irrigation with a pre-irrigation threshold of 80 and 90% of HB. In the variant with a pre-irrigation threshold of 80% HB, the yield, on average over the years of research, was 29.4 c/ha higher than when irrigation was carried out with a decrease in the moisture content of the estimated soil layer to 70% of HB and 12.1 c/ha lower than in the variant with a pre-irrigation threshold of 90% HB. The dispersion analysis showed the greatest influence on the formation of the yield of the pre-irrigation threshold of drip irrigation (factor A) - 62.8%, as well as the hybrid composition (factor B) - 17.5% with the interaction of the studied factors (AB) - 10.5%.

Key words: corn, hybrid, irrigation, pre-irrigation threshold, inoculant, yield, share of influence of factors.

Введение. В условиях изменения климата, повышения температуры воздуха и нарушения циклов равномерности выпадения осадков, применение орошения является главным фактором интенсификации земледелия и самым действенным инструментом оптимизации и повышения экономической эффективности современных агротехнологий [1; 2; 3; 4; 5]. Капельное орошение может быть использовано при выращивании зерна кукурузы и других сельскохозяйственных культур в следствии его многих преимуществ и достоинств,

таких как: экономия поливной воды – капельное орошение направляет воду непосредственно к корням растений, минимизируя потери на испарение, просачивание, стекание с поверхности поля и др.; увеличение урожайности – подача воды непосредственно к корням обеспечивает оптимальное увлажнение, что способствует максимальному росту и развитию растений; улучшение качества урожая – позволяет контролировать количество воды и питательных веществ, что обуславливает максимальный рост продуктивности и способствует получению качественного зерна; снижение количества сорняков – капельное орошение ограничивает влажность почвы вокруг растений, что затрудняет рост сорняков и способствует их засыханию и отмиранию; уменьшение вредного влияния патогенных микроорганизмов – поливы проводятся прямо в зону расположения корней без увлажнения воздуха и надземных органов растений, что снижет угрозу распространения возбудителей болезней растений, которым необходима повышенная влажность среды; снижение затрат на удобрения – локальные капельницы позволяют вносить удобрения непосредственно в прикорневую зону, что в значительной степени повышает их эффективность и окупаемость прибавкой урожая, снижает потери; повышение устойчивости к засухе – капельное орошение обеспечивает равномерное увлажнение почвы, что повышает устойчивость к засухе [6; 7; 8; 9; 10].

Правильный подбор гибридов кукурузы для орошаемых условий является ключевым фактором для достижения максимальной урожайности и повышения экономической эффективности и экологической безопасности производства. Оптимизация использования воды, повышение устойчивости к болезням, улучшение качества зерна и многие другие параметры продуктивности, которые обеспечивают преимущества научно обоснованного выбора гибридов с адаптивностью к локальным почвенно-климатическим условиям [11; 12; 13; 14; 15]. Генетическая реакция каждого гибрида на элементы технологии выращивания – обработку почвы, внесение удобрений, обработка пестицидами и биопрепаратами, а также применение разных режимов орошения, требует проведения полевых исследований. При этом важнейшим элементом режима орошения является предполивной порог, с помощью которого можно регулировать водно-воздушный и питательный режимы почвы, обеспечить максимальную прибавку урожая, не допустить снижение продуктивности кукурузы из-за дефицита водообеспечения и водного стресса, не допустить чрезмерного искусственного увлажнения, которое вызовет снижение урожайности, непродуктивное использование и потери поливной воды, а также экологические проблемы (вторичное осолонцевание, водную эрозию, снижение плодородия почвы и др.) [16; 17; 18; 19; 20].

Орошение относится к ключевым факторам повышения урожайности кукурузы и качества зерна, особенно в условиях засушливого климата и дефицита природного влагообеспечения. Однако, не каждый гибрид кукурузы одинаково хорошо реагирует на орошение. При этом также огромное значение имеет разработка и уточнение оптимальных параметров всего агротехнологического комплекса, например, установление способа и глубины основной обработки почвы, определение норм внесения удобрений под основную обработку и в

подкормки, оптимизация сроков посева и уборки и многие другие. Гибриды кукурузы, созданные селекционерами для орошаемых условий, часто обладают повышенной устойчивостью к болезням, характерным для влажных условий, что снижает риск потери урожая из-за болезней и уменьшает затраты на химическую обработку [21; 22; 23; 24; 25]. Только научно обоснованный подход позволяет выбрать гибриды для конкретных производственных хозяйственно-экономических условий с определённым уровнем ресурсного обеспечения. При этом в севооборотах должны быть гибриды разных групп спелости, что позволит управлять продуктивностью агроэкосистем, высевать раннеспелые гибриды для их выбора как предшественники под озимые культуры, получать максимальный уровень продуктивности при использовании средне- и позднеспелых гибридов, получать по 2-3 урожая в год на одной посевной площади в системе пожнивных и поукосных с.-х. культур. При капельном орошении действие и взаимодействие всех составляющих элементов агротехнологий усиливаются, что гарантирует формирование максимальной урожайности, повышение экономической эффективности и экологической безопасности современных систем адаптивного и климатически ориентированного земледелия [25; 26; 27; 28; 29].

Материал и методы исследований. Цель исследований установить эффективность применения капельного орошения с минимальным, оптимальным и максимальным предполивным порогом на продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости в условиях Северного Причерноморья.

Полевые опыты и лабораторные исследования с зерновой кукурузой проводили на протяжении 2018-2020 гг. на опытном поле Института орошаемого земледелия в Днепровском районе Херсонской области в соответствии с требованиями методики опытного дела в агрономии [30]. Двухфакторный полевой опыт предполагал изучение: предполивного порога трех вариантов предполивного порога капельного орошения (фактор А) – 70%; 80%; 90% НВ в расчётном слое 0,5 м, а также шести гибридов разных групп спелости (фактор В) – Степовой, Меотида, Хотин, Аскания, Гетера, Арабат. Повторность опыта – четырёхкратная. Учётная площадь делянок второго порядка составляла 55 м². Опыты закладывали методом расщепленных делянок. Вегетационные поливы производили с помощью системы капельного орошения. Влажность почвы для определения исходных показателей, суммарного водопотребления и послеуборочная определялась термостатное-весовым методом, а для назначения полива использовали расчётный метод моделирования параметров эвапотранспирации. Урожай убирали вручную со всей учётной площади делянок с последующим перерасчётом в ц/га, а также установления биометрических показателей початков и качества зерна кукурузы [30].

Результаты и обсуждения. Наблюдение за прохождением основных фаз роста и развития растений является одним из важнейших показателей эффективности режима орошения культуры. Установлено, что на ранних этапах органогенеза кукурузы (всходы – 7 листьев) продолжительность фаз роста и развития растений зависела от группы спелости исследуемых гибридов кукурузы

(таблица 1). У средне позднеспелых гибридов (Гетера и Арабат) эта фаза развития проходила за 24-26 дней, а у раннеспелого гибрида Степовой – снизилась до 22-23 дней.

Таблица 1. Продолжительность фаз роста и развития растений кукурузы в зависимости от изучаемых факторов, дней, 2018-2020 гг.

Предполивной порог (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Фазы развития растений кукурузы				
		всходы - 7 листьев	7 листьев - цветение	цветение - МВС	МВС - полная спелость	всходы - полная спелость
70% НВ	Степовой	22	27	16	46	111
	Меотида	22	27	17	47	113
	Хотин	23	27	17	47	114
	Аскания	24	29	19	50	122
	Гетера	24	35	19	53	131
	Арабат	25	35	19	53	132
80% НВ	Степовой	23	25	17	47	112
	Меотида	23	26	17	47	113
	Хотин	25	27	17	49	118
	Аскания	25	30	17	49	121
	Гетера	25	33	19	54	131
	Арабат	26	34	19	54	133
90% НВ	Степовой	22	25	16	46	109
	Меотида	23	25	16	47	111
	Хотин	23	26	18	48	115
	Аскания	24	29	18	51	122
	Гетера	24	34	19	53	130
	Арабат	26	35	18	55	134

После начала проведения вегетационных поливов в межфазный период от 7 листьев до цветения такая тенденция в скорости прохождения фаз развития с преимуществом более позднеспелых групп сохранилась, а действие исследуемых вариантов предполивного порога искусственного увлажнения – была слабой.

Начиная от межфазного периода «цветение – молочно-восковая спелость (МВС)» начало проявляться влияние вариантов предполивного порога влажности почвы, которое достигло максимума в конце вегетационного периода – от МВС до полной спелости зерна. Так, на варианте с предполивным порогом 90% НВ отмечено затягивание наступления очередных фаз развития на гибридах Гетера и Арабат до 53-55 дней, что было на 6-9 дней больше, чем у раннеспелых гибридов Степовой Меотида и Хотин, у которых этот показатель составлял 46-47 дней.

В целом за вегетацию разница по гибридам составила 18-25 дней, что свидетельствует о важности учёта групп спелости при формировании севооборотов и подборе предшественников, следующих за кукурузой. Увеличение показателя предполивной влажности почвы с 70 до 80 и 90% в незначительной степени способствовало затягиванию прохождения вегетации, в среднем по фактору, от 1 до 3 дней, или на 0,7-2,0%.

Основные биометрические показатели растений кукурузы (высота растений и площадь листьев одного растений) в начале вегетационного периода (5-7 листьев) в большей мере изменялись под действием изучаемых факторов, хотя проявились другие тенденции (таблица 2). Например, минимальная высота (29,8 см) была на варианте с гибридом Арабат, на делянках с предполивным порогом 80% НВ в слое почвы 0,5 м. Данный показатель увеличился до 37,1-37,7 см на вариантах с гибридами Гетера и Хотин и назначении поливов капельным орошением при снижении предполивного порога до 90% НВ.

Таблица 2. Биометрические показатели растений кукурузы в фазе 5-7 листьев в зависимости от влияния исследуемых факторов, 2018-2020 гг.

Предполивной порог (фактор А)	Гибриды (фактор В)	Высота растений, см	Площадь листовой поверхности одного растения, см ²
70% НВ	Степовой	33,5	502,7
	Меотида	34,9	643,3
	Хотин	32,9	593,6
	Гетера	34,4	551,2
	Арабат	30,9	601,8
	Аскания	30,8	604,6
80% НВ	Степовой	31,3	579,6
	Меотида	32,6	644,0
	Хотин	36,4	570,9
	Гетера	34,9	461,0
	Арабат	29,8	531,7
	Аскания	33,9	548,0
90% НВ	Степовой	32,0	583,6
	Меотида	35,7	604,5
	Хотин	37,7	620,7
	Гетера	37,1	510,0
	Арабат	36,1	577,4
	Аскания	34,5	567,9
НСР ₀₅ по факторам	А	1,2	12,4
	В	0,9	10,8

Наибольшая площадь листовой поверхности одного растения зафиксирована у гибрида Меотида – на уровне 644,0 см² на варианте с предполивным порогом 80% НВ, а наименьшая – 461 см² у гибрида Гетера при таком же режиме орошения (80% НВ в слое почвы 0,5 м). Таким образом, разница между этими вариантами по гибриднему составу составила 39,7%.

В фазу цветения (таблица 3) проявились другие тенденции формирования биометрических показателей растений кукурузы. По высоте растений максимальные величины получены на гибриде Аскания 294-314 см при предполивных порогах 80 и 90% НВ, а минимальная высота сформировалась на гибриде Хотин – 180 см, при поливах с предполивным порогом 70% НВ, что было на 63,3-74,4% меньше.

Высота прикрепления початка была наибольшей (110 см) на варианте с гибридом Арабат при предполивном пороге 80% НВ. Данный показатель существенно на 44,7% снизился – до 76 см, при выращивании гибрида Меотида на первом варианте фактора А (предполивной порог 70% НВ).

Количество листьев на одном растении слабо изменялось под действием исследуемых факторов. Однако, проявилась тенденция увеличения данного показателя до 11,8 шт. на вариантах со ранне- и среднеспелыми гибридами Степовой и Хотин при предполивных порогах 80 и 90% НВ. Наименьшее значение – 9,1 шт., было у гибридов Меотида и Аскания на вариантах с поливами при снижении влажности почвы до 70%.

Площадь листовой поверхности одного растения в фазу цветения кукурузы показала чёткую закономерность увеличения при переходе пороговой предполивной влажности почвы от 70 до 80-90% НВ, а также от раннеспелых до средне- и позднеспелых групп спелости исследуемых гибридов кукурузы. Этот показатель превысил 8000 см² у гибридов Аскания и Арабат при капельном орошении с предполивным порогом 90% НВ. На варианте с гибридом Степовой и при поливах 70% НВ в слое почвы 0,5 м исследуемый показатель снизится до 3988 см², или в 2,0-2,2 раза.

Таблица 3. Биометрические характеристики растений кукурузы в фазе цветения в зависимости от предполивного порога и гибридного состава, 2018-2020 гг.

Предполивной порог (фактор А)	Гибриды (фактор В)	Высота растений, см	Высота прикрепления початка, см	Количество листьев на одном растении, шт.	Площадь листовой поверхности одного растения, см ²
70% НВ	Степовой	225	81	9,6	3988
	Меотида	231	76	9,1	5173
	Хотин	180	94	10,3	5364
	Аскания	188	82	9,1	5374
	Гетера	193	94	11,7	6439
80% НВ	Арабат	203	94	9,8	7156
	Степовой	232	97	11,8	5004
	Меотида	245	93	10,4	5180
	Хотин	254	103	10,5	5499
	Аскания	294	99	10,1	6763
90% НВ	Гетера	271	93	10,5	6860
	Арабат	224	110	9,8	7719
	Степовой	248	107	9,5	5071
	Меотида	295	105	10,0	6743
	Хотин	267	95	11,8	7918
НСР ₀₅ по факторам	А	6,6	3,2	0,3	59,1
	В	5,9	2,8	0,2	54,7

В агрохимической лаборатории Института орошаемого земледелия было установлено содержание азота в аммонийной и нитратной форме, а также со-

держание доступных соединений фосфора, калия и другие показатели. Содержание вышеназванных показателей в почве перед посевом и после уборки урожая кукурузы определялось послойно на глубине 0-10, 10-20, 20-30 и 30-40 см. Следует отметить, что показатели элементов питания и pH в течение вегетации кукурузы по вариантам изучения предполивного порога капельного орошения практически не изменились и имели в почве одинаковую тенденцию по вариантам опыта. Поэтому было решено представить только вариант с предполивным порогом влажности почвы 80% НВ (таблица 4).

Из приведённых данных заметно снижение содержания минерального азота в образцах после уборки по сравнению с отобранными перед посевом, в среднем, на 5 мг/кг. Содержание подвижного фосфора снизилось соответственно на 7 мг/кг, а калия – на 23 мг/кг. В целом уменьшение содержания элементов питания более заметно в верхних слоях почвы, где происходило максимальное потребление воды и питательных веществ, особенно на орошаемых вариантах с предполивным порогом 80 и 90% НВ.

По динамике pH почвы не установлены тенденции влияния исследуемых факторов на этот показатель, потому что в разных слоях почвы происходило как его увеличение (с 6,6 до 7,6 – в слое почвы 10-20 см, на гибриде Аскания), так и уменьшение (с 9,0 до 8,3 – в слое почвы 30-40 см, на гибриде Хотин).

Кроме того, нами был проведён анализ солевого состава водной вытяжки почвы и установлен тип и степень засоления почвы. Установлено, что тип засоления почвы на всех вариантах хлоридно-сульфатный. По степени засоления, как по содержанию общих, так и токсичных солей почвы относятся к незасолённым. На всех вариантах отмечалось увеличение токсичных солей после уборки урожая по сравнению с отбором перед посевом в среднем на 0,01%. Такая тенденция связана с отрицательным влиянием поливной воды на почву. Тем не менее следует отметить, что в целом содержание токсичных солей на всех вариантах было недостаточным для того, чтобы зафиксировать процессы вторичного осолонцевания почвы.

Важнейшим показателем водного режима кукурузы, как и многих других с.-х. культур является суммарное водопотребление, отражающее общие затраты влаги за вегетационный период и коэффициент водопотребления, позволяющий оценить эффективность использования воды на всех факторах и вариантах полевого опыта (таблица 5). Необходимо отметить, что показатели суммарного водопотребления существенно зависели от уровня предполивной влажности почвы, а также в меньшей степени – от гибридного состава.

В среднем за годы проведения исследований оросительная норма на подпочвенном капельном орошении на варианте с предполивным порогом 70% НВ составила 1680 м³/га; на делянках с предполивным порогом 80% НВ – 2160 м³/га; на варианте с предполивным порогом 90% НВ – 2400 м³/га. Всего, в среднем по полевому опыту, было проведено 16 вегетационных поливов расчётными поливными нормами.

Доказано, что на варианте с предполивным порогом 90% НВ в слое почвы 0,5 м суммарное водопотребление находится на уровне 4500 м³/га. Этот показатель превышал вариант с предполивным порогом 80% НВ на 719 м³/га, или на 5,7%, а вариант с предполивным порогом 70% НВ – на 243 м³/га, или на 18,9%.

Таблица 4. Содержание основных элементов питания в почве и рН в предпосевной и послеуборочный период при поливах кукурузы на делянках с предполивным порогом 80% НВ, 2018-2020 гг.

Гибрид	Слой почвы, см	Показатели							
		N, мг/кг		P, мг/кг		K, мг/кг		рН	
		до посева	после уборки	до посева	после уборки	до посева	после уборки	до посева	после уборки
Степовой	0-10	48,3	46,5	64,3	52,1	607,0	486,9	7,5	7,1
	10-20	38,5	30,2	54,3	41,7	467,4	422,7	7,0	6,9
	20-30	23,9	14,0	31,9	26,9	343,5	363,5	7,6	7,6
	30-40	12,5	7,6	20,1	12,6	286,1	250,1	8,6	8,3
Меотида	0-10	43,0	40,3	51,6	45,8	597,3	464,6	6,5	6,8
	10-20	28,5	30,8	43,3	39,7	411,3	401,8	6,9	7,4
	20-30	27,0	18,9	32,0	33,7	362,1	358,5	7,1	7,7
	30-40	13,3	16,4	18,3	30,4	279,6	263,8	8,6	8,2
Хотин	0-10	40,3	46,5	74,4	52,1	525,4	486,9	6,4	7,1
	10-20	32,9	30,3	52,1	41,7	483,0	422,7	7,0	6,9
	20-30	22,8	14,0	33,5	26,9	332,6	363,5	8,2	7,6
	30-40	12,7	7,6	17,0	12,6	257,5	250,1	9,0	8,3
Аскания	0-10	43,0	33,4	57,5	40,9	672,5	433,5	7,1	7,1
	10-20	31,4	30,1	44,0	34,6	526,6	346,6	6,6	7,6
	20-30	24,3	24,1	28,7	29,2	410,3	278,0	7,9	7,8
	30-40	11,2	15,6	16,8	22,4	274,1	228,6	8,3	8,7
Гетера	0-10	49,9	46,5	57,3	52,1	571,3	486,9	7,1	7,1
	10-20	30,0	30,2	55,5	41,7	429,9	472,7	6,7	7,1
	20-30	23,1	14,0	41,1	26,9	436,7	363,5	7,2	7,6
	30-40	11,9	7,6	17,6	12,6	285,1	250,1	8,9	8,3
Арабат	0-10	54,6	29,2	74,0	32,8	534,9	427,5	7,1	6,5
	10-20	30,0	23,9	44,6	26,6	475,0	371,6	6,8	6,9
	20-30	23,6	16,9	35,7	15,6	391,4	331,0	7,7	7,8
	30-40	11,9	26,6	17,6	9,3	260,3	271,9	8,0	8,2
НСР ₀₅		0,32	0,75	0,52	0,19	8,8	9,8	0,26	0,33

По гибриднему составу на уровне каждого варианта фактора А (предполивной порог капельного орошения) суммарное водопотребление изменялось в невысоком диапазоне – от 5 до 32 м³/га.

Наименьший коэффициент водопотребления с лучшим использованием доступной влаги почвы и поливной воды имели гибриды Гетера (306 м³/т) при поливах с предполивным порогом 80% НВ и гибриды Гетера и Арабат (301-309 м³/т) – при поливах при снижении влажности почвы 90% НВ в слое почвы 0,5 м. Наибольшие, а значит худшие значение этого показателя зафиксированы на вариантах с предполивным порогом 70% НВ у раннеспелых гибридов Степовой и Меотида.

Установлено, что наибольшая урожайность на варианте капельного орошения с предполивным порогом 70% НВ отмечена у гибрида Арабат (ФАО 430) – 104,7 ц/га, это было больше, чем на всех других гибридах на 4,1-15,0 ц/га (таблица 6). На втором варианте фактора А (80% НВ в слое почвы 0,5 м)

максимальная зерновая продуктивность отмечена у гибрида Гетера 140,2 ц/га. Этот же гибрид по урожайности зерна кукурузы был лучшим и при орошении с предполивным порогом 90 % НВ – 150,7 ц/га.

Таблица 5. Суммарное водопотребление и его коэффициент в зависимости от предполивного порога и гибридного состава кукурузы, 2018-2020 гг.

Предполивной порог (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
70% НВ	Степовой	3800	422
	Меотида	3815	425
	Хотин	3811	396
	Аскания	3771	375
	Гетера	3790	390
	Арабат	3819	365
80% НВ	Степовой	4266	376
	Меотида	4277	362
	Хотин	4260	352
	Аскания	4276	330
	Гетера	4284	306
	Арабат	4297	325
90% НВ	Степовой	4523	358
	Меотида	4506	371
	Хотин	4537	346
	Аскания	4518	312
	Гетера	4537	301
	Арабат	4498	309

Наименьшую урожайность показал гибрид Меотида (ФАО 190) на варианте с назначением вегетационных поливов при 70% НВ – 89,7 ц/га.

Следует отметить, что максимальные показатели урожайности кукурузы получены при режимах капельного орошения с предполивными порогами 80 и 90% НВ на гибридах среднепоздней группы (ФАО 420 и 430) – Арабат и Гетера. Между этими вариантами разница урожайности составила 55,4-60,6 ц/га, или 61,5-67,3%. На капельном орошении с предполивным порогом 80% НВ урожайность в среднем была на 29,4 ц/га (на 30,5%) ц/га больше, чем на вариантах с проведением поливов со снижением предполивного порога до 70% НВ. Максимальный уровень зерновой продуктивности сформировался на третьем варианте фактора А (90% НВ в слое почвы 0,5 м) – урожайность тут, в среднем, была на 41,8% больше первого варианта (70% НВ) и на 12,1% по сравнению со вторым вариантом (80% НВ).

Таблица 6. Урожайность гибридов кукурузы в зависимости от предполивного порога и гибридного состава, 2018-2020 гг.

Предполив- ной порог (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Урожай- ность, ц/га	Прибавка урожая			
			ц/га		%	
			по фактору В	по фактору А	по фактору В	по фактору А
70% НВ	Степовой	90,1	–	–	–	–
	Меотида	89,7	-0,4		-0,4	
	Хотин	96,2	6,1		6,8	
	Аскания	100,6	10,5		11,7	
	Гетера	97,2	7,1		7,9	
	Арабат	104,7	14,6		16,2	
80% НВ	Степовой	113,6	23,5	29,4	26,1	30,5
	Меотида	118,0	27,9		31,0	
	Хотин	120,9	30,8		34,2	
	Аскания	129,6	39,5		43,8	
	Гетера	140,2	50,1		55,6	
	Арабат	132,4	42,3		46,9	
90% НВ	Степовой	126,5	36,4	40,3	40,4	41,8
	Меотида	121,3	31,2		34,6	
	Хотин	131,3	41,2		45,7	
	Аскания	145,0	54,9		60,9	
	Гетера	150,7	60,6		67,3	
	Арабат	145,5	55,4		61,5	
НСР ₀₅	фактор А		–	5,4		
	фактор В		3,8	–		

Обобщение и статистическая обработка полученных экспериментальных данных позволила установить главную роль капельного орошения с дифференцированным предполивным порогом (фактор А) на формирование урожайности зерна кукурузы, удельный вес которого был максимальный и составил 62,8% (рисунок 1).

Гибридный состав (фактор В) также показал высокий уровень влияния на продуктивность исследуемой культуры – 17,5%. Взаимодействие режимов капельного орошения с изменением предполивного порога при выращивании гибридов кукурузы разных групп спелости, то есть взаимодействие АВ было равно 10,5%.

Действие других неустановленных факторов на зерновую продуктивность гибридов кукурузы, к которым следует отнести разницу в погодных условиях, отличия в фоновых элементах технологии выращивания, действие вредных организмов и др., составило 9,2%.

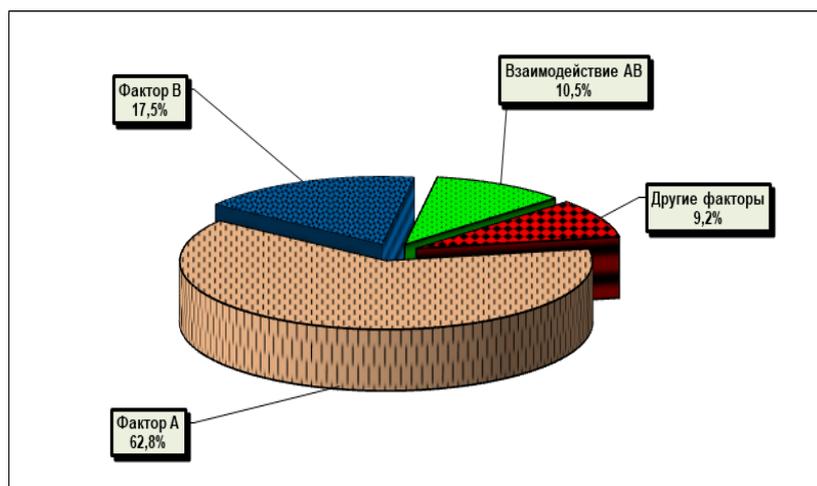


Рисунок 1. Доля участия исследуемых факторов: предполивной порог влажности почвы (фактор А); гибридный состав (фактор В), в формировании урожая зерна кукурузы, %

Выводы. В полевых опытах установлено существенное влияние дифференциации предполивного порога влажности почвы на водный режим почвы и продуктивность зерновой кукурузы. За вегетационный период по отдельным гибридам отличался на 18-25 дней, что свидетельствует о важности учёта групп спелости при формировании севооборотов и подборе предшественников, следующих за кукурузой. Основные биометрические показатели растений кукурузы (высота растений и площадь листьев одного растений) в начале вегетационного периода (5-7 листьев) в большей мере изменялись под действием изучаемых факторов, хотя по проявили другие тенденции. Высота прикрепления кочана была наибольшей (110 см) на варианте с гибридом Арабат при предполивном пороге 80% НВ. Количество листьев на одном растении слабо изменялось под действием исследуемых факторов. Площадь листовой поверхности одного растения в фазу цветения кукурузы показала чёткую закономерность увеличения при переходе пороговой предполивной влажности почвы от 70 до 80-90% НВ, а также от раннеспелых до средне- и позднеспелых групп спелости исследуемых гибридов кукурузы. У гибрида Степовой при поливах 70% НВ этот показатель снизился до 3988 см², или в 2,0-2,2 раза.

Агрохимический анализ почвы показал снижение содержания минерального азота в образцах после уборки по сравнению с отобранными перед посевом в среднем на 5 мг/кг, содержание подвижного фосфора снизилось соответственно на 7 мг/кг, а калия на 23 мг/кг. В то же время, средние показатели рН в течение вегетации практически не изменились. По степени засоления, как по содержанию общих солей, так и токсичных солей почвы относятся к незасолённым.

Показатели суммарного водопотребления существенно зависели от уровня предполивной влажности почвы, а также в меньшей степени – от гибридного состава. Наименьший коэффициент водопотребления с лучшим использованием

доступной влаги почвы и поливной воды имели гибриды Гетера (306 м³/т) при поливах с предполивным порогом 80% НВ и гибриды Гетера и Арабат (301-309 м³/т) – при поливах при снижении влажности почвы 90% НВ в слое почвы 0,5 м. Наибольшие, а значит худшие значение этого показателя зафиксированы на вариантах с предполивным порогом 70% НВ у раннеспелых гибридов Степовой и Меотида.

На варианте с предполивным порогом 80% НВ урожайность, в среднем за годы исследований, была на 29,4 ц/га больше, чем при проведении поливов при снижении влажности расчётного слоя почвы до 70% НВ и на 12,1 ц/га меньше, чем на варианте с предполивным порогом 90% НВ. Дисперсионный анализ показал наибольшее влияние на формирование урожая предполивного порога капельного орошения (фактор А) – 62,8%. Также высокий удельный вес имели гибридный состав (фактор В) – 17,5% и взаимодействие исследуемых факторов (АВ) – 10,5%.

Список использованных источников:

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

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

3. 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,

References:

1. Izotov, A. M. Adaptive management of sowing time and seeding rate of winter wheat in Crimea / A. M. Izotov // Education, science and production. - 2014. - No. 2 (7). - P. 94-97. 2. Matirny, A. N. 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. Logoyda, A. A. Makarenko // Agrotechnical method of plant protection from harmful organisms: Proceedings of the VIII international scientific and practical conference, dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar, June 19-23, 2017 / editor-in-chief Zamotailov A.S.. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – P. 280-282.

3. Adamen, F. F. Index analysis and modeling of field crop productivity depending on the levels of natural and artificial moisture when growing 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.

4. Artificial croplands and natural biosystems in the conditions of climatic

А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 34(197). – С. 58-70.

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

5. Слюсарев, В. Н. К вопросу оздоровления черноземов выщелоченных Прикубанской низменности / В. Н. Слюсарев, А. А. Макаренко // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ, Ставрополь, 04–05 октября 2018 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2018. – С. 222-223.

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

7. 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.

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

5. Slyusarev, V. N. On the issue of improving the leached chernozems of the Kuban Lowland / V. N. Slyusarev, A. A. Makarenko // Theoretical and technological foundations of biogeochemical flows of substances in agricultural landscapes: Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of the Stavropol State Agrarian University, Stavropol, October 4–5, 2018. – Stavropol: Limited Liability Company "SEQUOIA", 2018. – P. 222-223.

6. Kokovikhin, S. V. 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.

7. Efficiency of processing leached chernozem 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. Logoida // Transactions of the Kuban State Agrarian University. - 2018. - No. 74. - P. 101-106.

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

– С. 101-106.

8. 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.

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

10. 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.

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

12. Макаренко, А. А. Моделирование и оптимизация режима орошения полевых культур на уровне севооборотов и

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

10. Vozhegova, R. A. Agromeliorative justification of crop rotations on non-irrigated and irrigated lands of the Southern steppe of Ukraine / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International scientific 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.

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

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

13. Bazaliy, V. V. Statistical assessment of winter wheat productivity depending on hydrothermal factors under irrigated

полей с учётом метеорологических факторов / А. А. Макаренко, С. В. Коковихин, Е. С. Бойко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 191. – С. 238-253.

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

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

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

16. Тарасенко, Б. И. Обработка по-

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. 14. Nichipurenko, E. N. 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: Collection of articles based on the results of the international scientific and practical conference, Saratov, July 16-22, 2019. – Saratov: Limited Liability Company "Amirit", 2019. – P. 415-417.

15. Kokovikhin, S. V. Influence of agrometeorological conditions on the productivity the number of agricultural crop plants in the conditions of the South of Ukraine / S. V. Kokovikhin, V. V. Nesterchuk, T. A. Grechishkina // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International scientific and practical conference: in three volumes, Barnaul, February 27-28, 2017. Volume 2. - Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, 2017. - P. 257-259.

16. Tarasenko, B. I. Soil cultivation / B. I. Tarasenko, N. I. Bardak, A. A. Makarenko. - 3rd edition, revised and supplemented. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2021. - 162 p.

17. 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

- чвы / Б. И. Тарасенко, Н. И. Бардак, А. А. Макаренко. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – 162 с.
17. 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.
18. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки почвы на агробиологические показатели подсолнечника гибрида Вулкан в условиях Центральной зоны Краснодарского края / Р. В. Кравченко, А. С. Толстых // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 78. – С. 86-90.
19. Затолокина, Ю. А. Влияние некорневых подкормок на урожайность зерна озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Ю. А. Затолокина, А. А. Макаренко, Т. В. Логойда // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 866-867.
20. Подушин, Ю. В. Применение вегетационного индекса NDVI для оценки влияния агротехнических факторов на рост растений / Ю. В. Подушин, Ю. П. Федулов, А. А. Макаренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сборник статей по материалам University. - 2023. - No. 106. - P. 104-115.
18. Kravchenko, R. V. The influence of primary soil cultivation on the agrobiological indicators of the Vulcan hybrid sunflower in the central zone of the Krasnodar Territory / R. V. Kravchenko, A. S. Tolstykh // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2019. - No. 78. - P. 86-90.
19. Zatlokina, Yu. A. Effect of foliar feeding on the grain yield of winter wheat in the central zone of Krasnodar Krai / Yu. A. Zatlokina, A. A. Makarenko, T. V. Logoida // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26-30, 2016 / Responsible for the issue. A. G. Koshchaev. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. - P. 866-867.
20. 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
21. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural Engineering. - 2021. - Vol. 25, No. 1. - P. 99-114.
22. Nodirov, N. F. Impact of crop cultivation technology on humus content in the subsoil layer / N. F. Nodirov, T. D.

72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г., Краснодар, 29 марта 2017 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 243-244

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

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

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

24. Кравченко, Р. В. Влияние полного минерального удобрения на продуктивный потенциал гибридов кукурузы на черноземе выщелоченном / Р. В. Кравчен-

Fedorova, E. N. Nichipurenko // *Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 77th scientific and practical conference of students on the results of R&D for 2021*. In 3 parts, Krasnodar, March 01, 2022 / Responsible for the release A. G. Koshchaev. Volume Part 1. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2022. - P. 129-131. 23. Tuchapskiy, Yu. A. Moisture as a factor in the formation of winter barley grain yield in the Krasnodar Territory / Yu. A. Tuchapskiy, A. S. Naidenov, A. A. Makarenko // *Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko*, Krasnodar, November 26-30, 2016 / Responsible for the issue. A. G. Koshchaev. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. - P. 908-909. 24. Kravchenko, R. V. Influence of complete mineral fertilizer on the productive potential of corn hybrids on leached chernozem / R. V. Kravchenko // *Agrochemistry*. – 2009. – No. 8. – P. 15-18.

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

26. Kalinin, O. S. Influence of primary tillage 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 crop and livestock production: Collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference*, Penza, February 21–22, 2020. – Penza: Penza State

- ко // *Агрохимия*. – 2009. – № 8. – С. 15-18.
25. Засоренность и урожайность кукурузы при разной обработке почвы / В. Н. Багринцева, Т. И. Борщ, И. А. Шмалько, Р. В. Кравченко // *Защита и карантин растений*. – 2006. – № 2. – С. 29-30.
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 конференции, Пенза, 21–22 февраля 2020 года*. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 67-69.
27. 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.
28. Николаев, Е. В. Адаптивные технологии – основное направление развития растениеводства / Е. В. Николаев, А. М. Изотов, Б. А. Тарасенко // *Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет"*. Серия: *Сельскохозяйственные науки*. – 2012. – № 149. – С. 5-13.
29. Оптимизация агротехнологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях с использованием информационных технологий / С. В. Коковихин, И. А. Бид-
- Agrarian University, 2020. – P. 67-69.
27. 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.
28. Nikolaev, E. V. Adaptive technologies are 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.
29. Optimization of the agrotechnological process of cultivating agricultural crops on irrigated lands using information technologies / S. V. Kokovikhin, I. A. Bidnina, V. A. Shariy [etc.] // *Soil Science and Agrochemistry*. – 2020. – No. 2(65). – pp. 63-71.
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.

нина, В. А. Шарий [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 2(65). – С. 63-71.

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.

Сведения об авторах:

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

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

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

Information about the authors:

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

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

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

УДК 631.582:551.583

**ОПТИМИЗАЦИЯ ОРОШАЕМЫХ
СЕВООБОРОТОВ И
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ
КЛИМАТИЧЕСКИ
ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**OPTIMIZATION OF IRRIGATED
CROP ROTATIONS AND
AGROECOLOGICAL
JUSTIFICATION
OF THE SMART
FARMING
SYSTEMS**

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

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

Установлены закономерности и научно обоснованы методические подходы, являющиеся теоретической базой для определения влияния агрофизических свойств, водного и питательного режимов почвы на продуктивный потенциал сельскохозяйственных культур в короткоротационных севооборотах и основой экологического обоснования их схем на поливных землях при дифференциации систем основной обработки почвы. Наиболее рациональное использование влаги для формирования одной тонны урожая (721-972 м³/т) наблюдается при разноглубинной системе основной обработки с оборотом пласта также зафиксировано в севообороте №3 с двумя полями кукурузы на зерно, соей и озимым ячменём. Существенный рост коэффициента

Regularities have been established and methodological approaches have been scientifically substantiated, which are the theoretical basis for determining the influence of agrophysical properties, water and nutrient regimes of the soil on the productive potential of agricultural crops in short-rotation crop rotations and the basis for the ecological justification of their schemes on irrigated lands when differentiating primary tillage systems. The most rational use of moisture for the formation of one ton of crop (721-972 m³/t) is observed with a multi-depth primary tillage system with layer turnover, also recorded in crop rotation No. 3 with two fields of corn for grain, soybeans and winter barley. A significant increase in the water consumption coefficient (up to 962-1354 m³/t) was noted in crop rotation No. 2 (with 50%

водопотребления (до 962-1354 м³/т) отмечен в севообороте №2 (с 50% насыщением зерновыми и техническими культурами), а также максимальной величиной (1007-1640 м³/т) этот показатель достиг в севообороте №1 с удельным весом 25% зерновых и 75% технических культур.

Ключевые слова: севооборот, орошение, агрофизические свойства почвы, количество поливов, оросительная норма, гумус, питательные вещества.

saturation with grain and industrial crops), and this indicator reached its maximum value (1007-1640 m³/t) in crop rotation No. 1 with a specific gravity of 25% grain and 75% industrial crops.

Key words: crop rotation, irrigation, agrophysical properties of soil, amount of irrigation, irrigation rate, humus, nutrients.

Введение. Агроэкологическое земледелие в условиях климатических изменений, опустынивания, эрозии почв, сокращения площадей, пригодных для ведения сельского хозяйства, является одним из главнейших направлений ведения сельского хозяйства, который фокусируется на сохранении природных ресурсов, создании экологического равновесия и устойчивом развитии агробиосистем. В таких системах земледелия необходимо адаптировать все составляющие элементы технологического процесса под уникальные почвенные, климатические, технологические, экономические и другие условия на уровне каждого хозяйства, региона, края [1; 2; 3; 4; 5].

Важнейшим структурным элементом любой системы земледелия является севооборот, который формируется на научно обоснованном наборе и чередование различных сельскохозяйственных культур на одном и том же поле в течение нескольких лет. Применение севооборотов позитивно отображается на плодородие почвы, улучшает её структуру [6; 7; 8; 9; 10]. Особенное значение имеет включение в севообороты бобовых культур – для обогащают почвы биологическим азотом, а также злаковых культур, улучшения её структуры. Чередование с.-х. культур нарушает циклы развития вредителей и болезней, снижая их численность, препятствует адаптации некоторых видов сорняков к одинаковым элементам технологии выращивания одной культуры на одном поле в течении нескольких лет (в монокультуре) [11; 12; 13; 14; 15]. Сбалансированный севооборот способствует более эффективному использованию питательных веществ почвы, что обуславливает повышение урожайности и качество продукции. Правильное чередование культур снижает риск накопления токсичных веществ в почве, способствует сохранению биоразнообразия в почве, поддерживая развитие и интенсификацию деятельности популяции полезных для агрофитоценоза микроорганизмов. Системы севооборотов и смена культур на отдельных полях помогает удерживать почву и предотвращать эрозию, а также севооборот способствует более рациональному использованию воды, поскольку разные культуры имеют разные потребности в этом главном ресурсе земледелия. Севооборот за счёт экологических преимуществ сокращает потребность в минеральных удобрениях, поскольку часть питательных веществ

поступает из почвы естественным путём, поэтому есть возможность сократить расходы на химические средства защиты от вредителей и болезней. Кроме того, чередование культур способствует разложению растительных остатков, увеличивая содержание органического вещества в почве [16; 17; 18; 19; 20].

Гумус и органические вещества являются ключевыми элементами плодородия почвы. Они играют важнейшую роль в удержании влаги, потому что впитывает и удерживает воду, делая её доступной для растений. Также органические вещества в почве распадаются, высвобождая питательные элементы, необходимые для нормального и быстрого роста растений. Гумус связывает почвенные частицы, улучшая её структуру и делая более рыхлой и воздухопроницаемой. Органические вещества служат пищей для полезных микроорганизмов, которые играют ключевую роль в почвенных процессах. Для сохранения и улучшения почвенного плодородия необходимо на всех полях севооборотов проводить регулярный анализ почвы, что позволит определить потребности растений в питательных веществах с учётом величины программируемого, смоделировать параметры содержания питательных веществ и подобрать в севообороты, наиболее подходящие с.-х. культуры, а также выбрать необходимые сорта и гибриды для каждого поля севооборота. Использование органических удобрений (навоз, компост, биокомплексы и т.п.) обогащает почву органическими веществами, увеличивает содержание гумуса, улучшает её структуру. Во взаимосвязи с формированием оптимального водного, воздушного, питательного и др. режимов почвы находятся разные способы и глубина обработки почвы. Так, нужно с помощью дифференцированной системы обработки почвы сформировать лучшую для каждой с.-х. культуры плотность почвы. При этом необходимо предотвратить избыточное уплотнения почвы, которое может в значительной мере снизить её биологическую активность и содержание органических веществ [21; 22; 23]. Необходимо помнить, что увеличение содержания органических веществ в почве относится к долгосрочному процессу, занимающим многие годы и десятилетия, который требует системного подхода, постоянных усилий и ресурсных затрат. Однако, правильно подобранный севооборот, в сочетании с другими климатически обоснованными агротехническими приёмами, позволит улучшить структуру почвы, увеличить её плодородие, повысить экономическую эффективность и экологическую безопасность, обеспечить устойчивое опережающее развитие отечественного сельскохозяйственного производства [24; 25; 26; 27; 28].

Материал и методы исследований. Целью исследований было оптимизировать орошаемые севообороты с учётом влияния климатических факторов, обработки почвы, параметров искусственного увлажнения для минимизации антропогенного влияния на почвенное плодородие, обеспечения положительного баланса органических питательных веществ, в первую очередь – гумуса, а также повышения экологической стабильности климатически ориентированных систем земледелия на территории Северного Причерноморья.

Полевые опыты и лабораторные исследования проводили на протяжении 2016-2020 гг. на опытном поле Института орошаемого земледелия в соответствии с общепринятыми методиками опытного дела в агрономии [29]. Двухфакторный полевой опыт предполагал изучение трех вариантов севооборотов

(фактор А) и трёх факторов обработки почвы (фактор В). Повторность опыта – четырёхкратная. Учётная площадь элементарной делянки второго порядка составляла 50 м². Опыты закладывались методом расщепленных делянок [29].

Результаты и обсуждения. Определение агрофизических свойств почвы в 3-х четырёхпольных севооборотах с разным насыщением и чередованием с.-х. культур в течение ротации позволило установить, что как в начале, так и перед завершением вегетационного периода плотность сложения почвы была наименьшей в севообороте с 75% насыщением зерновыми и 25% техническими культурами (севооборот №3). В начале вегетации исследуемых культур, значительных отличий в показателях плотности сложения 0-40 см слоя почвы в исследуемых севооборотах не установлено (таблица 1). Одинаковые высокие показатели (1,32 г/см³) получены в севообороте с 50% насыщением зерновыми и 50% техническими культурами при мелкой основной обработке почвы. При системе разноглубинной основной обработки почвы с оборотом пласта плотность сложения была в пределах 1,26-1,27 г/см³, при разноглубинной безотвальной повысилась до 1,27-1,29 г/см³, или на 1,6%, при мелкой одноглубинной данный показатель был равен 1,31-1,33 г/см³, что превышало контроле на 4,3%.

Таблица 1. Агрофизические свойства почвы при дифференцированных системах основной обработки почвы в короткоротационных севооборотах, 2016-2020 гг.

Показатели	Время отбора	Севооборот №		
		1	2	3
Разноглубинная отвальная (контроль)				
Плотность сложения, г/см ³	Начало вегетации	1,27	1,27	1,26
	Конец вегетации	1,30	1,29	1,28
Пористость, %	Начало вегетации	51,4	51,5	51,9
	Конец вегетации	50,4	50,6	51,1
Водопроницаемость, мм/мин.	Начало вегетации	4,2	4,0	4,3
	Конец вегетации	3,7	3,4	3,8
Разноглубинная безотвальная				
Плотность сложения, г/см ³	Начало вегетации	1,29	1,28	1,27
	Конец вегетации	1,32	1,31	1,30
Пористость, %	Начало вегетации	50,8	51	51,1
	Конец вегетации	49,7	49,9	50,3
Водопроницаемость, мм/мин.	Начало вегетации	4,0	3,5	3,8
	Конец вегетации	3,0	3,0	3,2
Одноглубинная мелкая безотвальная				
Плотность сложения, г/см ³	Начало вегетации	1,32	1,33	1,31
	Конец вегетации	1,35	1,35	1,33
Пористость, %	Начало вегетации	49,6	49,1	49,8
	Конец вегетации	48,4	48,3	49
Водопроницаемость, мм/мин.	Начало вегетации	3,1	2,9	3,3
	Конец вегетации	2,5	2,4	2,7

В течение вегетационного периода под влиянием почвообрабатывающей, посевной и уборочной техники, атмосферных осадков и поливной воды произошло уплотнение почвы во всех слоях исследуемых вариантов. Анализируя материалы по уплотнению почвы перед уборкой урожая можно сделать вывод о том, что меньше всего этот процесс проявился при разноглубинных системах основной обработки с показателями $1,28 \text{ г/см}^3$ в севообороте с 75% насыщением зерновыми и 25% техническими культурами. При 50% насыщении зерновыми и техническими культурами данный показатель составил $1,30 \text{ г/см}^3$ (севооборот № 1). Более интенсивное уплотнение происходило при применении системы одноглубинной мелкой обработки почвы, где исследуемый показатель увеличился до $1,33-1,35 \text{ г/см}^3$, что особенно чётко проявилось в севооборотах №1 и №2. В прямой зависимости от плотности сложения пахотного слоя почвы находится также его пористость. Чем более уплотнён грунт, тем ниже его пористость, при этом ухудшается проникновение в почву воды и воздуха. В результате снижения пористости ниже 50% у растений развивается слабая корневая система. Оптимальные параметры пористости для изучаемых с.-х. культур находятся в пределах 50-54% от общего объёма.

Так, в начале вегетационного периода, при использовании разноглубинной обработки почвы, пористость в слое 0-40 см во всех изучаемых севооборотах находилась почти на оптимальном уровне (50,8-51,9%). Несколько изменялся этот показатель при применении мелкой безотвальной обработки почвы и находился в пределах 49,1-49,8%. Перед завершением вегетации пористость снижалась, в среднем за годы исследований, пропорционально росту плотности сложения от 1,60 до 2,4%. Ближайшая величина (49,8-51,9%) оптимальных параметров пористость почвы получена в севообороте с 75% насыщением зерновыми и 25% техническими культурами.

Одним из важнейших водно-физических свойств почвы, связанных с плотностью сложения и пористостью является способность впитывать и фильтровать через себя воду, которая подаётся на поле при вегетационных поливах и поступает с атмосферными осадками. В среднем за годы исследований наивысшая водопроницаемость в период всходов яровых и возобновлении вегетации озимых культур при 3-часовой экспозиции определения отмечена на варианте с применением разноглубинной обработки почвы и равнялась 4,2, 4,4 и 4,3 мм/мин. Соответственно по звеньям севооборота №1, №2 и №3 с максимальным значением в севообороте №3 с двумя полями кукурузы (с глубиной вспашки 20-22 и 25-27 см), озимым ячменём и соей (20-22, 25-27 см). Замена отвальной обработки почвы глубоким чизелеванием (на глубину 20-22 и 25-27 см) соответственно по насыщающим культурам севооборота и мелким (на 12-14 см) дискованием способствовала снижению водопроницаемости на 0,2-0,7 и 1,1-1,2 мм/мин., в севообороте №1, на 0,5-1,1 и 0,4-1,0 мм/мин., в севообороте №2, в севообороте №3 – на 0,5-1,0 и 0,6-1,1 мм/мин., соответственно. При определении водопроницаемости перед уборкой урожая закономерность, обнаруженная в весенний период, сохранилась со снижением на 13-24%. Таким образом, самым эффективным набором с.-х. культур, насыщающих севообороты с наи-

меньшим ухудшением агрофизических свойств почвы, является севооборот №3 с двумя полями кукурузы на зерно, соей и озимым ячменём с применением основной разноглубинной обработки почвы в севообороте.

Начало исследований проблем формирования короткоротационных севооборотов на орошаемых землях с различным насыщением зерновыми и техническими культурами, минимизированных безотвальной обработки почвы, на которых предварительно применялись плодосменные севообороты с многолетними бобовыми травами и однолетними злаково-бобовыми травосмесями на зелёный корм и минеральной системой удобрения с внесением 12 т/га полуперепревшего навоза и разноглубинной обработкой почвы с оборотом пласта, обусловил на фоне мелкой безотвальной системы основной обработки почвы повышение плотности сложения с 1,26 до 1,32 г/см³, или 4,8%, снижение общей пористости с 51,7 до 47,9%, или на 7,4%, и водопроницаемости с 4,1 до 3,1 мм/мин. или на 24,4%. В результате таких трансформаций зафиксировано ухудшение водного и питательного режима почвы, фитосанитарного состояния посевов, а в результате произошло снижение продуктивности различных типов агрофитоценозов.

Режим орошения является одним из более важных элементов технологий выращивания сельскохозяйственных культур на поливных землях. Он должен обеспечить оптимизацию водного режима почвы и фитоклимата посевов, исключение гравитационных потерь за пределы активной зоны и способствовать полному использованию растениями биоклиматического потенциала почвы. Величина оптимального уровня предполивного порога влажности определяется в значительной степени физическими свойствами почвы. На посевах сельскохозяйственных культур, входящих в состав экспериментальных севооборотов, применяются научно обоснованные режимы орошения с предполисным порогом влажности 0,5 м почвы на уровне 70% НВ, которые соответствовали их биологическим свойствам, отсюда формировалась разная потребность в поливной воде в течение вегетационного периода. Необходимо отметить значительное влияние метеорологических условий на количество поливов и оросительную норму культур севооборотов в общей структуре посевных площадей. Так, например, на посевах озимого рапса они колебались от 0 (2016 г.) до 900 м³/га (2018 г.), подсолнечника от 1000 (2019 г.) до 1500 м³/га (2018 г.), сои от 3000 (2019 г.) до 4000 м³/га (2016, 2017, 2018 гг.), кукурузы на зерно от 2000 (2019 г.) до 4000 м³/га (2016 и 2017 гг.), озимой пшеницы 2016 г. – до 2000 м³/га (2018 г.) и т.д. С целью поддержания оптимального уровня влажности почвы в расчётном слое почвы 0,5 м в течение вегетационного периода в среднем по севообороту №1 было проведено 4 полива оросительной нормой 2230 м³/га, 6 и 5 вегетационных полива оросительными нормами 2950 и 2760 м³/га, соответственно в севооборотах №2 и №3 (таблица 2). Наименьшим суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур в расчёте на гектар севооборотной площади отмечено в севообороте №1 с 25% насыщением зерновыми и 75% техническими культурами с показателями в пределах 4580-4803 м³/га.

Таблица 2. Количество поливов и оросительная норма в расчёте на гектар посевной площади экспериментальных севооборотов

Севооборот	Год проведения исследований									
	2016		2017		2018		2019		среднее	
	количество поливов, шт.	оросительная норма, м ³ /га	количество поливов, шт.	оросительная норма, м ³ /га	количество поливов, шт.	оросительная норма, м ³ /га	количество поливов, шт.	оросительная норма, м ³ /га	количество поливов, шт.	оросительная норма, м ³ /га
1. 75%-тех. 25%-зерн.	5,25	2625	6,0	2850	4,5	2225	2,5	1225	4,7	2230
2. 50%-тех. 50%-зерн.	6,25	3125	6,5	3200	6,75	3375	4,25	2125	6,2	2950
3. 25%-тех. 75%-зерн	6,25	3100	6,5	3050	5,75	2800	3,75	1850	5,6	2760

В севообороте № 2 насыщенного влаголюбивыми культурами (два поля сои и два поля кукурузы на зерно) суммарное водопотребление было наивысшим и колебалось по вариантам способов основной обработки в пределах 5305-5537 м³/га. Для севооборота №3 (с 75% насыщением зерновыми и 25% техническими культурами) расходы влаги составляли 5140-5363 м³/га. Существенное снижение расхода влаги на формирование урожая отмечено при односторонней мелкой безотвальной системе основной обработки в посевах всех исследуемых культур, входящих в состав экспериментальных севооборотов за счёт уменьшения использования запасов влаги из почвы.

Анализ составляющих элементов суммарного водопотребления свидетельствует о том, что потребность в воде для исследуемых севооборотов обеспечивается на 16-24% продуктивными запасами влаги из почвы, на 28-36% – атмосферными осадками и на 42-55% – за счёт применения искусственного увлажнения (таблица 3).

В севооборотах №2 и №3 снизилось количество использованной влаги и атмосферных осадков и увеличилось долевое участие орошения на 19-20% по сравнению с севооборотом №1, который насыщен с.-х. культурами с коротким вегетационным периодом.

Наиболее рациональное использование влаги для формирования одной тонны урожая (721-972 м³/т) наблюдалось при разноглубинной системе основной обработки с оборотом пласта в севообороте №3 с двумя полями кукурузы на зерно, соей и озимым ячменём. Существенный рост коэффициента водопотребления (до 962-1354 м³/т) отмечен в севообороте №2 (с 50% насыщением зерновыми и техническими культурами) и до 1007-1640 м³/т севообороте №1 (с удельным весом 25% зерновых и 75% технических). Относительно показателей среднесуточного испарения установлено, что наименьшее количество влаги испарялось с полей севооборота №1 – на уровне 37,1-39,7 м³/га.

Таблица 3. Элементы водного режима почвы в короткоротационных севооборотах при различных системах основной обработки почвы, 2016-2020 гг.

Показатели	Севооборот №		
	1	2	3
Разноглубинная отвальная (контроль)			
суммарное водопотребление, м ³ /га, в том числе:	4803	5537	5363
- почвенная влага, м ³ /га / %	1048/24	1057/20	1071/21
- атмосферные осадки, м ³ /га / %	1526/34	1524/28	1529/29
- оросительная норма, м ³ /га / %	2234/42	2956/52	2765/50
коэффициент водопотребления, м ³ /т	1007	962	721
среднесуточное испарение, м ³ /га	39,7	45,3	44,5
Разноглубинная безотвальная			
суммарное водопотребление, м ³ /га, в том числе:	4712	5442	5273
- почвенная влага, м ³ /га / %	948/23	963/18	982/20
- атмосферные осадки, м ³ /га / %	1526/35	1524/29	1529/30
- оросительная норма, м ³ /га / %	2234/42	2956/53	2765/50
коэффициент водопотребления, м ³ /т	1161	1020	750
среднесуточное испарение, м ³ /га	39,0	44,4	43,6
Одноглубинная безотвальная мелкая			
суммарное водопотребление, м ³ /га, в том числе:	4580	5305	5140
- почвенная влага, м ³ /га / %	823/21	826/16	848/16
- атмосферные осадки, м ³ /га / %	1526/36	1524/29	1529/30
- оросительная норма, м ³ /га / %	2234/44	2956/55	2765/54
коэффициент водопотребления, м ³ /т	1640	1354	972
среднесуточное испарение, м ³ /га	37,1	43,3	42,6

Одним из главных показателей плодородия почвы является содержание в нем – гумуса и подвижных форм элементов минерального питания азота, фосфора, калия. От них зависит не только урожайность растений, но и направленность почвенных процессов, экологическое состояние почв и ландшафтов, эффективность мероприятий по повышению почвенного плодородия и охране окружающей среды. Основная причина уменьшения содержания гумуса в почве - снижение общей культуры земледелия, катастрофическое уменьшение объёмов внесения органических удобрений, несбалансированное использование минеральных удобрений: их отсутствие или слишком низкие или высокие нормы. Поэтому баланс питательных веществ и гумуса в значительной степени обеспечивается соблюдением научно обоснованной структуры посевных площадей и севооборотов. Состав и соотношение культур в севообороте обуславливают выход органического вещества растительных остатков на единицу севооборотной площади и количественные показатели воспроизведения гумуса. Проведение расчётов поступления гумуса в почву от заделанных пожнивных остатков при различных системах основной обработки и фона питания свидетельствуют о том, что не все севообороты обеспечивают положительный баланс гумуса. Использование на удобрение пожнивных остатков в

севообороте №1 с насыщением 25% зерновых и 75% технических сельскохозяйственных культур не обеспечивало покрытие расходов минерализованного гумуса на формирование урожая (таблица 4). В среднем по севообороту при проведении вспашки прирост гумуса составлял плюс (+) 0,003 т/га, при чизельной обработке – минус (–) 0,09 т/га, при мелкой дисковой обработке почвы – минус (–) 0,20 т/га.

Таблица 4. Поступление гумуса в почву из растительных остатков при различных системах основной обработки почвы и удобрения в орошаемом севообороте, т/га, 2016–2020 гг.

Показатель	Система основной обработки почвы		
	отвальная разноглубинная	безотвальная разноглубинная	безотвальная мелкая
Севооборот № 1			
Масса растительных остатков	5,9	5,4	4,30
Прирост гумуса	1,123	1,03	0,82
Минерализация гумуса	1,120	1,12	1,12
Баланс гумуса	+0,003	–0,09	–0,30
Севооборот № 2			
Масса растительных остатков	8,2	7,8	6,4
Прирост гумуса	1,71	1,63	1,32
Минерализация гумуса	1,18	1,18	1,18
Баланс гумуса	+0,53	+0,45	+0,14
Севооборот № 3			
Масса растительных остатков	10,0	9,5	7,6
Прирост гумуса	2,04	1,94	1,54
Минерализация гумуса	1,18	1,18	1,18
Баланс гумуса	+0,86	+0,76	+0,36

В севообороте №2 с насыщением 50% зерновыми и 50% техническими культурами обеспечивается прирост гумуса при отвальной основной обработке почвы – +0,53 т/га, при чизельной обработке – +0,45 т/га, при дисковой мелкой обработке – +0,14 т/га, а в севообороте №3 с удельным весом зерновых 75% и 25% технических соответственно: +0,86; +0,76; +0,36 т/га. Состав и соотношение культур в севообороте обуславливали выход органического вещества растительных остатков на единицу севооборотной площади и количественные показатели воспроизведения гумуса. Таким образом, анализ наших севооборотов свидетельствует, что севооборот №1 с 75% насыщением техническими культурами не обеспечивает положительного баланса по гумусу. Процессы его минерализации выше по сравнению с поступлением. Поэтому состав и соотношение культур в севообороте №1 не обеспечивают выход органического вещества растительных остатков на единицу севооборотной площади и количественные показатели воспроизведения гумуса. Лучшими четырёхпольными севооборотами

являются севообороты №2 и №3 с точки зрения стабилизации и воспроизводства почвенного плодородия и снижения затрат на выращивание с.-х культур.

Результаты исследований содержания основных элементов минерального питания в слое почвы 0-40 см в начале весенней вегетации с.-х. культур севооборота №3, с насыщением зерновыми культурами 75% и техническими 25% свидетельствует о росте их содержания в среднем на 1 га севооборотной площади по сравнению с севооборотами № 1 и №2, не зависимо от вариантов основной обработки почвы (таблица 5).

Таблица 5. Содержание основных элементов минерального питания в слое почвы 0-40 см при различных способах и глубине основной обработки в севооборотах на орошении, мг/кг, 2016-2020 гг.

Культуры севооборота (фактор А)	Система основной обработки почвы (фактор В)	Начало вегетации			Конец вегетации		
		NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Севооборот № 1 (N₁₀₄ P₆₀)							
Сахарная свекла, соя, сорго, озимый рапс	Отвальная	49,4	41,7	317	15,1	27,8	243
	Безотвальная	41,9	36,7	296	12,9	25,4	225
	Безотвальная мелкая	34,6	33,8	279	10,9	23,5	215
Севооборот № 2 (N₁₀₅ P₆₀)							
Озимая пшеница, кукуруза, соя, соя	Отвальная	50,6	40,2	329	16,4	25,6	246
	Безотвальная	44,3	37,0	306	13,8	24,0	228
	Безотвальная мелкая	40,0	31,4	279	11,4	21,4	213
Севооборот № 3 (N_{127,5} P₆₀)							
Озимый ячмень, кукуруза, кукуруза, соя	Отвальная	60,3	49,4	347	18,3	28,0	247
	Безотвальная	54,3	43,3	323	15,3	25,2	234
	Безотвальная мелкая	45,1	38,0	299	13,1	23,6	222
НСР ₀₅	А	1,23	1,48	7,12	0,57	0,83	6,24
	В	0,97	1,11	6,08	0,51	0,77	5,45

Результаты исследований содержания нитратов в слое почвы 0-40 см по способам и глубине основной обработки свидетельствуют об их росте на варианте с разноглубинной вспашкой, где показатели по исследуемым севооборотам № 1, № 2 и № 3 составляли 49,4; 50,6 и 60,3 мг/кг. На вариантах с чизельной разноглубинной обработкой почвы их содержание было несколько меньше и колебалось в пределах 41,9-54,3 мг/кг.

Минимальное содержание нитратов сформировалось в почве на варианте с мелкой безотвальной обработкой и составляло по исследуемым севооборотам – 34,6 мг/кг, 40,0 и 45,1 мг/кг, что на 30,0%, 20,9 и 25,2% меньше по сравнению с вариантом с отвальной основной обработкой почвы. До уборки урожая содержание нитратов во всех вариантах опыта уменьшилось в связи с интенсивным использованием их растениями.

Не менее важным элементом питания являются соединения фосфора, который поступает в растения исключительно из почвы, где находится в форме органических и минеральных соединений, главным образом фосфорнокислых солей кальция, магния, алюминия и железа. Полученные данные свидетельствуют о том, что при системе безотвальной разноглубинной основной обработке почвы в среднем на 1 га севооборотной площади севооборот №1, №2 и №3 сформировался максимальное содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см, который колебался в начале вегетации в пределах 41,7-49,4 мг/кг почвы. При безотвальной системе основной обработки почвы (вариант 2) его было меньше на 12,0%, 8,0 и на 12,3%, по сравнению с безотвальной разноглубинной, а при одноглубинной мелкой (вариант 3) такое уменьшение достигло 18,9%, 21,9 и 23,1%, соответственно по исследуемым севооборотам.

Перед уборкой урожая содержимое доступных для растений подвижных форм фосфора уменьшается, в то же время выше приведена закономерность с преимуществом отмечавшейся в начале вегетации разноглубинной почвенной обработки. Необходимо отметить, что содержание подвижного фосфора в почве севооборота №1 и №3 находилось практически на одном уровне и колебалось в пределах 23,5-28,0 мг/кг. В севообороте №2 он был меньше на 8,6-8,9%. Связано это с тем, что помимо внесения фосфорных минеральных удобрений, поступление в почву фосфора из растительных остатков при их минерализации было меньше.

Обеспеченность слоя почвы 0-40 см подвижными соединениями калия в среднем на 1 га севооборотной площади в начале весенней вегетации культур севооборота №1, №2 и №3 характеризовалась средним уровнем обеспеченности и колебалась в пределах 279-347 мг/кг. Перед уборкой урожая содержание обменного калия в слое почвы 0-40 см уменьшается на всех вариантах полевого опыта, независимо от севооборота, но осталось на среднем и высоком уровне. Закономерность по распределению данного элемента питания по разным способам обработки почвы сохранилась.

Таким образом, характеризуя исследуемые севообороты необходимо отметить, что в том севообороте, где насыщенность зерновыми культурами составляет 75%, за счёт заделки в почву в почву вдвое большей массы стеблей кукурузы, а также соломы зерновых и сои, формируется максимальное содержание нитратов, подвижных соединений фосфора, что связано с большим поступлением питательных веществ при минерализации растительных остатков. Относительно влияния систем основной обработки на содержание элементов питания в почве можно отметить, что увеличение происходит в почве варианта разноглубинной вспашки с более низкой плотностью сложения почвы и высокой пористостью, а уменьшение глубины рыхления до 12-14 см при длительном его применении приводит к уменьшению их содержания.

Выводы. Установлены закономерности и научно обоснованы методические подходы, являющиеся теоретической базой для определения влияния агрофизических свойств, водного и питательного режимов почвы на продуктивный потенциал сельскохозяйственных культур в короткоротационных севооборотах и основы экологического обоснования их схем на поливных землях при дифференциации си-

стем основной обработки почвы. После обобщения полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что лучшим с экологической точки зрения с наименьшим ухудшением агрофизических свойств почвы является севооборот с двумя полями кукурузы на зерно, соей, озимым ячменём с применением в качестве основной обработки разноглубинной отвальной схемы. Наиболее рациональное использование влаги для формирования одной тонны урожая ($721-972 \text{ м}^3/\text{т}$) наблюдается при разноглубинной системе основной обработки с оборотом пласта также зафиксировано в севообороте №3 с двумя полями кукурузы на зерно, соей и озимым ячменём. Существенный рост коэффициента водопотребления (до $962-1354 \text{ м}^3/\text{т}$) отмечен в севообороте №2 (с 50% насыщением зерновыми и техническими культурами), а также максимальной величиной ($1007-1640 \text{ м}^3/\text{т}$) этот показатель достиг в севообороте №1 с удельным весом 25% зерновых и 75% технических культур. В севообороте, где насыщенность зерновыми культурами составляет 75%, за счёт заделки в почву вдвое большей массы стеблей кукурузы, а также соломы зерновых и сои, формируется высокое содержание нитратов, подвижных соединений фосфора и калия, что связано с большим поступлением органических веществ при минерализации растительных остатков. Относительно влияния систем основной обработки на содержание элементов питания в почве можно отметить, что увеличение их содержания происходит на варианте с разноглубинной основной отвальной обработкой почвы (вспашки) с более низкой плотностью сложения и высокой пористостью. Напротив, уменьшение глубины рыхления до 12-14 см при длительном его применении – приводит к ухудшению питательного режима почвы и снижают продуктивность с.-х. культур в исследуемых севооборотах.

Список использованных источников:

1. 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.

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

3. The cultivation of Sorghum Bicolor using no-till technology and a complex biological substance / T. N. Melnichuk,

References:

1. 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, T. V. Logoyda // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2018. - No. 74. - P. 101-106.

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

3. The cultivation of Sorghum Bicolor using no-till technology and a complex biological substance / T. N. Melnichuk, A. M. Izotov, E. N. Turin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and

- A. M. Izotov, E. N. Turin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, 18–19 апреля 2019 года. Vol. 341. – Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012084.
4. Вожегова, Р. А. Агротелиоративное 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 агроботехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 235-237.
5. Изотов, А. М. Адаптивное управление сроком сева и нормой высева озимой пшеницы в Крыму / А. М. Изотов // Образование, наука и производство. – 2014. – № 2(7). – С. 94-97.
6. Коковихин, С. В. Агротелиоративное 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.
7. 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.
8. Artificial croplands and natural Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, April 18-19, 2019. Vol. 341. – Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012084.
4. 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.
5. Izotov, A. M. Adaptive management of sowing time and seeding rate of winter wheat in Crimea / A. M. Izotov // Education, science and production. - 2014. - No. 2 (7). - P. 94-97.
6. Kokovikhin, S. V. 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.
7. Adamen, F. F. Index analysis and modeling of field crop productivity 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.
8. Artificial croplands and natural

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

9. Слюсарев, В. Н. К вопросу оздоровления черноземов выщелоченных Прикубанской низменности / В. Н. Слюсарев, А. А. Макаренко // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ, Ставрополь, 04–05 октября 2018 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2018. – С. 222-223.

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

11. Адамень, Ф. Ф. Математическое моделирование продуктивности орошаемой озимой пшеницы в зависимости от

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

9. Slyusarev, V. N. On the issue of improving the leached chernozems of the Kuban Lowland / V. N. Slyusarev, A. A. Makarenko // Theoretical and technological foundations of biogeochemical flows of substances in agricultural landscapes: Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of the Stavropol State Agrarian University, Stavropol, October 4–5, 2018. – Stavropol: Limited Liability Company "SEQUOIA", 2018. – P. 222–223. 10. Matirny, A. N. The influence of various tillage 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: Proceedings of the VIII international scientific and practical conference, dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar, June 19-23, 2017 / editor-in-chief Zamotailov A.S. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2017. - P. 280-282. 11. Adamen, F. F. Mathematical modeling of the productivity of irrigated winter wheat depending on the influence of meteorological factors in the conditions of the Northern Black Sea region / F. F.

влияния метеорологических факторов в условиях Северного Причерноморья / Ф. Ф. Адамень, С. В. Коковихин, А. Ф. Сташкина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 6-16.

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

13. Архипенко, А. А. Роль минеральных удобрений и основной обработки почвы под посевы озимой пшеницы в формирование ее продуктивности / А. А. Архипенко, Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 171. – С. 335-347.

14. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки на агрофизические свойства почвы в посевах подсолнечника / Р. В. Кравченко, А. С. Толстых // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 150. – С. 182-194.

15. Шувалов, А. А. Зависимость агрохимических и агрофизических показателей почвы от основной ее обработки в технологии возделывания сахарной свеклы / А. А. Шувалов, Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 162. – С. 219-228.

16. Калинин, О. С. Влияние способа

Adamen, S. V. Kokovikhin, A. F. Stashkina // News of agricultural science of Tavrida. - 2023. - No. 33 (196). - P. 6-16.

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

13. Arkhipenko, A. A. The role of mineral fertilizers and primary tillage for winter wheat crops in the formation of its productivity / A. A. Arkhipenko, R. V. Kravchenko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. - 2021. - No. 171. - P. 335-347.

14. Kravchenko, R. V. The influence of primary tillage on the agrophysical properties of soil in sunflower crops / R. V. Kravchenko, A. S. Tolstykh // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. - 2019. - No. 150. - P. 182-194.

15. Shuvalov, A. A. Dependence of agrochemical and agrophysical indicators of soil on its main processing in the technology of sugar beet cultivation / A. A. Shuvalov, R. V. Kravchenko // Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban state agrarian university. - 2020. - No. 162. - P. 219-228.

16. 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:

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.

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

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

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

20. Коковихин, С. В. Влияние изменений климата и погодных условий на урожайность озимой пшеницы в усло-

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.

17. Izotov, A. M. Fertility elements and winter wheat yield in connection with the specific electrical resistance of the soil / A. M. Izotov, B. A. Tarasenko, D. P. Dudarev // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. - 2015. - No. 5 (55). - P. 35-38. 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. - Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, 2017. - P. 257-259.

19. Tarasenko, B. I. Soil cultivation / B. I. Tarasenko, N. I. Bardak, A. A. Makarenko. - 3rd edition, revised and supplemented. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2021. - 162 p.

20. Kokovikhin, S. V. The impact 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.

21. Zatolokina, Yu. A. Effect of foliar feeding on the grain yield of winter wheat in the central zone of Krasnodar Krai / Yu. A. Zatolokina, A. A. Makarenko, T. V.

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

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

22. 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

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

24. Нодиров, Н. Ф. Воздействие технологии выращивания сельскохозяйственных культур на содержания гумуса в подпахотном слое / Н. Ф. Нодиров, Т. Д. Федорова, Е. Н. Ничипуренко // Научное

Logoida // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26-30, 2016 / Responsible for the issue. A. G. Koshchaev. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. - P. 866-867. 22. 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

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

24. Nodirov, N. F. Impact of crop cultivation technology on humus content in the subsoil layer / N. F. Nodirov, T. D. Fedorova, E. N. Nichipurenko // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 77th scientific and practical conference of students on the results of R&D for 2021. In 3 parts, Krasnodar, March 01, 2022 / Responsible for the release A. G. Koshchaev. Volume Part 1. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2022. - P. 129-131. 25. Tuchapskiy, Yu. A. Moisture as a factor in the formation of the

обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. В 3-х частях, Краснодар, 01 марта 2022 года / Отв. за выпуск А.Г. Кошчаев. Том Часть 1. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 129-131.

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

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

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

28. Оптимизация агротехнологического процесса возделывания сельско-

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

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. Ushkarenko V.A., Lazarev N.N., Goloborodko S.P., Kokovikhin S.V. Dispersion and correlation analysis in crop production and meadow cultivation: monograph. – M.: Publishing House of the Russian State Agrarian University –

хозяйственных 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.

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.

Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2011. – 336 p.

Сведения об авторах:

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

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

Тимофей Владимирович Логойда – кандидат сельскохозяйственных наук, директор учебно-опытного хозяйства «Кубань» КубГАУ, доцент кафедры растениеводства Федерального

Information about the authors:

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

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

Timofey Vladimirovich Logoyda – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the educational and experimental farm “Kuban” KubSAU, Associate Professor of the Department of Plant Growing of the Federal State

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.

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 633.63.003.13

**УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОЙ
СВЕКЛЫ, КАЧЕСТВО
КОРНЕПЛОДОВ И
ЭКОНОМИКО-
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ВЫРАЩИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ
ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

**SUGAR BEET YIELD,
ROOT CROPS
QUALITY AND
ECONOMIC AND
ENERGY EFFICIENCY
IN THE
WESTERN
CISCAUCASIA**

Василько В.П., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор;
Егоян В.Е., аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Vasilko V.P., Candidate of Agricultural Sciences, Professor;
Egoyan V.E., Graduate Student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin"

В полевых опытах установлено, что уровни урожайности корнеплодов сахарной свёклы существенно изменяются в зависимости от погодных условий в отдельных годы проведения полевых экспериментов. Так, в засушливом 2020 г. отмечено снижение урожайности, в среднем, до 410,5 ц/га, а в условиях 2022 г., который характеризовался повышенным количеством осадков, она возросла на 28,6% и составила 527,7 ц/га. Наибольшее содержание сахара (17,4%) в корнеплодах зафиксировано в 2021 г., а в 2022 г. произошло снижение данного показателя, что объясняется особенностями погодных условий в годы исследований. Результаты экономического анализа свидетельствуют о том, что максимальная прибыль на уровне 100,6 тыс. руб./га при рентабельности 75,7% получена при безотвальной основной обработке почвы и

Field experiments have shown that sugar beet root crop yield levels vary significantly depending on weather conditions in individual years of field experiments. Thus, in the dry year of 2020, a decrease in yield was noted, on average, to 410.5 c/ha, and in 2022, which was characterized by increased precipitation, it increased by 28.6% and amounted to 527.7 c/ha. The highest sugar content (17.4%) in root crops was recorded in 2021, and in 2022 there was a decrease in this indicator, which is explained by the peculiarities of weather conditions during the research years. The results of the economic analysis indicate that the maximum profit at the level of 100.6 thousand rubles/ha with a profitability of 75.7% was obtained with no-till primary soil cultivation and an organic fertilization system. The energy gain when using moldboard and

органической системе внесения удобрений. Приход энергии при применении отвальной и безотвальной основной обработке почвы на фоне органической системы удобрений был наибольшим (225,3-227,9 ГДж/га), а на контрольном варианте он снизился в 1,9 раза. Наибольшая величина коэффициента энергетической эффективности 4,1-4,2 зафиксировано на вариантах с отвальной и безотвальной обработкой почвы и внесением минеральных удобрений. Минимальное значение данного показателя отмечено при органо-минеральной системе удобрений.

Ключевые слова: сахарная свёкла, урожайность, содержание сахара, экономическая эффективность, энергетическая оценка.

non-moldboard primary tillage against the background of the organic fertilizer system was the highest (225.3-227.9 GJ/ha), and in the control variant it decreased by 1.9 times. The highest value of the energy efficiency coefficient 4.1-4.2 was recorded in the variants with moldboard and non-moldboard tillage and application of mineral fertilizers. The minimum value of this indicator was noted with the organo-mineral fertilizer system.

Key words: sugar beet, yield, sugar content, economic efficiency, energy assessment.

Введение. Сахарная свёкла относится к важнейшим с.-х. культурам Российской Федерации и многих других стран мира. Острой проблемой 90-х годов XX века и после 2000 г. была зависимость от импортных поставок семян, что в условиях санкций обусловило необходимость развития отечественной селекции свёклы, как и многих других культур, создания семеноводческого сектора. Все эти процессы требуют научного обоснования и разработки адаптивных технологий выращивания с.-х. культур отечественной селекции для достижения продовольственной безопасности и импортозамещения. Необходимо продолжать активные усилия по поддержке отечественных селекционеров и семеноводческих предприятий, разрабатывать сортовые технологии выращивания, создавать благоприятные условия для развития данной сферы на региональном и общегосударственном уровнях [1; 2; 3; 4; 5].

Адаптивные технологии выращивания с.-х. культур должны базироваться на планировании и моделировании продуктивности с.-х. культур, учитывать уровень плодородия почвы, запасы в ней макро- и микроэлементов, техническое оснащение хозяйств, ресурсные и финансовые показатели технологического процесса от посева и до поставок на переработку или изготовление конечного продукта с высокой добавленной стоимостью [6; 7; 8; 9]. Системы обработки почвы и удобрения играют критически важную роль в высокоэффективном выращивании сахарной свёклы. Данные элементы технологии на структуру почвы, улучшает водно-физические показатели, аэрацию, структуру почвы, что позволяет корнеплодам свободно расти и развиваться. Рыхление обеспечивает доступ кислорода к корням и препятствует их загниванию. Увеличение пористости позволяет избежать чрезмерного увлажне-

ния, которое может вызвать массовое распространение болезней. Внесение научно обоснованных норм удобрений обеспечивает необходимыми питательными веществами, которые необходимы в разных пропорциях по фазам развития сахарной свёклы, такими как азот, фосфор, калий, магний и др. микроэлементы. Сбалансированное питание способствует накоплению сахаров в корнеплодах и повышению урожайности. Обработка почва является сдерживающим фактором развития и распространения сорняков, а также снижает масштабы распространения болезней и вредителей, которые могут нанести ущерб урожаю [10; 11; 12].

С экономической точки зрения при выращивании многих с.-х. культур, в том числе и сахарной свёклы, имеет учёт не только урожайности, но также показателей качества данной культуры. Следует отметить, что свёкла имеет особенности, которые влияют на экономическую и энергетическую эффективность – формирование очень больших весовых и объёмных параметров корнеплодов с единицы посевной площади, требующие значительных по сравнению с другими культурами затрат на уборку урожая, транспортировку, складирование, переработку и т.д. [13; 14; 15]. С учётом специфики производства сахара при расчёте выхода готовой конечной продукции нужно ориентироваться не только на уровень урожайности корнеплодов, но и на дигестию (процент содержания сахара в корнеплодах), степень пригодности к хранению, совокупность качественных характеристик корнеплодов наряду с количественными, определяющих экономическую эффективность [16; 17; 18; 19].

Технология выращивания сахарной свёклы является достаточно энергоёмкой за счёт применения высоких норм внесения органических и минеральных удобрений, проведения основной и междурядных обработок почвы, повышенный объём использования пестицидов и биопрепаратов, использования ручного труда при уборке урожая, транспортировка очень больших объёмов продукции (корнеплодов сахарной свёклы) и т.д. Анализ энергетических эквивалентов позволяет разрабатывать методы оптимального нормирования удобрений, обработки почвы, а также других биологических и хозяйственных факторов с целью максимальной реализации генетического потенциала растений сахарной свёклы. Учитывая нестабильность экономических показателей оценки отдельных технических операций и технологии выращивания в целом (изменение цен на удобрения, топливо, пестициды, семена, транспортировку урожая, закупочных цен на конечную продукцию (корнеплоды, сахар) и др.) энергетические эквиваленты позволяют все элементы технологии выращивания, технические средства, агресурсы привести к единому энергетическому показателю (Дж), с его помощью установить влияние каждого фактора элементов технологического процесса и энергетическую эффективность их применения [20; 21; 22; 23].

С целью повышения эффективности сельскохозяйственной техники, горюче-смазочных материалов, электрической энергии, пестицидов, удобрений и других ресурсов, необходимо тщательное измерение общих (совокупных) затрат, вложенных в производство свёклы сахарной, с энергией, накопленной растениями. Для этого необходимо проведение энергетической оценки технологии выращивания в зависимости от исследуемых факторов, которая дополняет эко-

номический анализ и позволяет определить, насколько они энергосберегающие. Энергетическая оценка технологии выращивания предполагает определение соотношения количества энергии, аккумулируемой в процессе фотосинтеза всей биологической урожайностью растений сахарной свёклы и других культур севооборотов, совокупных затрат вложенной в производство энергии [24; 25; 26; 27].

Материал и методы исследований. Целью исследований было установить влияние систем основной обработки почвы и удобрений на урожайность сахарной свёклы, качество корнеплодов, экономическую и энергетическую эффективность выращивания в низинно-западинном агроландшафте Западного Предкавказья.

Полевые опыты с сахарной свёклой проведены в период 2020-2022 гг. на территории учебного хозяйства «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина.

Схема двухфакторного опыта включала такие факторы и их варианты:

1. Система основной обработки почвы (фактор А): отвальная (контроль); безотвальная; поверхностная.

2. Система удобрения (фактор В): без удобрений (контроль); минеральная; органо-минеральная; органическая.

Площадь учётной делянки второго порядка составляла 56,7 м², повторность – трёхкратная, расположение делянок – рендомизированных блоков. Параметры продуктивности сахарной свёклы определяли по соответствующим методикам [28]. Результаты исследований обобщались с помощью таких характеристик: урожайности корнеплодов, выхода сахара, эффективности использования агресурсов, а также динамики экономических и энергетических показателей. Для расчёта экономической эффективности выращивания свёклы сахарной в зависимости от исследуемых факторов определяли стоимость валовой продукции с одного гектара, производственные затраты при выращивании сахарной свёклы на гектар, себестоимость одного центнера корнеплодов, чистая прибыль с одного гектара и уровень производственной рентабельности. В полевых опытах использован общепринятый для низинно-западного агроландшафта Западного Предкавказья комплекс агротехники. Сроки сева – оптимальные для данной зоны (первая декада апреля). Уборку проводили при достижении технической спелости корнеплодов. Использовали свеклоподъёмники с последующей ручной уборкой.

Результаты и обсуждения. Метеорологические факторы обусловили на большую динамику показателей урожайности корнеплодов сахарной свёклы (таблица 1).

Так, в среднем за первый год исследований (2020 г.) этот показатель был равен 410,5 ц/га, а наибольшего уровня (527,7 ц/га) с увеличением на 28,6% она достигла в 2022 г. Урожайность в 2021 г. составила, в среднем по полевому опыту, 441,2 ц/га, что больше 2020 года на 7,5% и меньше, чем в 2022 г. на 19,6%.

В годы проведения исследований наибольшая урожайность корнеплодов на уровне 741,6-745,1 ц/га получена в благоприятном по погодным условиям 2022 г. при внесении только органических удобрений на фоне отвальной и безотвальной почвенной обработки. Этот показатель снизился в засушливом 2020 г. до 297,7 ц/

га или в 2,5 раза. В среднем за годы проведения исследований проявились тенденции увеличения урожайности на опытных делянках, где на фоне отвальной и безотвальной почвенной обработки применяли также органические удобрения.

Таблица 1. Влияние исследуемых факторов на урожайность сахарной свёклы, ц/га

Система основной обработки почвы (фактор А)	Система удобрения (фактор В)	Урожайность по годам				Среднее по факторам:	
		2020	2021	2022	среднее за три года	А	В
Отвальная (контроль)	Без удобрений	403,3	433,4	534,9	457,2	520,0	409,7
	Минеральная	502,0	500,6	619,1	540,6		473,2
	Органо-минеральная	412,0	477,8	581,5	490,4		437,7
	Органическая	511,5	522,7	741,6	591,9		518,5
Безотвальная	Без удобрений	407,6	432,2	523,6	454,5	517,9	
	Минеральная	508,0	482,8	616,6	535,8		
	Органо-минеральная	405,5	469,1	573,2	482,6		
	Органическая	521,0	530,0	745,1	598,7		
Поверхностная	Без удобрений	297,7	336,4	318,2	317,5	341,5	
	Минеральная	307,1	360,6	361,9	343,2		
	Органо-минеральная	309,5	366,9	344,3	340,2		
	Органическая	340,6	381,6	372,7	365,0		
Среднее по годам		410,5	441,2	527,7	459,8		
НСР ₀₅ , ц/га	А	15,4	17,6	19,5	17,9		
	В	18,2	20,9	22,7	21,8		

В среднем по фактору А самые высокие и практически одинаковые показатели урожайности обеспечили отвальная и безотвальная обработки почвы с незначительной разницей. При поверхностной обработке урожайность корнеплодов уменьшилась в 1,5 раза – до 341,5 ц/га. Внесение только органических удобрений обеспечило максимальный рост урожайности, в среднем по фактору В, на уровне 518,5 ц/га, что было больше контроля на 26,6%. Также при органической системе удобрений зафиксировано увеличение данного показателя на 9,6-18,5% по сравнению с минеральной и органо-минеральной системой удобрений.

Следует отметить, что погодные условия в годы проведения исследований сахаристость изменялась по обратно пропорциональной зависимости по сравнению с урожайностью корнеплодов (таблица 2). 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 среднем, до 15,7%, или на 1,7 процентных пунктов.

Таблица 2. Сахаристость корнеплодов сахарной свёклы в зависимости от действия изучаемых факторов, %

Система основной обработки почвы (фактор А)	Система удобрения (фактор В)	Содержание сахара по годам				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%.

Экономическим анализом установлено, что условная чистая прибыль только в одном сочетании исследуемых факторов и вариантов превысила 100 тыс. руб./га – при проведении безотвальной основной обработке почвы и органической системе внесения удобрений, где она увеличилась до 100,6 тыс. руб./га (таблица 3).

Поверхностная обработка почвы и органо-минеральная система удобрений привела к убыткам при выращивании сахарной свёклы – минус 11,1 при выращивании сахарной свёклы. Таким образом, разница между этими значениями составила 9,1 раза.

В отличие от показателей чистой прибыли уровень производственной рентабельности проявил несколько другие тенденции по второму фактору (удобрения),

где преимущество имели неудобренные варианты, что связано с высокой стоимостью удобрений, а также затрат на их транспортировку и внесение.

Таблица 3. Влияние изучаемых агроприёмов на экономическую эффективность производства сахарной свёклы, 2020–2022 гг.

Система основной обработки почвы (фактор А)	Система удобрения (фактор В)				Среднее по фактору А
	без удобрений (контроль)	минеральная	органоминеральная	органическая	
Стоимость валовой продукции (корнеплодов сахарной свёклы), тыс. руб./га					
Отвальная	178,3	210,8	191,3	230,8	202,8
Безотвальная	177,3	209,0	188,2	233,5	202,0
Поверхностная	123,8	133,8	132,7	142,4	133,2
Среднее по В	159,8	184,5	170,7	202,2	179,3
Производственные затраты, тыс. руб./га					
Отвальная	104,8	128,6	163,3	139,5	134,1
Безотвальная	98,2	122,0	156,7	132,9	127,5
Поверхностная	85,3	109,1	143,8	120,0	114,6
Среднее по В	96,1	119,9	154,6	130,8	125,4
Себестоимость 1 ц корнеплодов, руб.					
Отвальная	229,2	237,9	333,0	235,7	258,9
Безотвальная	216,1	227,7	324,7	222,0	247,6
Поверхностная	268,7	317,9	422,7	328,8	334,5
Среднее по В	238,0	261,2	360,1	262,1	280,4
Условная чистая прибыль, тыс. руб./га					
Отвальная	73,5	82,2	28,0	91,3	68,8
Безотвальная	79,1	87,0	31,5	100,6	74,5
Поверхностная	38,5	24,7	-11,1	22,4	18,6
Среднее по В	63,7	64,6	16,1	71,4	54,0
Уровень рентабельности, %					
Отвальная	70,1	63,9	17,1	65,5	54,2
Безотвальная	80,5	71,3	20,1	75,7	61,9
Поверхностная	45,2	22,7	-7,7	18,6	19,7
Среднее по В	65,3	52,6	9,8	53,3	45,3

Следует отметить, что максимальная рентабельность на уровне 80,5% была на контрольном неудобренном варианте с проведением безотвальной обработкой почвы. Также высокий показатель (75,7%) получили при этой же обработке почвы на фоне применения органической системы удобрения. Отрицательная рентабельность (убыточность) на уровне -7,7% зафиксирована при поверхностной обработке почвы и применении органо-минеральной системы удобрений.

Статистический анализ показателей уровня рентабельности выращивания сахарной свёклы показал существенную разницу в действии и взаимодействии

изучаемых факторов (рисунок 1). Доказано, что максимальное влияние на этот экономический показатель оказывает обработка почвы (фактор А) – 58,9%.

Также на высоком уровне влияния находился система удобрения (фактор В), которая способствовало формированию данного показателя на 27,2%. Взаимодействие факторов АВ имело удельный вес влияния на рентабельность на уровне 7,5%, а на другие неучтённые факторы připадает 6,4%.

С помощью энергетических расчётов установлен приход энергии с урожаем корнеплодов сахарной свёклы, показатели которого пропорционально изменялись в соответствии с урожайностью исследуемой культуры (таблица 4).

При применении отвальной и безотвальной основной обработке почвы на фоне органической системы удобрений приход энергии был максимальным – 225,3-227,9 ГДж/га. На контрольном варианте системы удобрений (фактор В) он снизился в 1,9 раза – до 120,8 ГДж/га.

Усреднение показателей прихода энергии с урожаем корнеплодов по фактору А (система основной обработки почвы) также показало преимущество применения отвальной и безотвальной обработки почвы, на которых он увеличился, в среднем, составил 197,9 и 197,1 ГДж/га, соответственно.

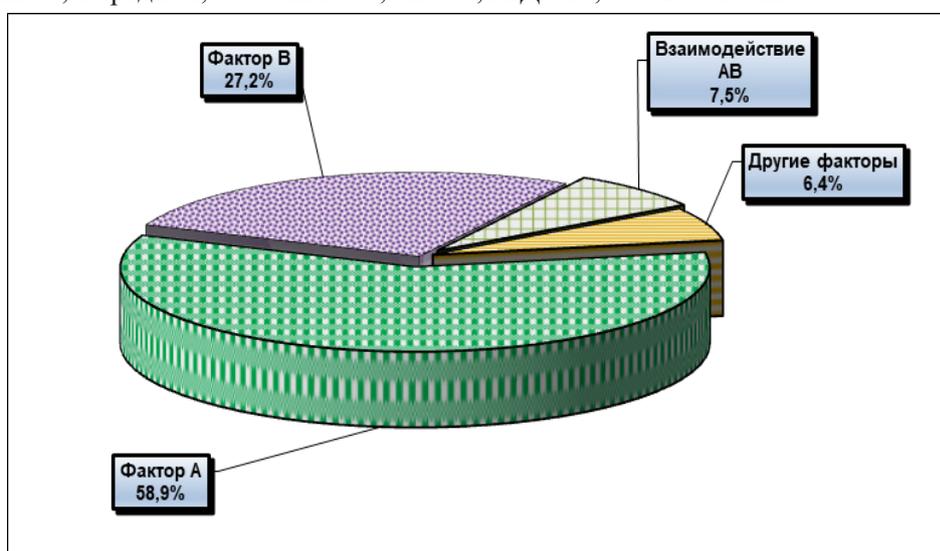


Рисунок 1. Доля участия системы основной обработки почвы (фактор А) и системы удобрения (фактор В) в формировании показателей рентабельности производства сахарной свёклы, %

По второму исследуемому фактору (удобрения – фактор В) наибольший приход энергии обеспечила минеральная (180,1 ГДж/га) и органическая (197,4 ГДж/га) системы удобрений. Наименьшее его значение на уровне 155,9 ГДж/га зафиксировано на контрольном варианте (без внесения удобрений), что было на 15,5-26,6% меньше наивысших средних значений по фактору В.

Увеличение энергозатрат до 63,0-65,5 ГДж/га зафиксировано на вариантах с безотвальной и отвальной почвенной обработкой на фоне комплексного вне-

сения органических и минеральных удобрений. Данный показатель снизился до 37,0 ГДж/га, или в 1,7-1,8 раза, на контрольном варианте фактора В с поверхностной почвенной обработкой.

Отвальная обработка почвы под сахарную свёклу обусловила максимальный уровень затрат энергии, который был равен, в среднем по фактору А, 55,2 ГДж/га. На втором (безотвальная почвенная обработка) и третьем (поверхностная почвенная обработка) вариантах фактора А наблюдалось снижение этого показателя до 52,7 и 47,3, или на 4,7-16,7%, соответственно.

По фактору В (система удобрения) установлено, что применение органо-минеральной системы удобрений способствовало повышению энергозатрат, в среднем, до 62,0 ГДж/га. Это было больше контрольного варианта на 49,8%, минеральной системы удобрений – на 31,6%, органической – на 10,1%.

Безотвальная обработка почвы способствовала получению максимальной величины прироста энергии 144,4 Дж/ц. Также этот показатель был высоким при отвальной обработке почвы (контроль) – 142,7 Дж/ц, что ниже варианта с отвальной обработкой почвы лишь на 1,2%. При этом на делянках с поверхностной обработкой почвы наблюдалось существенное снижение прироста энергии – до 82,7 Дж/ц. Следует отметить, что данный уровень в 1,7 раза, ниже, чем при отвальной и безотвальной обработке почвы.

В среднем по системе удобрений (фактор В) прирост энергии увеличился до 141,0 ГДж/га при внесении только органических удобрений. На варианте с применением минеральной системы удобрений данный показатель снизился, в среднем по фактору, на 6,1% (до 133,0 Дж/ц), но также был высоким. Минимальный уровень прироста энергии 104,6 и 114,5 Дж/ц, который был меньший наивысшего значения (органическая система удобрений) на 23,1-34,8%, зафиксирован на варианте с органо-минеральной системой удобрений и на контрольном варианте.

Показатель энергоёмкости выращивания сахарной свёклы в полевом опыте достиг наибольшей величины 169,3 Дж/ц при сочетании вариантов – поверхностная обработка почвы и органо-минеральная система удобрений, что обусловлено снижением урожайности на фоне высоких энергетических затрат на проведение исследуемых агроприёмов. Наиболее рациональное использование энергии с минимальной энергоёмкостью 89,8 Дж/ц, что меньше в 1,9 раза вышеуказанного максимального значения в раза, получено при безотвальной обработке почвы и внесении под сахарную свёклу только минеральных удобрений.

По первому фактору полевого опыта, в котором исследовали эффективность применения разных систем основной обработки почвы, применение поверхностной обработки обусловило увеличение энергоёмкости производства 1 ц сахарной свёклы до 138,1 Дж. При безотвальной обработке данный энергетический показатель снизился на 34,9% до минимального значения – 102,3 Дж/ц. При отвальной обработке почвы (вспашка, контроль) энергоёмкость производства свёклы составила 106,6 Дж/ц, что на 29,5% меньше поверхностной почвенной обработки.

Исследуемый показатель, в среднем по фактору В (удобрения), был минимальный и практически одинаковым (102,7 и 102,6 Дж/ц) при применении минеральной системы удобрений и на контрольном варианте. Энергоёмкость су-

щественно (на 40,8%) возросла до 144,5 Дж/ц при одновременном внесении как минеральных, так и органических удобрений. Органическая система удобрений из-за повышения затрат энергии на большие объёмы органики, также способствовала повышению энергоёмкости выращивания до среднего уровня – 113,0 Дж/ц.

Таблица 4. Энергетическая эффективность разработанных элементов технологии выращивания сахарной свёклы, 2020-2022 гг.

Система основной обработки почвы (фактор А)	Система удобрения (фактор В)				Среднее по фактору А
	без удобрений (контроль)	минеральная	органоминеральная	органическая	
Приход энергии с урожаем корнеплодов сахарной свёклы в зависимости от основной обработки почвы и удобрений, ГДж/га					
Отвальная	174,0	205,8	186,6	225,3	197,9
Безотвальная	173,0	203,9	183,7	227,9	197,1
Поверхностная	120,8	130,6	129,5	138,9	130,0
Среднее по В	155,9	180,1	166,6	197,4	175,0
Затраты энергии на технологию выращивания сахарной свёклы в зависимости от исследуемых вариантов, ГДж/га					
Отвальная	44,9	50,6	65,5	59,8	55,2
Безотвальная	42,4	48,1	63,0	57,3	52,7
Поверхностная	37,0	42,7	57,6	51,9	47,3
Среднее по В	41,4	47,1	62,0	56,3	51,7
Прирост энергии при выращивании сахарной свёклы в зависимости от основной обработки почвы и удобрений, ГДж/га					
Отвальная	129,1	155,2	121,1	165,5	142,7
Безотвальная	130,6	155,8	120,7	170,6	144,4
Поверхностная	83,8	87,9	71,9	87,0	82,7
Среднее по В	114,5	133,0	104,6	141,0	123,3
Энергоёмкость выращивания продукции (корнеплодов сахарной свёклы) в зависимости от основной обработки почвы и удобрения, Дж/ц					
Отвальная	98,2	93,6	133,6	101,0	106,6
Безотвальная	93,3	89,8	130,5	95,7	102,3
Поверхностная	116,5	124,4	169,3	142,2	138,1
Среднее по В	102,7	102,6	144,5	113,0	115,7

Важной характеристикой элементов технологии выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе и сахарной свёклы, является определение коэффициента энергетической эффективности, который отображает пропорциональную взаимосвязь между приходом энергии с урожаем корнеплодов и энергетическими затратами, потраченными на технологический процесс. Если этот коэффициент больше единицы, тогда выращивание культуры считается энергетически целесообразным, если меньше, то, соответственно, нецелесо-

образным. Кроме того, с учётом показателей коэффициента энергетической эффективности можно установить наиболее оптимальное сочетание каждого агроприёма с энергетической точки зрения и установить наиболее энерго- и ресурсосберегающие из них. Расчёт коэффициентов энергетической эффективности позволило установить определённые отличия его динамики в зависимости от всех изучаемых факторов и вариантов (рисунок 2).

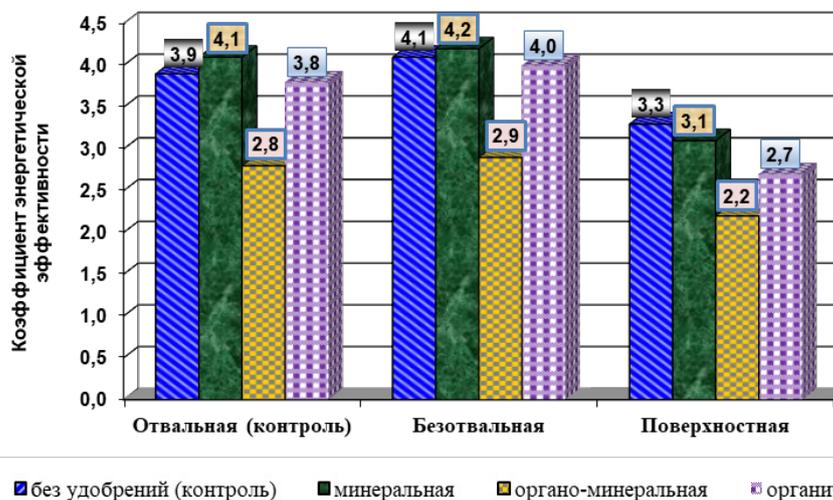


Рисунок 2. Коэффициент энергетической эффективности выращивания исследуемых элементов технологии выращивания гибрида сахарной свёклы Успех, 2020-2022 гг.

Результаты расчётов показывают, что энергетический коэффициент на всех вариантах полевого опыта превышает единицу и колеблется в пределах от 2,2 до 4,2, то есть выращивание сахарной свёклы в условиях низинно-западинного агроландшафта Западного Предкавказья. Максимальное значение (4,1-4,2) данного показателя было на вариантах с отвальной и безотвальной обработкой почвы и внесения минеральных удобрений (второй вариант фактора В).

При органо-минеральной системе удобрений на всех вариантах обработки почвы коэффициент энергетической эффективности имел минимальный уровень, особенно при поверхностной, где он снизился до 2,2, что в 1,9 раза меньше лучших вариантов с минеральным фоном удобрений и проведением вспашки и безотвальной обработки.

Выводы. Доказано, что уровни урожайности корнеплодов сахарной свёклы существенно изменяются в зависимости от погодных условий в отдельных годы проведения полевых экспериментов. Так, в засушливом 2020 г. отмечено снижение урожайности, в среднем, до 410,5 ц/га, а в условиях 2022 г., который характеризовался повышенным количеством осадков, она возросла на 28,6% и составила 527,7 ц/га. Максимальную продуктивность исследуемой культуры обеспечило применение отвальной и безотвальной почвенной обработки, а при поверхностной – зафиксировано падение её в 1,5 раза. По второму фактору наивысшую

урожайность (518,5 ц/га). Сахаристость, как и урожайность, изменялась в годы проведения исследований, однако при противоположных закономерностях. Наибольшее содержание сахара (17,4%) зафиксировано в 2021 г. (урожайность 441,2 ц/га), а в 2022 г. произошло снижение данного показателя, что объясняется особенностями погодных условий в годы исследований, когда повышенное количество осадков в 2022 г. привело к увеличению массы корнеплодов, однако снизило сахаристость. Внесение удобрений способствовало незначительному (на 0,2-0,4 процентных пунктов) увеличению сахаристости, особенно на варианте с органической системой удобрения – от 16,4% на контроле до 16,6-16,8%.

Результаты экономического анализа свидетельствуют о том, что максимальная чистая прибыль на уровне 100,6 тыс. руб./га при рентабельности 75,7% получена при безотвальной основной обработке почвы и органической системе внесения удобрений. При этом применение поверхностной обработки почвы на фоне органо-минеральной системы удобрений была убыточной. Установлена тенденция увеличения рентабельности на неудобренных вариантах, особенно при проведении безотвальной почвенной обработки, где она повысилась до 80,5%, что можно объяснить высоким уровнем затрат на приобретение и внесение минеральных и органических удобрений.

Приход энергии при применении отвальной и безотвальной основной обработке почвы на фоне органической системы удобрений был наибольшим (225,3-227,9 ГДж/га), а на контрольном варианте он снизился в 1,9 раза. Увеличение энергозатрат до 63,0-65,5 ГДж/га зафиксировано на вариантах с безотвальной и отвальной почвенной обработкой на фоне комплексного внесения органических и минеральных удобрений. Энергоёмкость значительно увеличилась на 40,8% до 144,5 Дж/ц при одновременном внесении как минеральных, так и органических удобрений. Органическая система удобрений из-за повышения затрат энергии на большие объёмы органики, также способствовала повышению энергоёмкости выращивания. Энергетический коэффициент на всех вариантах полевого опыта превышает единицу и колеблется в пределах от 2,2 до 4,2, то есть выращивание сахарной свёклы в условиях низинно-западного агроландшафта Западного Предкавказья. Наибольшая величина коэффициента энергетической эффективности 4,1-4,2 зафиксировано на вариантах с отвальной и безотвальной обработкой почвы и внесением минеральных удобрений. Минимальное значение данного показателя отмечено при органо-минеральной системе удобрений.

Список использованных источников:

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

References:

1. Kravchenko, R. V. Effect 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.

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

3. Слюсарев, В. Н. К вопросу оздоровления черноземов выщелоченных Прикубанской низменности / В. Н. Слюсарев, А. А. Макаренко // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ, Ставрополь, 04–05 октября 2018 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2018. – С. 222-223.

4. 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.

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

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

3. Slyusarev, V. N. On the issue of improving the leached chernozems of the Kuban Lowland / V. N. Slyusarev, A. A. Makarenko // Theoretical and technological foundations of biogeochemical flows of substances in agricultural landscapes: Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of the Stavropol State Agrarian University, Stavropol, October 4–5, 2018. – Stavropol: Limited Liability Company "SEQUOIA", 2018. – P. 222–223. 4. Adamen, F. F. Index analysis and modeling of field crop productivity 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.

5. Kokovikhin, S. V. 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.

6. Statistical yielding models

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

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

8. Вожегова, Р. А. Агротелиоративное обоснование севооборотов на не-поливных 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 агроботехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 235-237.*

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

10. Матирный, А. Н. Влияние различных систем обработки почвы на засорённость посевов кукурузы на зерно в условиях Западного Предкавказья / А. Н. Матирный, Т. В. Логойда, А. А. Макаренко // *Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : Материалы VIII международной*

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

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

8. Vozhegova, R. A. Agromeliorative justification of crop rotations on non-irrigated and irrigated lands of the Southern Steppe of Ukraine / R. A. Vozhegova, I. N. Belyaeva, S. V. Kokovikhin // *Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International scientific 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.

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

10. Matirny, A. N. Effect of various tillage systems on weed infestation of grain corn crops in the Western Ciscaucasia / A. N. Matirny, T. V. Logoyda, A. A. Makarenko // *Agrotechnical method of*

научно-практической конференции, посвящается 95-летию Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар, 19–23 июня 2017 года / ответственный редактор Замотайлов А.С.. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 280-282.

11. Калинин, О. С. Влияние обработки почвы и минеральных удобрений на агрофизические свойства почвы под посевами сахарной свеклы / О. С. Калинин, Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 173. – С. 61-75.

12. Кравченко, Р. В. Адаптивность и стабильность проявления урожайных свойств гибридов кукурузы на фоне антропогенных факторов / Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 77. – С. 770-784.

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

14. 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 универси-

plant protection from pests: Proceedings of the VIII international scientific and practical conference, dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar, June 19–23, 2017 / editor-in-chief Zamotailov A.S.. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2017. – P. 280-282.

11. Kalinin, O. S. The influence of tillage and mineral fertilizers on the agrophysical properties of soil under sugar beet crops / O. S. Kalinin, R. V. Kravchenko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. - 2021. - No. 173. - P. 61-75.

12. Kravchenko, R. V. Adaptability and stability of manifestation of yield properties of corn hybrids against the background of anthropogenic factors / R. V. Kravchenko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. - 2012. - No. 77. - P. 770-784.

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

14. Makarenko, A. A. Modeling and optimization of the irrigation regime of field crops at the level of crop rotations and fields, taking into account meteorological factors / A. A. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. -

тета. – 2023. – № 191. – С. 238-253.

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

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

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

18. Кравченко, Р. В. Реализация продуктивного потенциала гибридов кукурузы в зависимости от сроков сева / Р. В. Кравченко // Аграрная наука. – 2009. – № 2. – С. 26-27.

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. Калинин, О. С. Влияние способа

2023. - No. 191. - P. 238-253.

15. Izotov, A. M. Fertility elements and winter wheat yield in connection with the specific electrical resistance of the soil / A. M. Izotov, B. A. Tarasenko, D. P. Dudarev // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. - 2015. - No. 5 (55). - P. 35-38.

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

17. Tarasenko, B. I. Soil cultivation / B. I. Tarasenko, N. I. Bardak, A. A. Makarenko. - 3rd edition, revised and supplemented. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2021. - 162 p.

18. Kravchenko, R. V. Realization of the productive potential of corn hybrids depending on the sowing time / R. V. Kravchenko // Agrarian science. - 2009. - No. 2. - P. 26-27.

19. 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 // Transactions of the Kuban State Agrarian University. - 2023. - No. 106. - P. 104-115.

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.

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

22. 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

23. Hydrogen Production Analysis: Prospects for Ukraine / N. Kovalenko, T. Hutsol, V. Dubik [et al.] // Agricultural

20. 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 from the V International Scientific and Practical Conference, Penza, February 21-22, 2020. - Penza: Penza State Agrarian University, 2020. - P. 67-69. 21. Zatolokina, Yu. A. Effect of foliar feeding on the grain yield of winter wheat in the central zone of Krasnodar Krai / Yu. A. Zatolokina, A. A. Makarenko, T. V. Logoida // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26-30, 2016 / Responsible for the issue. A. G. Koshchaev. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. - P. 866-867. 22. 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

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

Engineering. – 2021. – Vol. 25, No. 1. – P. 99-114.

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

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

26. 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.

27. Оптимизация агротехнологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях с использованием информационных технологий / С. В. Коковихин, И. А.

99-114.

24. Nodirov, N. F. Impact of crop cultivation technology on humus content in the subsoil layer / N. F. Nodirov, T. D. Fedorova, E. N. Nichipurenko // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 77th scientific and practical conference of students on the results of R&D for 2021. In 3 parts, Krasnodar, March 01, 2022 / Responsible for the release A. G. Koshchaev. Volume Part 1. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2022. - P. 129-131. 25. Tuchapskiy, Yu. A. Moisture as a factor in the formation of the winter barley grain yield in the Krasnodar Territory / Yu. A. Tuchapskiy, A. S. Naidenov, A. A. Makarenko // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26-30, 2016 / Responsible for the issue. A. G. Koshchaev. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2017. - P. 908-909.

26. 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.

27. 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.

- Биднина, В. А. Шарий [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 2(65). – С. 63-71.
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.
- 2020. – No. 2(65). – P. 63-71.
28. Ushkarenko V. A., Lazarev N. N., Goloborodko S. P., Kokovikhin S. V. Dispersion and correlation analysis in crop production and meadow farming: monograph. – M.: Publ. RSATU – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, 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: 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.

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. 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 631.452

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА
ПИЩЕВОГО РЕЖИМА
ЧЕРНОЗЕМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ
ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

Ничипуренко Е.Н., старший преподаватель кафедры общего и орошаемого земледелия;

Федорова Т.Д., студентка Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

В статье проводится анализ влияния технологий выращивания озимой пшеницы на пищевой режим по фазам развития культуры. Технологии были выбраны как с полным различием в системе основных обработок почвы и системе удобрений, так и в частичном отличии. Пищевой режим почвы напрямую влияет на продуктивность сельскохозяйственных культур. Важную роль в пищевом режиме играет агрофизика, так как плотность, скважность и агрегатный состав почвы влияют на доступность элементов питания для растений. При высокой плотности почвы количество продуктивной влаги, с помощью которой растения усваивают и питательные вещества, резко сокращается. Вследствие этого нами были отобраны различные системы обработки почвы для сравнительной характери-

**COMPARATIVE
CHARACTERISTICS OF
THE NUTRITION REGIME
OF LEACHED CHERNOZEM
WITH THE APPLICATION OF
VARIOUS TECHNOLOGIES
FOR CULTIVATION OF WINTER
WHEAT**

Nichipurenko E.N., senior lecturer of the department of general and irrigated agriculture;

Fedorova T.D., student of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin."

The article analyzes the influence of winter wheat growing technologies on the food regime according to the phases of crop development. Technologies were selected with both complete differences in the system of basic soil tillage and fertilizer system, and with partial differences. The nutritional regime of the soil directly affects the productivity of agricultural crops. Agrophysics plays an important role in the nutritional regime, since the density, porosity and aggregate composition of the soil affect the availability of nutrients for plants. With high soil density, the amount of productive moisture, with the help of which plants absorb nutrients, is sharply reduced. As a result, we selected various tillage systems for comparative characteristics. The experiment was carried out in the conditions of the

стики. Опыт проводился в условиях центральной зоны Краснодарского Края на территории учхоза «Кубань».

Ключевые слова: пищевой режим, удобрения, органика, урожайность, минеральные удобрения, корнеплодные остатки, озимая пшеница.

central zone of the Krasnodar Territory on the territory of the Kuban UCHNOZ.

Key words: nutritional regime, fertilizers, organic matter, productivity, mineral fertilizers, root residues, winter wheat.

Введение. Основой пищевой промышленности является зерно озимой пшеницы, которое используется для изготовления большого количества продовольственной продукции. В зерне озимой пшеницы содержится множество витаминов необходимых для поддержания здоровья населения страны [1,2,3,4,5].

Пшеничный хлеб показывает лучшие показатели по усвояемости человеческим организмом относительно ржаного благодаря более оптимальному сочетанию белков и клейковины в своем составе [6,7,8].

Питательные элементы в почве напрямую влияют на качество зерна, и одним из показателей служит процентное содержание белка в зерне озимой пшеницы, но его питательность составляет всего пятьдесят процентов, что приводит к необходимости повышения данного показателя в зерне [10,11,12].

Зерно озимой пшеницы широко используется для корма животных. Растения пшеницы могут быть использованы для заготовления сенажа и сена [14,15,16,17].

В Краснодарском крае территория под озимой пшеницей оценивается в 1,6 млн га в 2023 году. В Российской Федерации площади озимой пшеницы составляют около 16 млн га [18,19,20].

Материалы и методы исследования. Исследования проводились на основе интенсивного сорта озимой пшеницы Граф в трехкратной повторности в 2019–2020 годах.

Схема опыта представлена на рисунке 1 и включает в себя систему основной обработки почвы и систему внесения удобрений. Данные технологии используются в длительном стационарном опыте на протяжении тридцати лет.

Результаты и обсуждения. В годы исследований погодные условия изменялись от значительного переувлажнения относительно многолетних показателей до равных многолетним данным.

Анализируя показатели таблицы 1, мы видим действие основных удобрений, которые были применены под основную обработку почвы.

На всех технологиях, где вносилось высокое количество минеральных удобрений, отмечено подкисление почвы. При закладке опыта рН на все территории был равен 6,55. Самые низкие показатели рН наблюдались при возделывании озимой пшеницы по энергоресурсосберегающей и базовой технологии выращивания пшеницы. Снижение относительно контроля составило 0,34 в пахотном слое и 0,28 в подпахотном слое почвы при возделывании по энергоресурсосберегающей технологии. Значения рН при базовой технологии находилось на том же уровне. Следовательно, основная обработка почвы при

применении равных норм минеральных удобрений не оказала значительного действия на рН почвы по горизонтам исследований.

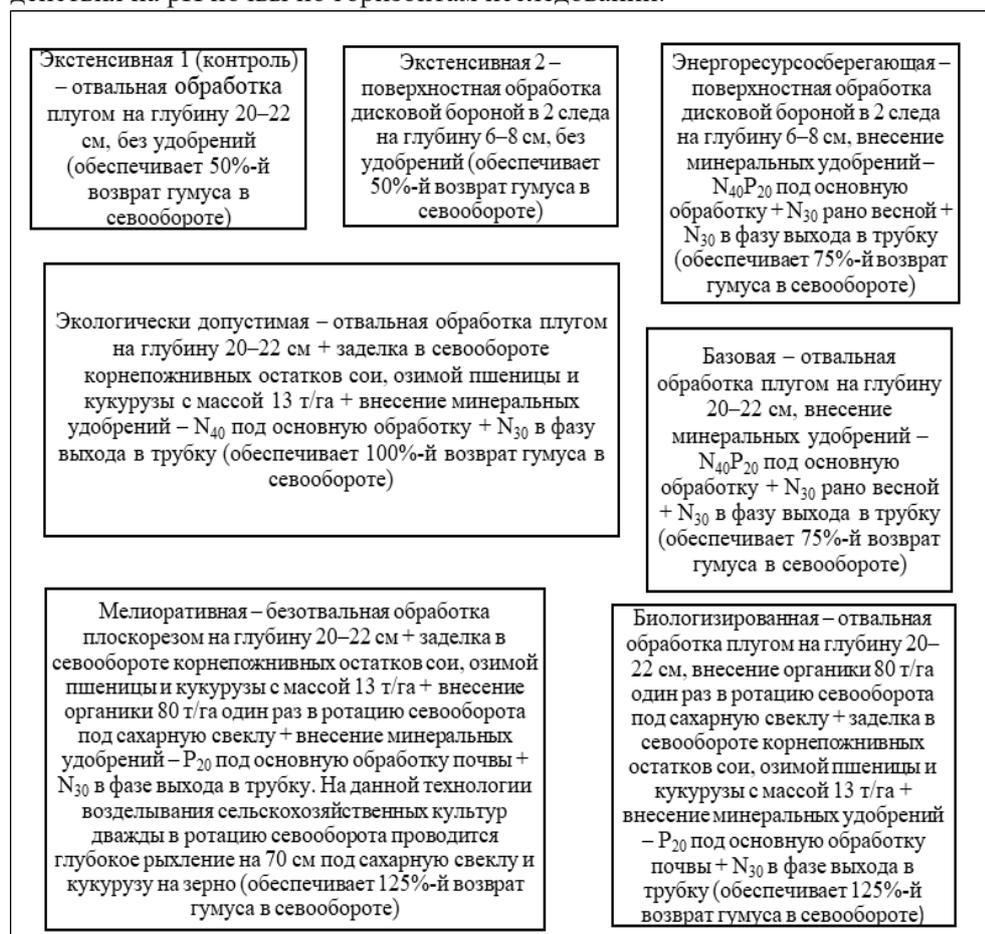


Рисунок 1. Технологии возделывания озимой пшеницы в опыте

К нейтральному рН приближаются технологии, включающие в себя внесение органических удобрений и заделку растительных остатков в почву.

В фазе всходов озимой пшеницы обеспеченность почвы минеральной формой азота – аммонийной и нитратной – была высокой, что объясняется азотфиксирующей способностью предшествующей бобовой культуры – люцерны второго года жизни.

Содержание аммонийного азота на технологиях с внесением только минеральных удобрений было ниже относительно вариантов с заделкой корнеплодных остатков и внесением органики. Таким образом, базовая технология в пахотном слое уступила мелиоративной 1,1 мг/кг аммонийного азота.

Количество нитратного азота в пахотном слое почвы при выращивании озимой пшеницы по мелиоративной технологии было на 9,9 мг/кг выше отно-

сительно контрольного варианта и выше базовой технологии на 3,4 мг/кг.

Количество доступного фосфора на биологизированной технологии было выше контрольного варианта в подпахотном слое почвы на 23 мг/кг, так же стоит отметить, что прибавка в сравнении с энергоресурсосберегающей технологией составила 11 мг/кг. Следовательно, количество фосфора выше на технологиях с внесением навоза и корнепоживных остатков в почву.

Таблица 1. Агрохимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы (в фазу всходов, 2019 – 2020 гг.)

Слой, см	Технология	pH _{H2O}	N-NH ₄ ⁺ , мг/кг	N-NO ₃ ⁻ , мг/кг	Доступный фосфор мг/кг (по Мачигину)	Обменный калий мг/кг (по Мачигину)
0–20	Экстенсивная 1 (к)	6,69	10,4	9,7	32	220
	Экстенсивная 2	6,69	10,6	9,4	31	216
	Энергоресурсосберегающая	6,35	11,6	15,1	45	244
	Базовая	6,37	12,0	16,2	51	249
	Экологически допустимая	6,49	12,1	17,6	41	272
	Мелиоративная	6,77	13,1	19,6	64	330
	Биологизированная	6,75	12,3	19,3	60	322
НСР ₀₅		0,04	0,43	0,45	4,2	8,4
20–40	Экстенсивная 1 (к)	6,65	10,3	9,5	34	213
	Экстенсивная 2	6,67	10,3	9,1	33	218
	Энергоресурсосберегающая	6,37	11,1	14,2	46	246
	Базовая	6,36	11,5	15,3	54	254
	Экологически допустимая	6,48	11,8	16,8	42	278
	Мелиоративная	6,78	12,1	19,1	67	322
	Биологизированная	6,73	11,8	18,6	57	314
НСР ₀₅		0,05	0,38	0,41	4,3	7,9

В фазу колошения озимой пшеницы мы видим, что количество питательных элементов начало значительно сокращаться вследствие динамического роста и развития растений пшеницы. Данные агрохимического анализа в фазу колошения представлены в таблице 2.

Энергоресурсосберегающая технология относительно всех вариантов, где вносились удобрения, уступила им в количестве питательных веществ. Сравнивая

данную технологию с биологизированной мы видим, что количество нитратного азота было ниже на 3,6 мг/кг в пахотном слое почвы и на 4,0 мг/кг в подпахотном.

Количество обменного калия было самым высоким в обоих исследуемых слоях при возделывании пшеницы по мелиоративной технологии. Прибавка относительно контроля благодаря внесению органики и заделки корнепожнивных остатков составила 90 мг/кг в пахотном слое почвы. Прибавка в сравнении с базовой технологией составила 56 мг/кг в подпахотном слое почвы.

Обеспеченность почвы фосфором принято считать базовым показателем окультуренности почв[9,13]. Количество доступного фосфора на базовой технологии было выше контроля в фазу колошения пшеницы на 10 и 11 мг/кг в пахотном и подпахотном горизонте соответственно. При этом базовая технология уступила мелиоративной по содержанию фосфора в пахотном горизонте почвы 15 мг/кг. Следовательно, внесение только минеральных удобрений не способно должным образом обеспечить почву необходимыми компонентами, не вызывая подкисление.

Таблица 2. Агрохимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы (в фазу колошения, 2019 – 2020 гг.)

Слой, см	Технология	pH _{H2O}	N-NH ₄ ⁺ , мг/кг	N-NO ₃ ⁻ , мг/кг	Доступный фосфор мг/кг (по Мачигину)	Обменный калий мг/кг (по Мачигину)
0–20	Экстенсивная 1 (к)	6,68	9,7	9,4	21	195
	Экстенсивная 2	6,67	9,7	8,5	20	185
	Энергоресурсосберегающая	6,34	10,6	13,5	28	214
	Базовая	6,33	11,1	14,4	31	227
	Экологически допустимая	6,50	10,7	16,1	26	240
	Мелиоративная	6,79	12,4	18,3	46	285
	Биологизированная	6,78	11,5	17,1	43	276
НСР ₀₅		0,04	0,35	0,41	3,1	7,7
20–40	Экстенсивная 1 (к)	6,67	9,5	9,1	22	191
	Экстенсивная 2	6,66	9,3	8,2	22	179
	Энергоресурсосберегающая	6,32	10,4	12,9	30	219
	Базовая	6,34	10,5	13,8	33	225
	Экологически допустимая	6,52	10,1	15,8	27	239
	Мелиоративная	6,77	11,8	17,9	48	281
	Биологизированная	6,75	11,3	16,9	45	273
НСР ₀₅		0,03	0,33	0,42	3,4	7,5

В конце вегетации растений пшеницы мы видим, что показатели содержания питательных элементов сократились к минимуму. Стоит отметить, что тенденция повышенного содержания элементов питания на технологиях с внесением органики и заделкой корнепоживных остатков в почву сохранялась на протяжении всей вегетации. Отмечено снижение по всему исследуемому профилю элементов питания на технологиях без внесения удобрений и технологиях с внесением только минеральных удобрений.

Из данных таблицы 3 видно, что количество фосфора в почве на технологиях без удобрений было вдвое ниже относительно технологий с органоминеральной системой удобрений.

Таблица 3. Агрохимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы (в фазу полной спелости зерна, среднее за 2019–2020 гг.)

Слой, см	Технология	pH _{H2O}	N-NH ₄ ⁺ , мг/кг	N-NO ₃ ⁻ , мг/кг	Доступный фосфор мг/кг (по Мачигину)	Обменный калий мг/кг (по Мачигину)
0–20	Экстенсивная 1 (к)	6,70	8,3	5,2	16	143
	Экстенсивная 2	6,71	7,8	5,3	14	138
	Энергоресурсосберегающая	6,37	8,7	4,9	21	156
	Базовая	6,37	9,2	4,6	25	159
	Экологически допустимая	6,48	9,4	4,6	20	181
	Мелиоративная	6,81	10,0	6,0	35	212
	Биологизированная	6,78	9,6	5,9	33	203
НСР ₀₅		0,05	0,29	0,12	1,6	4,6
20–40	Экстенсивная 1 (к)	6,67	8,1	4,9	15	140
	Экстенсивная 2	6,69	7,5	5,2	13	132
	Энергоресурсосберегающая	6,39	8,5	5,1	21	156
	Базовая	6,38	9,0	4,9	26	158
	Экологически допустимая	6,51	9,2	4,6	20	176
	Мелиоративная	6,82	9,7	4,7	35	207
	Биологизированная	6,77	9,5	5,0	32	198
НСР ₀₅		0,04	0,28	0,11	1,5	4,8

Таким образом, при возделывании по мелиоративной технологии количество фосфора в пахотном и подпахотном горизонте было выше на 19 и 20 мг/кг.

Количество аммонийного азота при выращивании пшеницы по мелиоративной технологии было выше на 0,8 мг/кг в пахотном слое почвы и 0,7 мг/кг в подпахотном относительно базовой технологии. Следовательно, после

внесения органических удобрений остается большее количество питательных элементов для последующих культур севооборота.

Изменение содержание элементов питания в зависимости от технологии возделывания математически достоверно по всем фазам развития озимой пшеницы.

Урожайность озимой пшеницы, представленная в таблице 4, является отражением пищевого режима исследуемых технологий.

Из полученных данных видно, что самая высокая урожайность отмечена при возделывании пшеницы по мелиоративной технологии. Прибавка относительно контроля составляет 19,3 ц/га или 36,6 %.

При выращивании пшеницы по базовой технологии удалось получить прибавку относительно контроля в 11,0 ц/га или 20,8 %, но при этом в сравнении с биологизированной технологией снижение в урожайности составило 5,3 ц/га. Из этого можно сделать вывод, что внесение органики с заделкой корнеплодных остатков с идентичной обработкой почвы способствует значительной прибавке в урожайности зерна. Данные по урожайности представлены в (таблице 4).

Таблица 4. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, ц/га

Технология	Урожайность, ц/га		
	2019 г.	2020 г.	среднее
Экстенсивная 1 (к)	49,1	53,4	52,8
Экстенсивная 2	45,4	50,2	47,8
Энергоресурсосберегающая	57,7	51,5	54,6
Базовая	68,9	63,7	63,8
Экологически допустимая	64,4	68,2	66,3
Мелиоративная	75,9	68,3	72,1
Биологизированная	66,7	71,5	69,1
НСР ₀₅	2,7	2,2	2,4

Следует отметить, что получение достаточно высоких урожаев озимой пшеницы на технологиях без внесения удобрений вышло добиться благодаря предшествующей культуре, которой является люцерна второго года жизни.

Дисперсионный анализ показал существенные различия при включении лет исследований в виде первого исследуемого фактора (фактор А) в доле участия формирования урожайности (рис. 2).

При математической обработке данных отмечены существенные изменения как относительно контрольного варианта, так и в сравнении вариантов между собой.

Самые низкие показатели урожайности были отмечены на технологии экстенсивная 2. Снижение урожайности относительно контрольного варианта составило 5,0 ц/га или 9,5 %. Данное снижение обусловлено переуплотнением почвы из-за поверхностной обработки почвы вследствие чего возникло ухудшение водно-воздушного режима почвы.

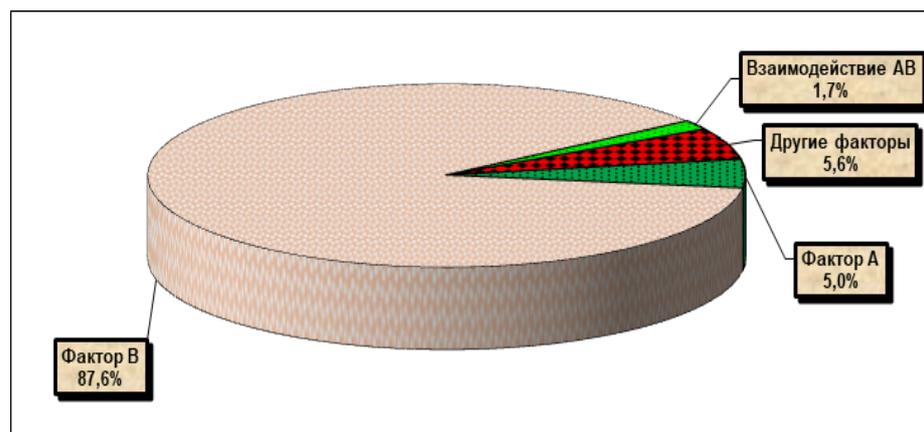


Рисунок 2. Доля участия исследуемых факторов: А (годы исследований), В (технология) в формировании урожая зерна озимой пшеницы, % (2019–2020 гг.)

Выводы. Из выше сказанного следует, что питательный режим имеет фундаментальное значение в получении высоких и стабильных урожаев озимой пшеницы. Так же было отмечено снижение урожайности на технологиях с нарушением агрофизических свойств почвы. Технологии базирующиеся на комплексном внесении удобрений оказали наиболее положительный эффект на урожай зерна пшеницы. На некоторых вариантах к концу вегетации разница между содержанием элементов питания была более чем в два раза. Таким образом, совместное внесение органических и минеральных удобрений способствует получению высоких урожаев зерна и оптимизации пищевого режима почвы.

Список использованных источников:

1. Асроров, У. Б. Влияние технологии возделывания пшеницы на содержания гумуса в почве / У. Б. Асроров, Т. Д. Федорова, Е. Н. Ничипуренко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. В 3-х частях, Краснодар, 01 марта 2022 года / Отв. за выпуск А.Г. Кошчаев. Том Часть 1. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 9–12.

2. Макаренко, А. А. Моделирование и оптимизация режима орошения полевых культур на уровне севооборо-

List of sources used:

1. Asrorov, U. B. Influence of wheat cultivation technology on the humus content in the soil / U. B. Asrorov, T. D. Fedorova, E. N. Nichipurenko // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on materials of the 77th scientific – a practical conference of students based on the results of research for 2021. In 3 parts, Krasnodar, March 01, 2022 / Rep. for the release of A.G. Koshchaev. Volume Part 1. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2022. – pp. 9–12.

2. Makarenko, A. A. Modeling and optimization of the irrigation regime of field crops at the level of crop rotations and fields,

тов 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.

3. 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. – EDN UKVMTP.

4. 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.

5. 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. – DOI 10.21515/1999–1703–106–104–115.

6. Влияние системы удобрений на высоту озимой пшеницы сорта граф в Центральной зоне Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, Д. В. Горобец, Ш. Ю. Чимидов, Т. Д. Федорова // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы XI Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 23–24 июня 2021 года.

taking into account meteorological factors / A. A. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 191. – P. 238–253.

3. 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). – pp. 63–71. – EDN UKVMTP.

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

5. Kokovikhin, S. V. The influence of climate changes and weather conditions on the yield of winter wheat in the conditions of the Central zone of the Краснодар Territory / S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko, A. A. Magomedtagirov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 106. – P. 104–115. – DOI 10.21515/1999–1703–106–104–115.

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

Том 2021–1. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. – С. 71–76.

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

8. 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. – DOI 10.21515/1999–1703–102–110–113.

9. Влияние системы удобрений на высоту озимой пшеницы сорта Граф в центральной зоне Краснодарского края / Д. В. Горобец, Е. Н. Ничипуренко, Ш. Ю. Чимидов, Т. Д. Федорова // 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

Stolypin, 2021. – pp. 71–76.

7. The influence of basic tillage on the weediness of winter wheat crops in the central zone of the Krasnodar Territory / Sh. Yu. Chimidov, E. N. Nichipurenko, V. P. Vasilko [etc.] // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on materials 76th scientific and practical conference of students based on the results of research for 2020. In 3 parts, Krasnodar, March 10–30, 2021 / Rep. for the release of A.G. Koshchaev. Volume Part 1. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2021. – pp. 61–64.

8. Vasilko, V.P. Dynamics of the main parameters of the agrochemical properties of leached chernozem in the flat agricultural landscape of the central zone of the Krasnodar Territory depending on the system of basic soil cultivation / V.P. Vasilko, A.A. Makarenko, A.A. Magomedtagirov // Proceedings Kuban State Agrarian University. – 2022. – No. 102. – P. 110–113. – DOI 10.21515/1999–1703–102–110–113.

9. The influence of the fertilizer system on the height of winter wheat variety Graf in the central zone of the Krasnodar region / D. V. Gorobets, E. N. Nichipurenko, Sh. Yu. Chimidov, T. D. Fedorova // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles on materials of the 76th scientific and practical conference of students based on the results of research for 2020. In 3 parts, Krasnodar, March 10–30, 2021 / Rep. for the release of A.G. Koshchaev. Volume Part 1. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2021. – pp. 8–10.

10. Efficiency of using nitrogen fertilizers for winter wheat in early spring

имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 8–10.

10. 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. – DOI 10.21515/1999–1703–89–54–59.

11. Влияние биологизированных технологий на биометрические показатели озимой пшеницы сорта Граф в условиях Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова, К. В. Иващенко [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 191. – С. 173–183. – DOI 10.21515/1990–4665–191–028.

12. Ничипуренко, Е. Н. Влияние биологизированных технологий на показатели плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы сорта Граф в условиях Северного Предкавказья / Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова, К. В. Иващенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 190. – С. 59–69. – DOI 10.21515/1990–4665–190–009.

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

14. Коковихин, С. В. Эффективность использования орошения при выращивании сельскохозяйственных культур в

feeding on leached chernozem / А. М. Kravtsov, А. V. Zagorulko, N. N. Kravtsova, А. А. Makarenko // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2021. – No. 89. – P. 54–59. – DOI 10.21515/1999–1703–89–54–59.

11. The influence of biologized technologies on the biometric indicators of winter wheat variety Graf in the conditions of the Krasnodar region / E. N. Nichipurenko, T. D. Fedorova, K. V. Ivashchenko [etc.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 191. – P. 173–183. – DOI 10.21515/1990–4665–191–028.

12. Nichipurenko, E. N. The influence of biologized technologies on soil fertility indicators and the yield of winter wheat variety Graf in the conditions of the Northern Ciscaucasia / E. N. Nichipurenko, T. D. Fedorova, K. V. Ivashchenko // Polythematic network electronic scientific journal Kuban State Agrarian University. – 2023. – No. 190. – P. 59–69. – DOI 10.21515/1990–4665–190–009.

13. Makarenko, A. A. Modeling of irrigated crop rotations using environmental, reclamation and economic parameters of agricultural enterprises / A. A. Makarenko, S. V. Kokovikhin, E. S. Boyko // News of Agricultural Science of Tavrida. – 2023. – No. 36(199). – P. 6–20.

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

15. Bazaliy, V.V. Statistical

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.

15. 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.

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

17. Слюсарев, В. Н. К вопросу оздоровления черноземов выщелоченных Прикубанской низменности / В. Н. Слюсарев, А. А. Макаренко // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ, Ставрополь, 04–05 октября 2018 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2018. – С. 222–223.

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.

16. Tuchapsky, Yu. A. Moisture as a factor in the formation of grain yield of winter barley in the Krasnodar region / Yu. A. Tuchapsky, A. S. Naidenov, A. A. Makarenko // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on materials from X All-Russian conference of young scientists dedicated to the 120th anniversary of I. S. Kosenko, Krasnodar, November 26–30, 2016 / Rep. per issue A. G. Koshchaev. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2017. – pp. 908–909.

17. Slyusarev, V. N. On the issue of improving the leached chernozems of the Kuban lowland / V. N. Slyusarev, A. A. Makarenko // Theoretical and technological foundations of biogeochemical flows of substances in agricultural landscapes: Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of Stavropol State Agrarian University, Stavropol, October 04–05, 2018. – Stavropol: Limited Liability Company "SEQUOYA", 2018. – pp. 222–223.

18. Tarasenko, B. I. Soil cultivation / B. I. Tarasenko, N. I. Bardak, A. A. Makarenko. – 3rd edition, revised and expanded. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2021. – 162 p. – ISBN 978–5–907474–79–6.

18. Тарасенко, Б. И. Обработка почвы / Б. И. Тарасенко, Н. И. Бардак, А. А. Макаренко. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – 162 с. – ISBN 978-5-907474-79-6.

19. Изучение продуктивности и качества сортов пшеницы двуручки при посеве в озимый и яровой сроки / Т. Л. Ганоцкая, Н. Н. Нешчадим, А. В. Коваль [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 168. – С. 288–303.

20. Урожайность озимой пшеницы сорта Граф в зависимости от гранулометрического состава чернозема выщелоченного в низинно-западинном агроландшафте центральной зоны Краснодарского края / Т. Д. Федорова, Е. Н. Ничипуренко, Д. В. Горобец, Ш. Ю. Чимидов // 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. 56–58.

19. Study of the productivity and quality of two-handed wheat varieties when sowing in winter and spring / T. L. Ganotskaya, N. N. Neshchadim, A. V. Koval [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University . – 2021. – No. 168. – P. 288–303.

20. Yield of winter wheat variety Graf depending on the granulometric composition of leached chernozem in the lowland-western agrolandscape of the central zone of the Krasnodar Territory / T. D. Fedorova, E. N. Nichipurenko, D. V. Gorobets, Sh. Yu. Chimidov // Scientific provision of the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 76th scientific and practical conference of students based on the results of research for 2020. In 3 parts, Krasnodar, March 10–30, 2021 / Rep. for the release of A.G. Koshchaev. Volume Part 1. – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2021. – pp. 56–58.

Сведения об авторах:

Евгений Николаевич Ничипуренко – старший преподаватель кафедры общего и орошаемого земледелия Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский

Information about authors:

Evgeniy Nikolaevich Nichipurenko – senior lecturer at the department of general and irrigated agriculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after

государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»;

Тамара Дмитриевна Федорова – студентка Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

I.T. Trubilina";

Tamara Dmitrievna Fedorova is a student at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin."

УДК 630*237:631.417.1

**АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ И
МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССОВ НАКОПЛЕНИЕ
УГЛЕРОДА В ЭКОСИСТЕМАХ
КРЫМА****AGROFORESTRY
RECLAMATION AND MODELING
OF CARBON ACCUMULATION
PROCESSES IN CRIMEAN
ECOSYSTEMS.**

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

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

В данной статье освещается моделирование процессов накопления CO₂ в экосистемах Крыма, так же большое внимание уделяется вопросу исследования метода идентификации для отдельных элементов (звеньев) объекта с дальнейшим их объединением. В данной статье происходит освещение моделирования процессов поглощения диоксида углерода наземной биомассой плодовыми смешанными лесами и растительностью естественных пастбищ или живой биомассой под землей в почве (корни и микроорганизмы). Отдельное внимание в данной статье уделяется вопросу сельскохозяйственной деятельности человека, которая вносит значительный вклад в кругооборот диоксида углерода в атмосфере Земли.

Ключевые слова: агролесомелиорация, смешанные плодовые леса, накопление углерода в экосистемах, стабильные микроагрегаты.

This article highlights the modeling of CO₂ accumulation processes in the ecosystems of the Crimea, as well as great attention is paid to the issue of investigating the identification method for individual elements (links) of an object with their further unification. This article highlights the modeling of carbon dioxide uptake processes by terrestrial biomass, fruit mixed forests and vegetation of natural pastures, or living biomass underground in the soil (roots and microorganisms). Special attention in this article is paid to the issue of human agricultural activity, which makes a significant contribution to the circulation of carbon dioxide in the Earth's atmosphere.

Keywords: mixed fruit forests, carbon accumulation in ecosystems, forest reclamation, stable microaggregates.

Введение. Для достижения ожидаемых национальных целей, связанных с Парижским соглашением по климату, которое устанавливает глобальные рамки для предотвращения опасных изменений климата путем ограничения потепления менее чем на 2 °С, необходимы основанные на природе климатические

решения (Организация Объединенных Наций, 2015 г.)

Сельскохозяйственная деятельность человека вносит значительный вклад в кругооборот двуокиси углерода в атмосфере Земли. Связывание углерода можно определить как удаление CO_2 из атмосферы (источник) в зеленые растения (поглотитель), где она может храниться неограниченное время. Этими поглотителями может быть наземная биомасса (деревья), кустарники и травянистые растения, или живая биомасса под землей в почве (корни и микроорганизмы), или в более глубоких подповерхностных средах [1].

Леса можно рассматривать как основные поглотители атмосферного углекислого газа, снижающего его концентрацию. Следовательно, важно, полностью понимать специфичные сложности углеродного цикла: во-первых, для стратегического проектирования программ по мониторингу и экспериментам; во-вторых, для разработки концептуализации целей моделирования программ по сокращению выделения CO_2 .

Исследовать взаимодействие разнообразных факторов, определяющих структуру и особенности существования природных систем, возможно только при помощи математических методов и методов математического моделирования. Учитывая, что невозможно точно описать биологическое явление или процесс (а оказалось, что в этом и нет необходимости, т. к. всегда интересуют только конкретные вопросы), для каждого явления или процесса можно построить в принципе неограниченное количество моделей, как разного уровня детализации, так и с использованием различных методов и подходов. Поэтому каждая модель должна быть построена для решения конкретного круга задач [2].

Эти противоречия в динамике CO_2 возникают из-за сложных взаимодействий различных компонентов, в системе почва-растения-атмосфера. Учитывая решающую роль, которую биологические процессы играют в управлении биогеохимическими и физиологическими процессами растений, совместное представление этих трех компонентов имеет решающее значение для объяснения сложности процессов круговорота углерода и снижение его в экосистеме.

Наземные экосистемы изменяют баланс углерода в атмосфере главным образом на границе раздела биосфера-атмосфера-почва посредством экофизиологических, гидрологических и биогеохимических процессов. Эти три класса процессов имеют сильные взаимодействия, и между ними непрерывно происходит обмен массой углерода и энергией. Сложность с которой происходят эти взаимодействия, существенно различается в различных масштабах в пространственной и временной областях. Например, сложность в небольшом пространственном масштабе различается от направления деятельности человека в объёмном сельскохозяйственном производстве или лесном хозяйстве.

Наземные экосистемы осуществляют баланс углерода в атмосфере с помощью многих механизмов. Они играют важную роль в поглощении атмосферного углерода. Однако необходимы точные оценки изменений регионального и глобального масштаба в земной биосфере для лучшего понимания антро-

погенного воздействия на глобальный климат и его прямых последствий для социальных, экономических и геополитических аспектов. В первозданных наземных экосистемах, в более коротких временных масштабах, они контролируются в основном такими процессами, как фотосинтез и дыхание.

Климат меняется, и основная причина (по мнению многих учёных), по которой он меняется, связана с повышением уровня углекислого газа в атмосфере, вызванным деятельностью человека. Чтобы предотвратить повышение температуры до опасного уровня, необходимо изолировать этот CO_2 , и один из лучших способов сделать это - обратиться за помощью к природе.

Вместе с тем, в природе имеются сложности кругооборота CO_2 на временном этапе и может сильно отличаться от годовых или десятилетних временных масштабов, когда необходимо учитывать такие процессы, как фенология и экологические последовательности. Таким образом, масштаб является важным вопросом, который необходимо определить, прежде чем исследовать природу сложности кругооборота CO_2 . По-нашему мнению из-за сложности кругооборота CO_2 в больших экосистемах рациональным является рассматривать накопление CO_2 в небольших моделях.

Материалы и методы исследования. Хотя существует множество гипотез физиологического механизма контроля относительно кругооборота CO_2 , считаем, что наиболее приемлемым является моделирование процессов накопления углерода в определённых экосистемах и в конкретных почвенно-климатических условиях. Качество моделей, то есть их адекватность реальным процессам, необходимо определять не только набором входных величин, но и выбранной формой связи. Не существует моделей, которые могли бы отобразить все разнообразие условий, факторов и взаимосвязей реального явления. Поэтому предложено рассматривать только наиболее существенные из них. Изучение и выявление закономерностей изменения результативных величин в модели будет важным условием обеспечения адекватности ее реальным условиям.

Альтернативным способом предлагается рассмотреть модель («лесомелиорация») Сама модель также является системой, превращающей некоторый набор ресурсов на входе в выходные результаты (связи между ними разнообразны и, как правило, носят статистический характер). В общем случае результативные величины (y) можно рассматривать как некоторые функции от входных данных (x): $y = F(x)$.

Для тщательной оценки эффективности моделей углеродного цикла и количественной оценки их неопределенностей необходимо понимание экологических процессов проходящих изменений внешней среды, так как структура моделей может стать более всеобъемлющей и сложной

Целью использования разрабатываемых моделей является прогноз различной заблаговременности и оперативное управление.

Результаты и обсуждение. Агробиологическим процессам присуща большая инерционность (запасы влаги в почве не могут измениться мгновенно,

растения слабо реагируют на изменения метеофакторов, если они не выходят за определенные пределы, динамика CO_2 изменчива во времени и пространстве), поэтому, даже учитывая невозможность прогноза природных факторов на длительный срок, можно вырабатывать те или иные прогнозы, несмотря на достаточно сильную их изменчивость. А при использовании возможности заранее «проиграть» все ситуации, которые могут возникнуть в дальнейшем, полученная модель может предоставить такую информацию для выработки управленческих решений, получить которую иным способом невозможно.

Кроме того, вследствие возможности исследования условий, которые по каким-либо причинам нельзя наблюдать в действительности, математическая модель стала неотъемлемой составляющей в научно-исследовательских и практических работах в области сельского и лесного хозяйства [2].

Одна из задач статистического моделирования – выявить количественную меру влияния того или иного фактора (или их комплекса) на результаты. В статистическом моделировании процессов чаще всего приходится иметь дело с корреляцией признаков. При этом закономерность связи между признаками проявляется как тенденция, нарушаемая влиянием множества случайных процессов, т. е. изменение факторного признака на определенную величину сопровождается не строго определенными изменениями результативного признака.

При изучении взаимосвязей между признаками необходимо решать такие задачи: определять, существует ли связь между изучаемыми факторами среды и динамикой углерода; определять, какова количественная мера этих связей; определять, какова аналитическая форма выражения этих связей; определять, какова надежность найденных закономерностей и определять, каковы возможности использования параметров уравнения для решения практических задач при разработке моделей.

У моделей есть свои плюсы и минусы, связанные со структурой земельного фонда РК (табл. 1).

Таблица 1. Структура земельного фонда АР Крым

Земельный фонд	Площадь, тыс. га	Соотношение к общей площади АРК, %
Земельный фонд	2608,1	100
Лес	340,0	13,0
С/х угодья, в том числе	1797,9	68,9%
Пашня	1267,6	70,5
Залежи	11,6	0,6
Многолетние насаждения	78,4	4,4
Сенокосы	2,0	0,1
Пастбища	438,3	24,4
Земли рекомендуемые под плодовые смешанные леса	200,0	11,1

Влияние посадки смешанных плодовых лесов на 7 отдельных участках по Республике Крым для снижения выбросов CO₂.

Расширение площадей древесной растительности на основе агролесомелиорации на неиспользованных в сельскохозяйственном производстве низко-плодородных эродированных земель задача особо важная. Эти земли подвержены эрозии, в результате из почвенно-поглощающего комплекса удаляется в атмосферу углерод.

Агролесомелиорация является привлекательным вариантом снижения выбросов углерода, поскольку она удерживает углерод в растительности и почве. Компоненты деревьев в системах агролесомелиорации могут быть значительными поглотителями атмосферного углерода из-за их быстрого роста и высокой продуктивности. Путем включения деревьев в сельскохозяйственное производство систем, агролесомелиорация, возможно, может увеличить количество углерода, накапливаемого на землях, предназначенных для массовой посадки смешанных плодовых лесов [3].

Реально хранение углерода в растительной биомассе возможно только в системах многолетнего цикла агролесомелиорации, которые обеспечивают полноценный рост деревьев и где древесный компонент составляет важную часть общей биомассы накапливающих в древесине, ветвях и листьях до 30% углерода.

Площадь лесов в Республике Крым составляет 340 тыс. гектаров, что составляет 13% от общего земельного фонда. Большая часть лесов произрастает на юге, в горной части Крыма. На склонах Крымских гор преобладают дубравы, буково-грабовые леса, встречаются густые можжевельниковые заросли и хвойные лесонасаждения. Самые распространенные породы в крымских лесах – это дуб, сосна, бук и граб [4].

Леса являются наиболее значительным наземным резервуаром углерода, содержащим 77% всего углерода, накопленного в растительности и накапливая примерно в два раза больше углерода, чем в атмосфере. Молодой лес при быстром росте может поглощать относительно большие объемы дополнительного углерода, примерно пропорциональные приросту биомассы леса.

Старовозрастной лес действует как резервуар, удерживающий большие объемы углерода, даже если в нем не наблюдается чистого прироста. Таким образом, молодой лес содержит меньше углерода, но со временем он поглощает дополнительный углерод. Старый лес, как считает Sedjo (2001), возможно, не улавливает никакого нового углерода, но может продолжать удерживать большие объемы углерода в качестве биомассы в течение длительных периодов времени. Управляемые леса дают возможность влиять на темпы роста лесов и обеспечивать полное их накопление, и то, и другое позволяет в большей степени связывать углерод [5].

Эти важные особенности молодых лесов (по предлагаемой модели «агролесомелиорации – плодовые смешанные леса) позволят в ежегодном приросте сохранять накопления углерода.

Управление лесами в целях связывания углерода привело бы к относитель-

ному увеличению запасов углерода, удерживаемого в лесной экосистеме, по сравнению с тем, что произошло бы при отсутствии такого целенаправленного управления. Увеличение запасов углерода могло бы быть достигнуто в результате увеличения лесной биомассы и в результате увеличения углерода непосредственно в лесной почве.

Предполагается, что первоначальное сокращение выбросов в результате деятельности по агролесомелиорации и землепользованию обойдется существенно дешевле, чем сокращение выбросов в других секторах промышленности.

Предложенная модель имитирует естественные процессы на земле и, следовательно, имеет преимущества и для дикой природы.

Недавнее исследование также показало, что более сложная структура леса увеличит поглощение углерода [5].

В этом материале рассматривается ход исследований и математические методы для объединения моделей и наблюдений за земным углеродным циклом, цель которых - дать представление о будущих исследованиях.

Углерод, содержащийся в деревьях, составляет в среднем 5,5 кг углерода на квадратный метр древесины, 51% этого количества приходится на живые срезы деревьев, 24% из которых приходится на другую надземную древесину, 17% - на корни, 6% - на сухостой и 3% - на листья. Дерево 10-летнего возраста может поглощать до 20 кг CO₂ в год [6].

Считать деревья, как поглотители углерода в лесах - значит сильно упрощать ситуацию. В глобальном масштабе примерно 69% лесного углерода хранится в почве, и только 31% - в биомассе деревьев. Таким образом, почвенно-поглощающий комплекс является очень важным поглотителем углерода в любом лесу.

В настоящее время в почвах накапливается в два раза больше углерода, чем в атмосфере [7].

Количество поглощаемого деревом углерода варьируется в зависимости от вида, и скорость, с которой поглощается углерод, также меняется с течением времени.

Быстрорастущие породы деревьев будут поглощать больше углерода в первые годы, поскольку они быстро растут, но эти деревья, как правило, живут не так долго, как некоторые медленно растущие деревья. Медленно растущие деревья, которые не поглощают столько углерода в первые годы, со временем вырастают до больших размеров и, как правило, живут гораздо дольше. В идеале нам нужно быстрорастущее дерево, которое живет долго, но это практически невозможно, потому что для достижения стабильности дерево должно медленно накапливать массу.

В связи с этим предлагается создавать смешанные плодовые леса «агролесомелиорации» с разными породами деревьев, в зависимости от почвенно-климатических условий и биологией пород деревьев.

На основании глубоких исследований составлены картосхемы для размещения «лесомелиоративных» смешанных плодовых лесов в регионах Крыма. По модели

№1, учитывая почвенно-климатические и экологические особенности, в посадках необходимо высаживать культуры характерные для определённого региона.

Почвы предлагаемых зон, которые рассматриваются для «агромелиорации», низкого естественного плодородия, ранее использовались для выращивания полевых культур, однако в последние годы эти почвы вообще прекратили обрабатывать.

Исследования, проведенные в последние годы, показали, что такие участки заброшенной пашни зарастают в первую очередь сорной растительностью, которая конкурентная за условия выживания, чем культурные и пастбищные растения. Выращивание в условиях постоянного подорожания средства производства и энергоносителей на этих землях с низким естественным плодородием почвы экономически не рационально. Кроме того, часть земель имеют сложный рельеф, подвержены эрозийным процессам и стали не пригодны для сельскохозяйственного производства. Таких земель в Крыму около 200 тыс. га. (рис.1).

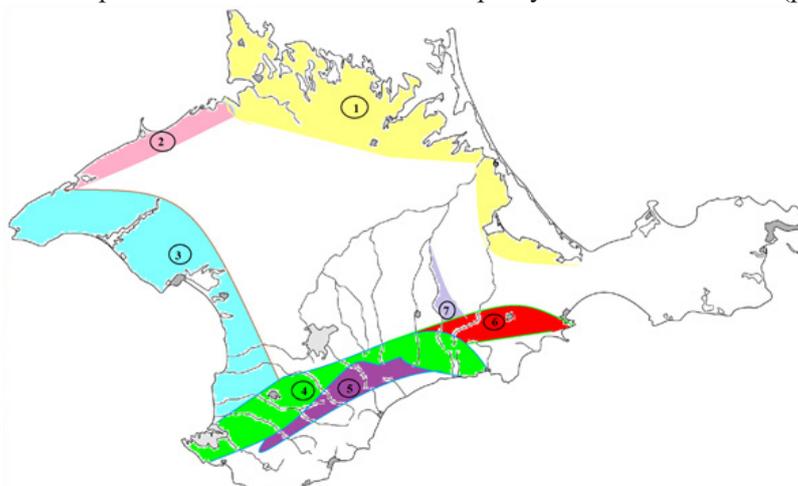


Рисунок 1. Природно-климатические условия пригодные под посадку смешанных плодовых лесов.

Природно-климатические условия пригодные под посадку смешанных плодовых лесов в этих семи зонах различны. В каждой зоне имеется разнообразие и почв, и рельефа, и температурного режима, и осадков. Поэтому для каждой зоны нами, на основе изучения имеющихся исследований, разработан целый перечень плодовых культур, устойчивых к биотическим и абиотическим условиям среды.

Породы деревьев рекомендуемые в природно-климатических зонах:

1. Территория Присивашского района Крыма – Абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca*), Алыча (*Prunus cerasifera*), Софора японская (*Styphnolobium japonicum*) Лох серебристый (*Elaeagnus commutata*) Белая акация (*Robinia pseudoacacia*), Гледичия (*Gleditschia*), Миндаль обыкновенный (*Amygdalus communis L.*), Орех грецкий (*Juglans regia*).

2. Территория Тарханкутского района Крыма. Миндаль обыкновенный

(*Amygdalus communis* L.), Зизифус (*Ziziphus jujuba* Mill.), Вишня (*C. mahaleb*), Алыча (*Prunus cerasifera*), Абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca*), Сосна Палласа (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*), Белая акация (*Robinia pseudoacacia*).

3. Территория Сакского района Крыма. Алыча (*Prunus cerasifera*), Абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca*), Белая акация (*Robinia pseudoacacia*), Гледичия (*Gleditschia*), Персик (*Prunus pérsica*), Миндаль обыкновенный (*Amygdalus communis* L.), Зизифус (*Ziziphus jujuba* Mill.), Вишня (*C. mahaleb*), Черешня (*Prunus ávium*), Свидина южная (*Swida (Thelycrania) australis*).

4. Бахчисарайского района Крыма. Лещина обыкновенная или фундук (*C. avellana*), Орех грецкий (*Júglans régia*), Кизил обыкновенный (*Cornus Mas* L.), Свидина южная (*Swida (Thelycrania) australis*), Миндаль обыкновенный (*Amygdalus communis* L.), Шиповник майский, или коричный (*Rosa majalis* Herrm. = *Rosa cinnamomea* L.), Орех грецкий (*Júglans régia*), Абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca*), Алыча (*Prunus cerasifera*), Персик (*Prunus pérsica*), Черешня (*Prunus ávium* L.), Хурма (*Diōspyros*).

5. Территория Севастопольского района Крыма. Сосна Палласа (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*), Белая акация (*Robinia pseudoacacia*), дуб, Миндаль обыкновенный (*Amygdalus communis* L.), Шиповник собачий (*Rosa canina*), Орех грецкий (*Júglans régia*), Лещина обыкновенная или фундук (*C. avellana*), Кизил обыкновенный (*Cornus Mas* L.), Свидина южная (*Swida (Thelycrania) australis*), Абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca*), Алыча (*Prunus cerasifera*), Персик (*Prunus pérsica*), Черешня (*Prunus ávium* L.), Хурма (*Diōspyros*).

6. Территория Феодосийского района Крыма. Черешня (*Prunus ávium* L.), Фундук (*C. avellana*), Свидина южная (*Swida (Thelycrania)*), Абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca*), Алыча (*Prunus cerasifera*), Миндаль обыкновенный (*Amygdalus communis* L.), Шиповник собачий (*Rosa canina*), Алыча (*Prunus cerasifera*), кизил, Хурма (*Diōspyros*), Шелковица (*Morus*), Сосна Палласа (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*), Белая акация (*Robinia pseudoacacia*), Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), Миндаль обыкновенный (*Amygdalus communis* L.), Боярышник (*Crataégus*).

7. Территория Кировского района Крыма. Белая акация (*Robinia pseudoacacia*), Абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca*), Алыча (*Prunus cerasifera*), Боярышник (*Crataégus*), Хурма (*Diōspyros*), Зизифус (*Ziziphus jujuba* Mill.), Сосна Палласа (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*), Черешня (*Prunus ávium* L.), Белая акация (*Robinia pseudoacacia*).

Правильное моделирование, проектирование и управление такими агролесомелиоративными (или семейными лесными хозяйствами) плантациями может увеличить темпы накопления биомассы, делая их эффективными поглотителями углерода.

Кроме того, количество биомассы и углерода, которые собираются и "экспортируются" из системы, относительно невелико по отношению к общей продуктивности дерева (как в случае затененных многолетних систем). Таким

образом, в отличие от древесных плантаций и других систем монокультуры, агролесомелиорация, по-видимому, обладает уникальным преимуществом с точки зрения связывания углерода.

Поскольку агролесомелиорацией в предлагаемых районах будут заниматься в основном фермеры и семейные хозяйства, ведущие натуральное хозяйство, для этих фермеров существует привлекательная возможность извлечь экономическую выгоду из агролесомелиорации помимо связывания CO_2 . Системы агролесомелиорации могут также косвенно влиять на связывание углерода, уменьшая нагрузку со стороны естественных лесов.

Экономически-организационные мероприятия агролесомелиорации.

Основываясь на темпах роста деревьев Schroeder, (1994) считает соотношение биомассы ствола дерева к содержанию углерода 1:2 (т.е. предполагается, что 50% древесины ствола составляет углерод), среднее накопление углерода в модели агролесомелиорации, в полусасушливых регионах возрастёт [6].

Посадку плодовых лесов методом агролесомелиорации предлагается производить за счёт бюджетных источников комитетом по лесному хозяйству РК. После высадки посадки передаются в аренду населению, которое проживает рядом на 15 лет. Арендная плата - уход за этими насаждениями. Это принципиально, потому что бесхозные посадки не выживут. Если же отдать посадки людям в аренду, под договор и ответственность, то через два-три года ухода они смогут собирать плоды и распоряжаться ими по своему усмотрению. Один гектар фундука, зизифуса, хурмы и миндаля по нашим расчетам, приносит около 1000 долларов. Таким образом, в этих районах закрепляется население, обеспечиваем его занятость, получаем продукцию, которая пользуется высоким спросом везде.

Арендной платой за пользование продукцией, полученной с этих насаждений, будет считаться агротехнический уход за насаждениями, а в случае неудовлетворительного ухода - посадки передаются другому арендатору. Особое внимание можно уделить тем слоям населения, которое по тем или иным причинам не имеет земельных паёв. Ответственность за насаждениями и их сохранностью в этих случаях ложится конкретно на арендаторов.

Моделирование накоплением запасов углерода в почве в смешанных плодовых лесах.

Почва является очень важным поглотителем углерода. Разные типы почв поглощают не одинаковое количество двуокси углерода. Таким образом, деревья следует сажать на почвах, которые достаточно плодородны для поддержания роста и развития деревьев, но содержат низкий уровень углерода, чтобы в полной мере ощутить поглотительную пользу от деревьев.

Термин «связывание углерода в почве» подразумевает удаление атмосферного CO_2 растениями и хранение фиксированного углерода в виде органического вещества почвы. Стратегия заключается в увеличении плотности органического углерода (SOC) в почве, улучшении распределения органического углерода

почвы по глубине и стабилизации органического углерода почвы в стабильных микроагрегатах, чтобы углерод был защищен от микробных процессов или как стабилизированный углерод с длительным временем оборота. Связывание углерода в почве также увеличивает запасы органического углерода почвы благодаря разумному землепользованию и рекомендуемым методам управления [7].

В нашей, предлагаемой модели по накоплению запасов углерода в почве в смешанных плодовых лесах также подсчитано, что около 200 тыс. га непродуктивных земель могут быть преобразованы в агролесомелиорацию, что потенциально позволит изолировать большое количество углерода

Воздействие любой системы агролесомелиорации на связывание углерода в почве в значительной степени зависит от количества и качества вклада, вносимого древесными и не древесными компонентами системы, а также от свойств самих почв, таких как структура почвы и её строение.

Например, при создании лесопастбищных систем, когда деревья выращиваются на землях с преобладанием травы. Посадка деревьев проводится с сохранением травянистого покрова без предварительного глубокого рыхления почвы, под ямо-буры. При этом неизбежны некоторые функциональные последствия, в первую очередь изменения общей продуктивности надземной и подземной части почвы, изменения глубины и распределения корней, а также изменения количества и качества травянистого компонента.

Эти изменения в компонентах растительности, деревьев, подстилке и характеристиках почвы изменяют динамику и накопление углерода в экосистеме; что, в свою очередь, может привести к изменениям местного и регионального климата

Гумификация (превращение биомассы в гумус), агрегация (образование органоминеральных комплексов в виде вторичных частиц), перемещение биомассы в подпочву глубокими корнями и вымывание почвенного неорганического углерода в грунтовые воды в виде бикарбонатов - это процессы, которые приводят к связыванию органического углерода почвы.

Все эти процессы функционируют в системах землепользования, основанных на потенциальной способности почвы поглощать углерод в управляемых экосистемах и приблизительно равна совокупной оценке потерь углерода.

Достижимая способность почвы поглощать углерод составляет всего от 50 до 66% от потенциальной мощности. Стратегия улавливания углерода в почве является экономически эффективной и безвредной для окружающей среды [8].

Запасы органического углерода в почвах России оценивались почвоведом и ранее на основании параметров типичных почвенных профилей или усредненных значений из баз данных измеренных показателей. Территориальное размещение почв в подобных работах учитывалось на основе существующих вариантов районирования: экологического, административного, лесорастительного, а также почвенных карт различного масштаба.

Щепашенко Д. Г. и др. (2013) отмечают, что база типичных почвенных про-

филей содержит описание почвенных характеристик (мощность горизонтов, содержание ОВ, плотность) и диапазон их возможного варьирования для каждого типа почв.

Используя материалы этой базы данных, имеется возможность рассчитать в предлагаемых моделях минимальные и максимальные запасы органического углерода по следующему уравнению:

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{H_i K_{Ci} (100 - K_{Si})}{100 \cdot 100} D_i L_i K_{мет} 10 \right)$$

где C – запасы почвенного углерода для слоя почвы 1 м или подстилки, кг/м²; n – число горизонтов в почвенном профиле; H_i – содержание ОВ конкретного почвенного горизонта, %; K_{Ci} – со держание углерода в ОВ, %; K_{Si} – каменность горизонта, %; D_i – плотность горизонта, г/см³; L_i – мощность горизонта, см; $K_{мет}$ – поправочный коэффициент относительно метода определения содержания ОВ по Тюрину; 10 – коэффициент перевода г/см² в кг/м² [9].

В ряду современных моделей, описывающих процессы в почвах, отдельно стоят модели, которые рассматривают почву как биохимический реактор. Такие модели хорошо удовлетворяют требования описания трансформации органического вещества в почве, включая накопление и разложение углерода, накопления и выделения двуокиси углерода, и другие подобные процессы. Например, при исследовании различных экологических систем позволяющую нам возможность построить модель, описывающая динамику СО₂ в почве.

Это позволит определить запасы почвенного углерода почвы в исследовании «Модель первая – возможности посадки лесных насаждений на 7 отдельных участках по Республике Крым для снижения выбросов СО₂».

Иногда построение моделей совершают при помощи метода идентификации для отдельных элементов (звеньев) объекта с дальнейшим их объединением. Причем сложность модели (учитывая необходимую детализацию описания процесса или моделируемого объекта) определяют задачами, которые будут решаться при помощи этих моделей. Наша «Модель», при сборе необходимых данных, может предсказать объёмы накопления углерода из атмосферы в почву за определённый период времени.

Наибольшее распространение получил подход к построению моделей на основании различных модификаций математических моделей переноса веществ в почве и применения теоретически полученных уравнений, выражающих фундаментальные свойства системы "почва — вещество — растение". В качестве вещества в этой триаде будет выступать двуокись углерода. Все модели такого типа применяют системный подход, то есть состоят из связанных между собой блоков, которые, как правило, включают только детерминированные переменные и моделируют отдельные процессы [2].

Вместе с тем, деградация почвы снижает продуктивность биомассы, уменьшает количество и качество биомассы, возвращаемой в почву, и, как следствие, снижает запасы органического углерода почвы. Среди всех процес-

сов деградации почвы ускоренная эрозия почвы оказывает наиболее серьезное воздействие на запасы органического углерода почвы [10].

Знание влияния процессов эрозии на динамику запасов органического углерода почвы и понимание судьбы углерода, перемещаемого процессами эрозии, имеет решающее значение для оценки роли эрозии в выбросах парниковых газов в атмосферу. Следовательно, внедрение природоохранных эффективных систем и разумное управление эрозией почв в смешанных плодовых лесах имеют решающее значение для поддержания и увеличения накопления органического углерода почвы.

Таким образом, закладка смешанных плодовых лесов и лесных полос расположенных в семи агроклиматических районах, и научное сопровождение всего комплекса работ от закладки до промышленной эксплуатации насаждений позволят создать высокорентабельное производство и повысить усвоение двуокиси углерода [11].

Исследования моделирования показали, что механизмы обратной связи между различными процессами могут ускорить изменение углеродного цикла. Хотя такие прогнозы имеют большую неопределенность, благодаря исследованиям взаимного сравнения моделей (например, к проекту агролесомелиорация), большая часть неопределенности, связанной с моделями, может быть прояснена, и это может еще больше помочь в выработке методики моделирования. Картина, складывающаяся на основе записей долгосрочных измерений, заключается в том, что различные комбинации факторов окружающей среды влияют на межгодовую изменчивость обмена углерода между биосферой и атмосферой, и в экосистемных процессах трудно делать обобщения. Следовательно, нам нужны инструменты моделирования, чтобы убедительно объяснить изменчивость.

Выводы. Для достижения ожидаемых национальных целей, связанных с Парижским соглашением по климату, которое устанавливает глобальные рамки для предотвращения опасных изменений климата путем ограничения потепления менее чем на 2°C, необходимы основанные на природе климатические решения (Организация Объединенных Наций, 2015 г.). Перспективным решением этих задач может служить метод математического моделирования процессов углеродного цикла.

В сочетании с недостатками существующих исследований будущие исследования углеродного цикла в аграрном секторе можно рассматривать со следующих аспектов: во-первых, в настоящее время нет четкого определения углеродного следа. Учитывая ограниченность текущих исследований, важно и далее продвигать соответствующие исследования по выбросам углерода в экосистеме; во-вторых, следует активизировать исследования поглотителей углерода, особенно исследования способности почвы и плодовых и лесных культур связывать углерод в процессе осуществления «агромелиорации»; в-третьих, необходимы дополнительные исследования накопления углерода в фермерских и семейных предприятиях в «агромелиорации»; в-четвертых, следует проводить дополни-

тельные исследования по углероду, сократить выбросы двуокиси углерода и других загрязняющих веществ и снизить экологическую нагрузку на экосистему.

Следовательно, будущие исследования углеродного цикла в аграрном секторе должны быть сосредоточены на улучшении с вышеуказанных трёх точек зрения. Необходимо работать над совершенствованием методик уменьшения выбросов и накопление углерода, создавая модель учета углеродного цикла, подходящую для конкретного сектора в регионе. Опираясь на этот фундамент, углеродные циклы могут быть совместно проанализированы для создания всеобъемлющего и точного учета, соответствующего реальной ситуации.

Список использованных источников:

1. Адамень Ф. Ф., Вергунов В. А., Вергунова И. Н. Основы математического моделирования агробиопроцессов. — К.: Нора-принт, 2005. — 372 с.
2. Адамень Ф.Ф., Плугатарь Ю.В., Сташкина А.Ф. Наука и опытное дело как основа развития аграрного производства Крыма. — Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. — 252 с.
3. Плугатарь Ю.В. Леса Крыма: Монография. — Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. — 385 с.
4. Sedjo, R.A. (2001). Forest Carbon Sequestration: Some Issues for Forest Investments. Resources for the Future. Washington, D.C.
5. Birdsey, Richard A. “Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems.” Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office. 51p. 59 (1992).
6. (Genxu, Wang, et al. “Soil organic carbon pool of grassland soils on the Qinghai-Tibetan Plateau and its global implication.” Science of the Total Environment 291.1-3 (2002): 207-217.
7. Schroeder, P. (1994). Carbon storage benefits of agroforestry systems. Agroforestry Systems 27: 89-97.
8. Skjemstad JO, Reicosky DC, Wilts AR et al (2002) Charcoal carbon in

References:

1. Adamen F. F., Vergunov V. A., Vergunova I. N. A28 Fundamentals of Mathematical Modeling of Agrobioprocesses. - K.: Nora-print, 2005. - 372 p.
2. Adamen F. F., Plugatar Yu. V., Stashkina A. F. Science and experimental work as a basis for the development of agricultural production in Crimea. - Simferopol: IT "ARIAL", 2015. - 252 p.
3. Plugatar Yu. V. Forests of Crimea: Monograph. - Simferopol: IT "ARIAL", 2015. - 385 p.
4. Sedjo, R. A. (2001). Forest Carbon Sequestration: Some Issues for Forest Investments. Resources for the Future. Washington, D.C.
5. Birdsey, Richard A. “Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems.” Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office. 51p. 59 (1992).
6. (Genxu, Wang, et al. “Soil organic carbon pool of grassland soils on the Qinghai-Tibetan Plateau and its global implication.” Science of the Total Environment 291.1-3 (2002): 207-217.
7. Schroeder, P. (1994). Carbon storage benefits of agroforestry systems. Agroforestry Systems 27: 89-97.
8. stad JO, Reicosky DC, Wilts AR et al (2002)

- US agricultural soils. *Soil Sci Soc Am J* 66:1249–1255.
10. (Lal, R. (2004b). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123: 1-22.
9. Щепашенко Д. Г., Мухортова Л. В., Швиденко А. З., Ведрова Э. Ф. Запасы органического углерода в почвах России. *Почвоведение*, 2013, № 2, с. 123–132.
11. De Jong, E., and Kachanoski, R.G. (1988). The importance of erosion in the carbon balance of prairie soils. *Canadian Journal of Soil Science* 68: 111-119.
- Charcoal carbon in US agricultural soils. *Soil Sci Soc Am J* 66:1249–1255.
10. (Lal, R. (2004b). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123: 1-22.
9. Shchepashchenko D. G., Mukhortova L. V., Shvidenko, A. Z. and Vedrova, E. F. Organic carbon reserves in Russian soils. *Pochvovedenie*, 2013, no. 2, pp. 123–132.
11. De Jong, E., and Kachanoski, R. G. (1988). The importance of erosion in the carbon balance of prairie soils. *Canadian Journal of Soil Science* 68: 111–119.

Сведения об авторе:

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

Information about the authors:

Stashkina A.F., Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher at the Federal Research Center InBYUM Karadag Scientific Station named after. T.I. Vyazemsky - natural reserve of the Russian Academy of Sciences. stashkinae@bk.ru

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 628.511.633.85

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ
ОБРУШИВАНИЯ СЕМЯН
КЛЕЩЕВИНЫ**

Исследования выполнены в соответствии с государственным заданием в сфере научной деятельности в рамках базовой части (фундаментальная наука) по научному проекту № FRRS-2023-0023 «Разработка технологии, экспериментального оборудования технологической линии глубокой переработки семян клещевины в касторовое масло»

Чебанов А. Б., кандидат технических наук, доцент;

Стручаев Н. И., кандидат технических наук, доцент;

Адамова С. В., старший преподаватель;

Чебанова Ю. В., кандидат географических наук, доцент;

Стручаев К. Н., старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет».

Изучение методов обрушивания сельскохозяйственных культур и анализ возможности их применения для клещевины необходимо как одного из элементов создания технологии, экспериментального оборудования технологической линии глубокой переработки семян клещевины в касторовое масло, способных вырабатывать касторовое масло необходимого качества и нужной номенклатуры. Существующие операционные схемы получения касторового масла

**ANALYSIS OF METHODS
FOR HULLING CASTORE
BEAN SEEDS**

Chebanov A.B., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Struchaev N.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Adamova S.V., Senior Lecturer;

Chebanova Yu.V., Candidate of Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor;

Struchaev K.N., Senior Lecturer, FSBEI HE «Melitopol State University».

The study of methods for hulling agricultural crops and analysis of the possibility of their use for castor oil is necessary as one of the elements of creating technology, experimental equipment for a technological line for deep processing of castor oil seeds into castor oil, capable of producing castor oil of the required quality and the required nomenclature. Existing operational schemes for the production of castor oil can be divided into two groups: with preliminary separation of the husk and

можно разделить на две группы: с предварительным отделением лузги и без её отделения. При разрушении оболочки семян - обрушивании, получают смесь, называемую рушанкой, которая состоит из целого ядра, оболочки, сечки (частиц ядра), масляной пыли и не целиком обрушенных семян. Для отделения оболочки семян от ядра обычно используют различия их аэродинамических свойств. Четким разделением компонентов можно достичь повышения качества полученной рушанки, для чего необходимо усовершенствование технологической схемы обрушивания клещевины и обоснования конструктивных параметров оборудования и технологических режимов процесса обрушивания. Целью данной работы является установление метода обрушивания для семян клещевины путем выполнения литературного обзора и анализа существующих методов обрушивания сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: обрушивание, семена клещевины, целое ядро, оболочка, лузга, сверхвысокая частота (СВЧ), нормированная концентрация пыли.

without its separation. When the shell of the seeds is destroyed - hulling, a mixture is obtained called rushanka, which consists of the whole kernel, shell, chaff (kernel particles), oil dust and partially hulled seeds. To separate the seed shell from the kernel, differences in their aerodynamic properties are usually used. By clearly separating the components, it is possible to improve the quality of the resulting castor bean, which requires improving the technological scheme for hulling castor beans and justifying the design parameters of the equipment and technological modes of the hulling process. The objective of this work is to establish a hulling method for castor bean seeds by performing a literature review and analysis of existing crop hulling methods.

Key words: hulling, castor bean seeds, whole kernel, shell, husk, ultra-high frequency (UHF), normalized dust concentration.

Введение. Клещевина в нашей стране и за рубежом имеет большое значение как источник касторового масла [14]. В связи со специфическими особенностями она широко используется в различных отраслях народного хозяйства, в том числе, и в медицине, и как биотопливо, и нередко является незаменимым или трудно заменяемым продуктом [6; 26]. Основными составными частями семян клещевины с точки зрения технологии ее переработки являются высокомасличное ядро и оболочка (лузга) [21]. В составе ядра семян клещевины присутствуют такие ценные группы веществ, как липиды и протеины [1]. Оболочка же вмещает много веществ, переход которых в касторовое масло нежелателен (например, рицинин – алкалоид клещевины) [3]. Одним из основных процессов, обеспечивающих отделение оболочки от ядра, является обрушивание. При этом получается смесь, называемая рушанкой. Увеличение процентного содер-

жания оболочки в рушанке приводит к повышению перехода в масло воска и воскообразных веществ, что сопровождается при снижении температуры появлением помутнения (сетки). В производственных образцах масла, полученного из материала с лужистостью 6-8%, количество воска колеблется в пределах 0,05-0,1% в форпрессовом масле и до 0,1-0,35% в экстракционном [23]. Кроме того, при увеличении процентного содержания оболочки в смеси с перерабатываемым ядром, качество шрота ухудшается в результате обогащения его клетчаткой и безазотистыми экстрактивными веществами (БЭВ).

При увеличении процентного содержания оболочки в рушанке, идущей на переработку, повышается также и кислотное число масла, и концентрация продуктов окисления омыливаемых веществ. Присутствие оболочки в смеси с ядром влияет и на ряд показателей работы оборудования. Так, замасливание оболочки приводит к снижению выхода масла [6]. Оболочка, будучи более легкой, чем ядро, уменьшает процент использования полезной емкости производственного оборудования, что снижает его производительность [19].

Снижение лужистости ядра до 3% обеспечивает выработку масла, по прозрачности соответствующую требованиям ГОСТ18102-95 [4] и ГОСТ 6757-96 [5].

Учитывая выше сказанное, можно отметить, что если в общий технологический процесс переработки семян клещевины на касторовое масло внедрить отделение лузги от ядра, то значительно повысится качество касторового масла. Такие утверждения отражены в работе [7]. А в работе [3] сказано, что отделение лузги от ядра клещевины обеспечит качество касторового масла как медицинского продукта согласно ГОСТ18102-95 [4], что значительно повысит его стоимость.

При обрушивании семени клещевины превращаются в многокомпонентный неоднородный дисперсный продукт, представляющий собой смесь ядра, лузги, недоруша и сечки. Ядро и лузга являются морфологическими долями масличных семян. Недоруш — это семя клещевины, прошедшее процесс обрушивания и лишь частично потерявшее лузгу. В состав недоруша также входит семя, которое полностью сохранило лузгу — это так названный целяк. Сечкой называют доли измельченного ядра, обычно по размерам менее половины размера целого ядра, а доли ядра по размерам более половины размера целого ядра относят к фракции ядра в составе рушанки. Очень мелкие частицы дробленого ядра в составе рушанки называют масляной пылью [24]. Предназначением технологической операции разделения рушанки является получение самостоятельных технологических потоков [16] таких как:

- поток лузги, отделение которой как отхода, имеет целью снижение потерь масла, вследствие адсорбирования его пористой структурой лузги; снижение объема перерабатываемого материала и, тем самым, нагрузки на технологическое оборудование, снижение попадания в масло компонентов липидов, которые ухудшают его качество;

- поток ядер, который подлежит дальнейшей переработке с целью получения масла (в поток ядер вместе с основным компонентом рушанки — ядрами,

включаются сечка и масляная пыль);

- поток недоруша, который направляется на вспомогательное обрушивание.

Материал и методы исследований. В практике обрушивания сельскохозяйственных культур существует много методов его выполнения как традиционных [21], так и инновационных [1]. При этом необходимо учесть, что семена клещевины имеют специфические физико-механические свойства [8], которые отличаются от других сельскохозяйственных культур, в том числе и масличных. Кроме того, необходимо учитывать, что при обрушивании семян клещевины в рабочей зоне выделяется пыль, которая является токсичной для человека [9]. Все это требует тщательного анализа и поиска метода обрушивания семян клещевины, который обеспечит эффективное выполнение технологических операций при нормированной концентрации пыли в воздухе рабочей зоны, что является актуальной задачей данной статьи.

Анализ исследований по разработке технологий и устройств, где рассматриваются вопросы обрушивания сельскохозяйственных культур, в том числе и масличных [21; 1; 7; 24; 16; 19; 20], показывает, что используются как традиционные методы обрушивания сельскохозяйственных культур, так и те методы, которые учитывают специфические особенности какой-то конкретной сельскохозяйственной культуры. Так в работе Акаевой Т.К. и Петровой С.Н. [1], отмечено, что клещевина подвергается обработке на комбинированных машинах (шельмашинах), в которых осуществляется и обрушивание, и сепарирование. Это связано с тем, что клещевина содержит высокомасличное ядро и хрупкую оболочку. Использование продуктов переработки клещевины в различных отраслях экономики выполняется за счет импорта, хотя климат южных земель позволяет выращивать эту культуру [6]. Кроме того, происходит постоянное развитие современных технологий, которые также можно использовать в технологическом процессе обрушивания семян клещевины.

Проведенный анализ публикаций, по данному направлению, определяет цель и основные задачи исследований, которые позволят сформулировать алгоритм установления метода обрушивания для семян клещевины.

Для достижения поставленной цели необходимо определить факторы, влияющие на выбор метода для обрушивания семян клещевины, установить основные методы обрушивания сельскохозяйственных культур, по каждому методу представить принцип его работы, преимущества и недостатки. Кроме этого, по каждому методу нужно дать критическую оценку по применению его при обрушивании именно семян клещевины.

Результаты и обсуждения. Для обрушивания семян клещевины можно использовать различные методы. Выбор метода обрушивания зависит от ряда факторов, основными из которых являются физико-механические, такие как, прочность, упругость и пластичность, и биохимические свойства семян и их морфологических частей.

К традиционным методам обрушивания сельскохозяйственных культур

можно отнести (рис.1) [1; 19]: многократный и однократный удары (бичевые и обрушивающие машины), разрезание (дисковые луцильники) и скалывание (ножевые и вальцевые луцильники).

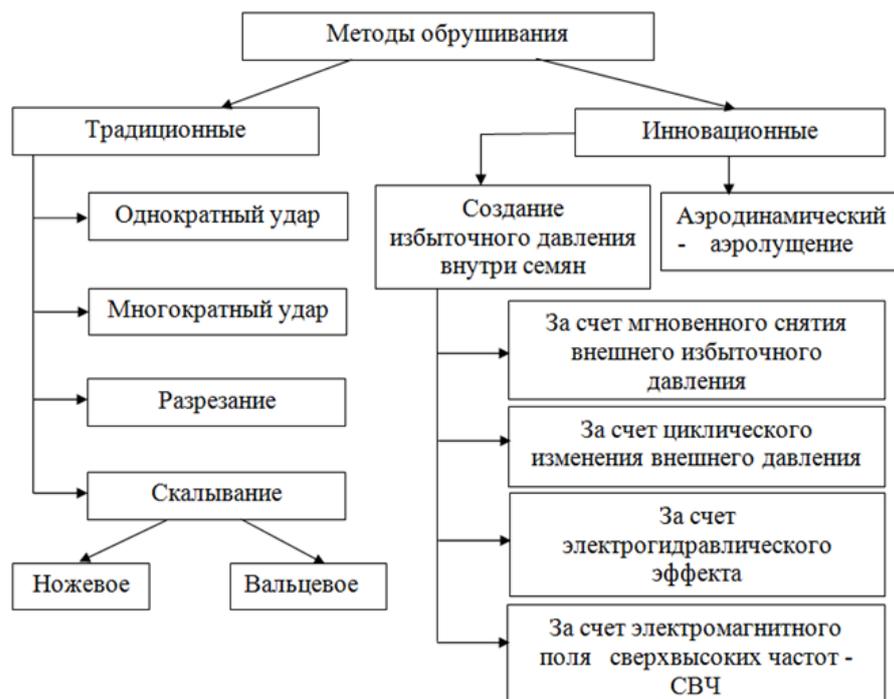


Рисунок 1. Методы обрушивания сельскохозяйственных культур

К инновационным методам обрушивания относятся - аэродинамический метод (аэролушение) и метод обрушивания, основанный на создании избыточного давления в семенах: путем мгновенного снятия внешнего избыточного давления водяного пара; путем циклических изменений воздействия давления газовой, паровой или жидкостной среды на оболочку семени; за счет электрогидравлического эффекта, и за счет электромагнитного поля сверхвысоких частот – СВЧ.

Обрушивание семян однократным ударом реализуется с использованием центробежных семенорушек. Семена в таких устройствах приобретают необходимую кинетическую энергию для обрушивания одним ориентированным (вдоль оси длины) ударом о деку под действием центробежной силы [16]. Наиболее важными факторами в эффективности обрушивания однократным ударом являются влажность семян и частота вращения диска [19]. С увеличением влажности семян увеличивается количество целика и недоруша, и уменьшается количество масляной пыли, и наоборот. С увеличением скорости вращения диска уменьшается содержание целика и недоруша в рушанке и увеличивается содержание масляной пыли, поскольку увеличивается кинетическая энергия отдельного семени при их выходе из радиальных каналов [19]. Применение таких машин для обрушивания клещевины ограничено в связи с различными механическими свойствами элементов семян

клещевины (ядро и лузга) [14; 21; 25]. Так как эти машины используют в технологическом процессе удар, то, соответственно, ядро будет измельчаться. Кроме этого, острые кромки лузги дополнительно будут измельчать ядро и замасливаться.

Механизм обрушивания с помощью многократного удара изучался во многих работах [24; 19] и выглядит следующим образом. Поскольку зазор между ядром и лузгой наибольший по направлению длинны оси семени, то при ударе в этом направлении вся нагрузка воспринимается лузгой, а ядро дробится минимально. При ударе в направлении средней и наименьшей осей часть нагрузки воспринимает и ядро, в связи с чем, наблюдается его повышенное дробление. Эффективность обрушивания масличных семян различна для разных способов приложения внешней нагрузки.

Обрушение семян в бичевых машинах из-за случайного характера направления удара бича по семенам или семенам о деку уже в результате первого удара приводит к образованию измельченного ядра, поскольку вероятность удара по направлению наименьшей и средней оси семян равна $2/3$ [19]. Таким образом, бичевые машины [16], кроме многократности ударов бичей по семенам, приводят к измельчению ядра и образованию масляной пыли у большинства обрушенных семян о деку. Кроме этого, в момент первого удара происходит разрушение не только оболочки, но и ядра [2].

Применение такого метода для семян клещевины, на наш взгляд, будет ограничено, поскольку клещевина имеет высокомасличное довольно хрупкое ядро, а сама масличность семян клещевины выше (50-55%) [14], по сравнению с семенами подсолнечника (40-46%). Поэтому будет происходить значительное измельчение ядра и замасливание оболочки, что будет напрямую влиять на производительность по выходу чистого продукта (ядра).

Метод разрезания конструктивно осуществляется в дисковых лущильниках, которые имеют принципиальные недостатки, связанные с многократным воздействием рабочих органов на семена [17]. Происходит большое перетирание ядра, образование большого количества масляной пыли и, вследствие этого, замасливание лузги, что приводит к повышенным потерям масла. Семена обрушивают в два прохода, поскольку степень обрушивания в дисковых лущильниках невелика и, таким образом, использование такого метода приводит к усложнению технологических схем подготовительных цехов [17]. Использование такого метода для обрушивания семян клещевины не будет иметь перспектив, поскольку постоянное соприкосновение ядра с рабочими поверхностями лущильника недопустимо вследствие высокой его масличности.

Метод скалывания на ножевых лущильниках характеризуется (как и предыдущий метод) многократным воздействием рабочих органов на семена, однако качественно происходит меньшее перетирание материала, чем в дисковых лущильниках. Степень обрушивания семян в ножевых лущильниках приближается к 100%. Однако, при попадании вместе с семенами различных твердых предметов (камней, гаек, болтов) ножевой лущильник может выйти

из строя, что является его существенным недостатком. В производстве масел метод нашел распространение при переработке семян бобовника вследствие высокой эластичности его оболочки [22]. Использование такого метода при обрушивании масличных культур, в том числе и семян клещевины, не нашло подтверждения как в старых, так и в новых источниках литературы [21; 19; 17]. Связано, по нашему мнению, это также с высокой высокомасличностью ядра, различными физико-механическими характеристиками ядра и лузги, в результате чего будут происходить большие потери чистого материала (ядрицы).

Метод вальцевого скалывания является одним из традиционных для обрушивания семян масличных культур, при этом осуществляется сжатие семян при прохождении их между валками (вальцевое скалывание) [21; 23; 19]. Валки имеют одинаковый размер, гладкую поверхность и вращаются с одинаковым числом оборотов. Метод вальцевого скалывания был учтен при создании устройства для обрушивания семян клещевины и получения безлузгового ядра (рис. 2) [10]. Семена клещевины подаются на дозировку, откуда поступают на очистку. Далее очищенная клещевина поступает на валки для обрушивания. Устройство состоит из встряхивающего сита, где происходит калибровка семян, двух пар гладких валков, вращающихся навстречу друг другу, где происходит разрушение откалиброванных семян. Перед разрушением оболочки, семена ориентируются вдоль его большей оси, а затем, разрушаются путем разрушения семян вдоль сориентированной оси [10; 11; 12]. Конструктивно-технологические параметры следующие: расстояние между валками регулируется от 2 до 10 мм; скорость вращения валков - 220...270 об/мин; встряхивающее сито движется со скоростью 110...130 об/мин; угол естественного наклона направляющей изменяется в диапазоне 10° ... 30° [12; 13].

Однако, как было сказано выше, в воздухе рабочей зоны при обрушивании семян клещевины всегда выделяется пыль, которая опасна для обслуживающего персонала. И это устройство (рис. 2) никак не учитывает эти показатели, что подтверждается соответствующими источниками литературы [10; 11; 12; 13].

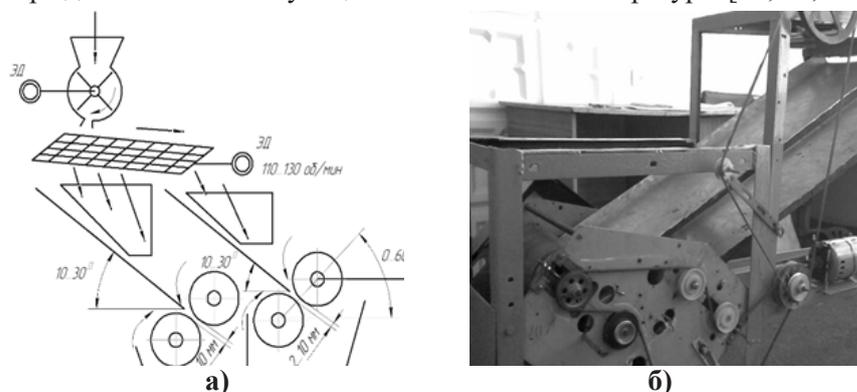


Рисунок 2. Устройство для обрушивания семян клещевины [12]
а-технологическая схема; б-общий вид лабораторной установки

Аэролушение осуществляется в трубке небольшого диаметра с помощью воздушного потока, движущегося со звуковой или сверхзвуковой скоростью [1]. Обрушение осуществляется под действием ряда факторов: удара воздушной струи по семенам, разрыва оболочки воздухом изнутри, инерционной перегрузки семян, трением воздушной струи о семена, скачков уплотнения (ударов) воздушного потока (при его сверхзвуковой скорости). Воздух, поступающий из сопла Лавала [15] в трубку смешения, в которую из конусной емкости инжектируются семена, движется со скоростью более 500 м/с. Такой воздушный поток имеет большой динамический напор, что приводит к ударной нагрузке семян с большими местными напряжениями. Возникающие при этом деформации сдвига и сжатия приводят к возникновению первичного нарушения прочности оболочки. Поскольку статистическое давление воздуха в струе, движущейся со сверхзвуковой скоростью, при определенных условиях, создаваемых в аэролушительнике, ниже атмосферного, под которым воздух находится в зазоре между ядром и оболочкой, то на последнюю влияет разность давлений, что приводит к её разрыву [1; 19].

Применение такого метода проводилось на семенах подсолнечника, риса, проса, овса и гречихи. Однако, выполненные исследования показали неудовлетворительные результаты именно на высокомасличном семени подсолнечника. Так, содержание целяка и недоруша в рушанке колебалось в пределах 21,5 - 54,0 %, содержание лузги в сечке – 52,0 - 61,0 %, лузга замасливалась на 0,71 - 1,34 %. Расход электроэнергии в данном случае в 30 раз больше, чем при использовании бичевых обрушительных машин [19]. Как было сказано выше, поскольку масличность семян клещевины выше по сравнению с семенами подсолнечника, то применение метода аэролушения именно для семян клещевины не обеспечит нужного результата.

Метод мгновенного снятия избыточного давления водяного пара заключается в том, что сначала между ядром и оболочкой тем или иным путем (подогреванием семян и испарением воды, находящейся в них или непосредственным введением острого пара) создается избыточное давление водяного пара, после чего герметичный сосуд, в котором находится семя соединяется с атмосферой, в результате чего создается перепад давлений между внутренними пустотами семени и межсеменной прослойкой, и оболочка взрывается изнутри. Данный метод обрушивания позволяет получить ядро и лузгу семян без их существенного измельчения. Однако сложность такого решения вопроса заключается в создании условий, в которых может быть реализована эта возможность. Также при введении острого пара в межсеменную прослойку семян подсолнечника в течение некоторого промежутка времени происходит деформация сжатия оболочки семян поскольку проницаемость оболочки ограничена и давление пара направлено внутрь семян. Соответственно, оболочка прижимается к ядру, а иногда и ядро испытывает сжимающее усилие. При этом не исключен даже некоторый отжим масла и замасливание лузги [1; 19]. Что касается семян клещевины, то, во-первых, семена клещевины превосходят семена подсолнечника по

влагопоглощающей способности, то есть процессы прижатия оболочки к ядру будут происходить интенсивнее; во-вторых, из-за повышенной масличности семян клещевины по сравнению с семенами подсолнечника замасливание лузги будет происходить в больших размерах, чем у семян подсолнечника. Этот факт является решающим с точки зрения нежелательности применения такого метода при обрушивании семян клещевины.

Метод циклических изменений давления среды заключается в том, что среда межсеменного пространства, например, воздух, подвергается циклическому сжатию (компрессия-декомпрессия), в результате чего возникает механическая усталость оболочки и ее разрушение. Для одной и той же эффективности обрушивания – чем больше разница давлений, тем меньше число циклов и наоборот. При обрушивании подсолнечника, по мере увеличения числа циклов, сначала на заостренных концах семян, лузга раскрывается подобно лопающейся почке. Затем, частички лузги постепенно раздвигаются настолько, что свободно могут быть удалены простым перетиранием. По окончании обработки семян получается почти целое ядро с полностью отделенной лузгой [1; 19].

Так как ядро клещевины облегают плотная глянцева хрупкая оболочка, не имеющая никакого соединительного шва [14], который есть у оболочки семян подсолнечника, то применение такого метода для семян клещевины при обрушивании будет довольно ограниченным. Такой фактор является решающим при выборе метода обрушивания семян клещевины.

Метод, основанный на электрогидравлическом эффекте, заключается в том, что при протекании электрического разряда высокого напряжения в жидкости вокруг зоны разряда, возникают импульсы высокого гидравлического давления, способные выполнять работу разрушения и пластического деформирования. Электрический разряд между двумя погруженными в жидкость электродами создает высокоионизированный проводящий электрический канал из газа и плазмы. При расширении плазменного канала за счет соприкосновения его частиц с холодной стенкой жидкости, формируется ударная волна с давлением в несколько десятков атмосфер, движущаяся с постоянной скоростью и сопровождающаяся пульсацией и кавитационными явлениями. Весь этот комплекс явлений способен вызывать разрушение материала, который размещен в жидкости [1; 19]. Такой метод применялся для семян подсолнечника; было установлено, что рушанка подсолнечника содержала до 87,8% целого ядра и незначительный процент сечки и масляной пыли [19]. Однако, здесь был неизвестен баланс сухих веществ, то есть потери ценных веществ, например белков в рабочей жидкости. Кроме того, непонятно, как такой метод обрушивания будет влиять на эффективность проведения последующих технологических процессов их переработки. При использовании такого метода для семян клещевины, необходимо также учитывать, что ее ядро имеет хрупкую структуру [14], что непременно скажется на его разрушении в жидкости под давлением и дополнительной потере материала. Это не позволяет использовать данный

метод при обрушивании семян клещевины.

Метод, основанный на применении электромагнитного поля сверхвысоких частот - СВЧ, осуществлен в патенте на полезную модель «Способ обрушения семян клещевины» [18]. Это комбинированный способ, который является разновидностью обработки в СВЧ поле с последующим вальцевым скалыванием (рис.3). В этом случае происходит достаточно качественное обрушение вследствие того, что ядро после предварительной обработки в поле сверхвысокой частоты не теряет эластичности, а оболочка становится более хрупкой. В составе полученной смеси уменьшается количество необрушенных семян, недообрушенных семян, содержания сечки и лузги, не отделенной вследствие замасливания.

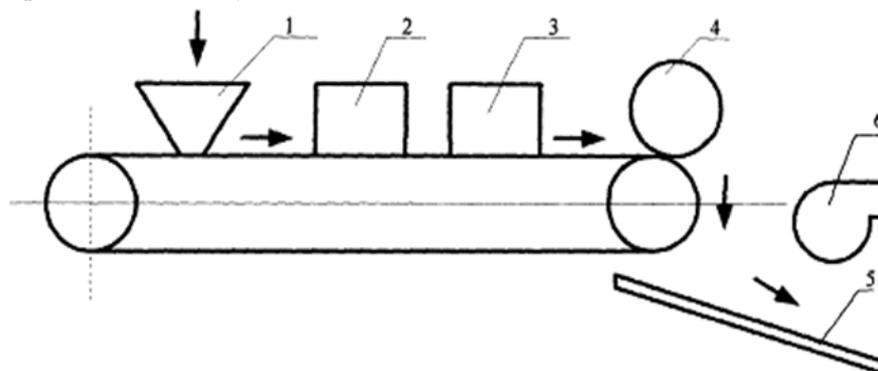


Рисунок 3. Схема комбинированного способа получения безлузгового ядра семян клещевины

1 - дозирующий бункер; 2 - увлажнитель семян; 3 - камеры обработки СВЧ; 4 - валки; 5 - сита для отделения лузги; 6 - канал аспирационный

Однако, это устройство не решает проблемы создания безопасных условий для обслуживающего персонала, поскольку при обрушивании упругими валками будет выделяться опасная и вредная для человека пыль. Для решения этой проблемы, нами предлагается выполнять технологическую схему следующим образом (рис.4).

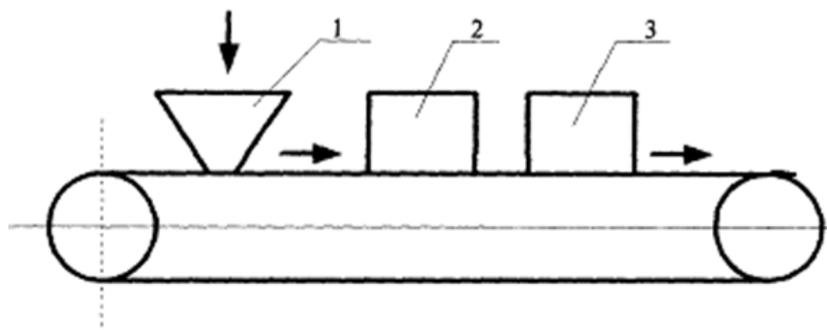


Рисунок 4. Схема для получения безлузгового ядра семян клещевины в поле СВЧ

1 - дозирующий бункер; 2 - увлажнитель семян; 3 - камера СВЧ

Семена клещевины предварительно увлажняются, а затем осуществляется их обрушение в закрытой камере в поле сверхвысокой частоты. Механизм метода, основанный на применении электромагнитного поля сверхвысоких частот - СВЧ, заключается в том, что при размещении в СВЧ поле семян происходит энергичный разогрев жидкости, сосредоточенной в основном в ядре, и возникают импульсы высокого давления, способные, в конечном счете, выполнять работу разрушения лузги. Эта идея, по нашему мнению, актуальна и требует дальнейшей теоретической и экспериментальной проверки.

Выводы. Анализ методов обрушивания сельскохозяйственных культур показал, что эффективным методом для обрушивания семян клещевины является метод вальцевого скалывания. Но этот метод не обеспечивает безопасных условий труда для обслуживающего персонала вследствие выделения токсичной пыли. Для решения этой проблемы предложено использовать метод создания избыточного давления внутри семени в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. Для этого, семена клещевины необходимо предварительно увлажнить, затем осуществить обрушение в закрытой камере в поле сверхвысокой частоты.

Список использованных источников:

1. Акаева Т. К. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч. 1. Технология получения растительных масел: учеб. пособие / Т. К. Акаева, С. Н. Петрова – Иваново: ИГХ-ТУ, 2007. – 124 с.

2. Антипов С.Т. Машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов. В 3 кн. Кн. 2. Т1; под ред. В.А. Панфилова, В.Я. Груданова. – Минск: БГАТУ, 2008. – 580 с.

3. Верещага О. Л. Обґрунтування технологічних режимів і конструктивних параметрів шнекових пресів для віджиму олії із насіння рицини: дис. докт. філософії / О. Л. Верещага. – Мелітополь, 2021. – 216 с.

4. ГОСТ 18102-95. Масло касторовое медицинское. Технические условия. – введ. 1997-01-01. – Минск: Изд-во стандартов, 1997. – 6 с.

5. ГОСТ 6757-96. Масло касторовое техническое. Технические условия. – введ. 1997-01-01. – Минск: Изд-во стан-

References:

1. Akaeva T.K. Fundamentals of chemistry and technology for producing and processing fats. Part 1. Technology of obtaining vegetable oils: textbook manual / T. K. Akaeva, S. N. Petrova - Ivanovo: ISUTU, 2007. - 124 p.

2. Antipov S.T. Machines and apparatus for food production: a textbook for universities. In 3 books. Book 2. T1; ed. V.A. Panfilova, V.Ya. Grudanov. – Minsk: BGATU, 2008. – 580 p.

3. Vereshchaga O. L. Justification of technological modes and design parameters of screw presses for squeezing oil from castor seeds: thesis. Dr. of philosophy / O. L. Vereshchaga. – Melitopol, 2021. – 216 p.

4. GOST 18102-95. Medical castor oil. Technical conditions. – input 1997-01-01. – Minsk: Standards Publishing House, 1997. – 6 p.

5. GOST 6757-96. Industrial castor oil. Technical conditions. – input 1997-01-01. – Minsk: Standards Publishing

дартов, 1997. – 4 с.

6. Дідур В. А. Технологія безвідходної (глибокої) переробки насіння рицини / В. А. Дідур, В.О. Ткаченко, С. М. Маркелова // Праці ТДАТА – Мелітополь, 2003. – Вип.15. – 164 с.

7. Дідур В. В. Механіко-технологічні основи глибокої переробки насіння рицини в умовах малотоннажного підприємства: дис. докт. техн. наук / В. В. Дідур. – Мелітополь, 2021. – 513 с.

8. Дідур В. А. Аналіз дослідження фізико-механічних властивостей насіння рицини / В. А. Дідур, К. В. Зубкова // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2004. – Вип. 19. – С. 22–28.

9. Дідур В. А. Методика визначення концентрації пилу в повітрі робочої зони при обрушенні насіння рицини / В. А. Дідур, А. Б. Чебанов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2009. – Вип. 9, Т.2. – С. 169–175.

10. Дідур В.А. Удосконалення способу отримання безлузгового ядра насіння рицини / В. А. Дідур, К. В. Зубкова // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь, 2006. – Вип. 42. – С. 83-91.

11. Дідур В.А. Моделювання процесу обрушення насіння рицини при її глибокому переробленні / В. А. Дідур, К. В. Зубкова // Збірник наукових праць ІМТ НААН Механізація, екологізація і конвертація біосировини у тваринництві. – Запоріжжя, 2010. – Вип. 1(5-6) – С. 39-46.

12. Дідур В.А., Обоснование конструктивных параметров и технологических режимов оборудования для обрушивания семян клещевины / В. А.

House, 1997. – 4 p.

6. Didur V. A. Technology of waste-free (deep) processing of castor seeds / V. A. Didur, V.O. Tkachenko, S. M. Markelova // Proceedings of TDATA – Melitopol, 2003. – Issue 15. - 164 p.

7. Didur V. V. Mechanical and technological basis of deep processing of castor seeds in the conditions of a small-tonnage enterprise: dissertation. Dr. technical Sciences / VV Didur. – Melitopol, 2021. – 513 p.

8. Didur V. A. Analysis of the study of physical and mechanical properties of castor seeds / V. A. Didur, K. V. Zubkova // Proceedings of the Tavri State Agrotechnical Academy. – Melitopol, 2004. – Vol. 19. – pp. 22–28.

9. Didur V. A. Methodology for determining the concentration of dust in the air of the working area when castor seeds fall / V. A. Didur, A. B. Chebanov // Proceedings of the Tavri State Agrotechnological University. – Melitopol, 2009. – Vol. 9, T.2. – pp. 169–175.

10. Didur V.A. Improvement of the method of obtaining the huskless kernel of castor seeds / V. A. Didur, K. V. Zubkova // Proceedings of the Tavri State Agrotechnical Academy. Melitopol, 2006. – Vol. 42. - pp. 83-91.

11. Didur V.A. Modeling of the process of castor seed collapse during its deep processing / V. A. Didur, K. V. Zubkova // Collection of Scientific Works of IMT NAAS Mechanization, environmentalization and conversion of bio-raw materials in animal husbandry. – Zaporizhzhia, 2010. – Issue 1(5-6) - pp. 39-46.

12. V. A. Didur, Justification of the constructive parameters and technological

Дідур, К. В. Зубкова // Известия международной академии аграрного образования. – Санкт Петербург, 2010. – Вып. 9 – С. 17-25.

13. Журавель Д. П. Вимоги до підготовчих операцій при пресуванні мезги насіння рицини / Д. П. Журавель, А. Б. Чебанов, О. Л. Верещага // Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матеріали II Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, Мелітополь, 2-27 листопада 2020 р. – Мелітополь, 2020. – С. 673-678.

14. Клещевина; под ред. В. А. Мошкина. – М.: Колос, 1980. – 352 с.

15. Киреев В. И., Лифшиц Ю. Б., Михайлов Ю. А. О решении прямой задачи сопла Лавала / В. И. Киреев, Ю. Б. Лифшиц, Ю. А. Михайлов // Ученые записки ЦАГИ, 1970. – Том 1. № 1. – С. 8–13.

16. Кошевой Е. П. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2001. – 368 с.

17. Кошевой Е. П. Технологическое оборудование производства растительных масел: учеб. пособие. изд. 2-е, исправл. и доп. – Москва: Юрайт, 2017. – 365 с.

18. Пат. 15551 Україна, МПК В02В3/04. Спосіб обрушення насіння рицини / В. А. Дідур, К. В. Зубкова (Україна). – №u200511560; заявлено 05.12.2005; опубліковано 17.07.2006, Бюл. № 7.

19. Подготовительные процессы переработки масличных семян; под ред. В. В. Белобородова. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 337 с.

20. Рахматов У.Р. Извлечение масла

modes of the equipment for crushing castor seeds / V. A. Didur, K. V. Zubkova // Izvestiya international academy of agrarian education. - St. Petersburg, 2010. - Vol. 9 - pp. 17-25.

13. Zhuravel D.P. Requirements for preparatory operations when pressing castor seed pulp / D.P. Zhuravel, A.B. Chebanov, O.L. Vereshchaga // Technical support of innovative technologies in the agro-industrial complex: Materials of the II International Scientific and Practical Internet conferences, Melitopol, November 2-27, 2020 - Melitopol, 2020. - P. 673-678.

14. Castor bean; ed. V. A. Moshkina. – М.: Kolos, 1980. – 352 p.

15. Kireev V.I., Lifshits Yu.B., Mikhailov Yu.A. On the solution of the direct problem of the Laval nozzle / V.I. Kireev, Yu.B. Lifshits, Yu.A. Mikhailov // Scientific notes of TsAGI, 1970. – Volume 1. No. 1. – pp. 8–13.

16. Koshevoy E. P. Technological equipment of vegetable oil production enterprises. – St. Petersburg: GIORД, 2001. – 368 p.

17. Koshevoy E. P. Technological equipment for the production of vegetable oils: textbook. allowance. ed. 2nd, corrected. and additional – Moscow: Yurayt, 2017. – 365 p.

18. Pat. 15551 Ukraine, IPC В02В3/04. Method of collapsing ricin / V. A. Didur, K. V. Zubkova (Ukraine). – №u200511560; declared 12/05/2005; published 07.17.2006, Bull. No. 7.

19. Preparatory processes for processing oil seeds; ed. V. V. Beloborodova. – М.: Food Industry, 1974. – 337 p.

20. Rakhmatov U.R. Extracting

из масличных семян. // Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения: Материалы международной научно-практической конференции, 22 мая 2020 года – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2020. – С. 292-297.

21. Технология производства растительных масел / В. М. Копейковский [и др]. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 416 с.

22. Харченко Г.М. Технологическое оборудование для переработки сельскохозяйственной продукции: учеб. пособие. – Новосибирск, НГАУ, 2011. – 180 с.

23. Чебанов А.Б. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів пневмосепаратора рушанки ріцини з пиловловлюючим пристроєм: дис. канд. техн. наук: 05.05.11; - Мелітополь, 2013. – 188 с.

24. Щербakov В. Г. Технология получения растительных масел. Изд. 3-е, перераб. и доп. – Москва: Колос, 1992. – 207 с.

25. Experiment on impact damage of castor capsule and its influencing factors optimization / Hou Junming, Yang Yong, Zhu Hongjie, Hu Weixue // INMATEH Agricultural Engineering, Vol. 61, No. 2 / 2020. pp. 87-96.

26. Zhu, Q. L., Gu, H., & Ke, Z. (2018). Congeneration biodiesel, ricinine and nontoxic meal from castor seed. *Renewable Energy*, 120, 51-59.

oil from oil seeds. // Biotechnological, environmental and economic aspects of creating safe food products for specialized purposes: Proceedings of the international scientific and practical conference, May 22, 2020 - Krasnodar: Publishing House. KubSTU, 2020. – pp. 292-297.

21. Technology of production of vegetable oils / V. M. Kopeikovskiy [and others]. – M.: Light and food industry, 1982. – 416 p.

22. Kharchenko G.M. Technological equipment for processing agricultural products: textbook. allowance. – Novosibirsk, NSAU, 2011. – 180 p.

23. Chebanov A.B. Justification of the design and technological parameters of the castor oil press pneumatic separator with a dust-capturing device: diss. Ph.D. technical Sciences: 05.05.11; - Melitopol, 2013. – 188 p.

24. Shcherbakov V. G. Technology for obtaining vegetable oils. Ed. 3rd, revised and additional – Moscow: Kolos, 1992. – 207 p.

25. Experiment on impact damage of castor capsule and its influencing factors optimization / Hou Junming, Yang Yong, Zhu Hongjie, Hu Weixue // INMATEH Agricultural Engineering, Vol. 61, No. 2 / 2020. pp. 87-96.

26. Zhu, Q. L., Gu, H., & Ke, Z. (2018). Congeneration biodiesel, ricinine and nontoxic meal from castor seed. *Renewable Energy*, 120, 51-59.

Сведения об авторах:

Чебанов Андрей Борисович – кандидат технических наук, доцент

Information about the authors:

Chebanov Andrey Borisovich - Candidate of Technical Sciences,

кафедры электроэнергетики имени профессора И.П. Назаренко ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», e-mail: chebanov-ab@yandex.ru, 272312, г. Мелитополь, пр. Б. Хмельницкого, 18.

Стручаев Николай Иванович - кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики имени профессора И.П. Назаренко ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», e-mail: usun105@gmail.com, 272312, г. Мелитополь, пр. Б. Хмельницкого, 18.

Адамова Светлана Викторовна – старший преподаватель кафедры электроэнергетики имени профессора И.П. Назаренко ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», e-mail: adamova164@gmail.com, 272312, г. Мелитополь, пр. Б. Хмельницкого, 18.

Чебанова Юлия Васильевна - кандидат географических наук, доцент кафедры растениеводства имени профессора В.В. Калитки ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», e-mail: Chebanovafeb@gmail.com, 272312, г. Мелитополь, пр. Б. Хмельницкого, 18.

Стручаев Константин Николаевич - старший преподаватель кафедры электроэнергетики имени профессора И.П. Назаренко ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», e-mail: strucaevkonstantin@gmail.com, 272312, г. Мелитополь, пр. Б. Хмельницкого, 18.

Associate Professor of the Department of Electrical Power Engineering named after Professor I.P. Nazarenko FSBEI HE "Melitopol State University", e-mail: chebanov-ab@yandex.ru, 272312, Melitopol, B. Khmelnytsky Ave., 18.

Struchaev Nikolay Ivanovich - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Power Engineering named after Professor I.P. Nazarenko FSBEI HE "Melitopol State University", e-mail: usun105@gmail.com, 272312, Melitopol, B. Khmelnytsky Ave., 18.

Adamova Svetlana Viktorovna - Senior Lecturer of the Department of Electrical Power Engineering named after Professor I.P. Nazarenko FSBEI HE "Melitopol State University", e-mail: adamova164@gmail.com, 272312, Melitopol, B. Khmelnytsky Ave., 18.

Chebanova Yulia Vasilievna - Candidate of Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Science named after Professor V.V. Kalitki FSBEI HE "Melitopol State University", e-mail: Chebanovafeb@gmail.com, 272312, Melitopol, B. Khmelnytsky Ave., 18.

Struchaev Konstantin Nikolaevich - Senior Lecturer of the Department of Electrical Power Engineering named after Professor I.P. Nazarenko FSBEI HE "Melitopol State University", e-mail: strucaevkonstantin@gmail.com, 272312, Melitopol, B. Khmelnytsky Ave., 18.

УДК 631.3; 51-74

**РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТ
СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
АГРЕГАТОВ****REGULATION OF NATURAL
OSCILLATION FREQUENCIES
OF AGROTECHNOLOGICAL
UNITS**

Чемодуров В.Т., доктор технических наук, профессор;

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

Литвинова Э.В., кандидат технических наук, доцент, институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Chemodurov V.T., Doctor of Technical Sciences, Professor;

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

Litvinova E.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Institute «Agrotechnological academy» of FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University».

Рассмотрено теоретическое обоснование возможности регулирования частот собственных колебаний несущих конструкций агротехнических агрегатов, показаны и обоснованы факторы, влияющие на изменение частот собственных колебаний и рассмотрены возможности и пути их регулирования. Приведены зависимости, которые могут быть использованы для определения количественных изменений частот собственных колебаний. Доказано, что частота собственных колебаний зависит от вида расчетной схемы агрегата, жесткостей несущих элементов и расположения масс, находящихся на несущих элементах.

Ключевые слова: частота собственных колебаний, несущая конструкция, расчетная схема, точечная масса, жесткость, перемещение, регулирование частот.

The theoretical justification for the possibility of regulating the frequencies of natural vibrations of load-bearing structures of agricultural units is considered, the factors influencing the change in the frequencies of natural vibrations are shown and justified, and the possibilities and ways of their regulation are considered. Given that can be used to determine quantitative changes in natural oscillation frequencies are substantiated and shown. It has been proven that the frequency of natural vibrations depends on the type of design diagram of the unit, the stiffness of the load-bearing elements and the location of the masses located on the load-bearing elements.

Keywords: natural frequency, load-bearing structure, design diagram, point mass, rigidity, displacement, frequency control.

Введение. В последнее время большое значение придается долговечности агрегатов, оптимизации конструктивных решений и исключению условий,

способствующих наступлению аварийных ситуаций в технике АПК [1-7].

Сегодня, в условиях развития рынка и нарастающей конкуренции, появляется множество технологий и схем, позволяющих совершенствовать технику АПК, инновационные разработки, современные материалы. В данном направлении развивается и сфера проектирования и усовершенствования конструктивных элементов техники АПК, направленное на увеличение долговечности и исключение возможности наступления аварийных ситуаций.

Почти каждый технический агрегат АПК в своей основе имеет конструкцию, состоящую из несущих элементов для размещения навесного вспомогательного технологического оборудования. Это оборудование в большинстве случаев может иметь вращающиеся и подвижные составляющие, имеющие внушительный собственный вес. Одним из факторов, который может способствовать возникновению аварийной ситуации может быть наступление явления резонанса при частичном или полном совпадении частот вынуждающих колебаний с частотами собственных колебаний несущей конструкции агрегата. При таком совпадении частот амплитуда колебаний может возрастать до недопустимых пределов, при которых создается аварийная ситуация и несущая конструкция агрегата может разрушиться. Резонансы обычно наблюдаются на частотах, близких к частотам собственных колебаний системы. Чтобы предотвратить создавшиеся условия возможного разрушения, необходимо уметь правильно оценивать факторы этому способствующие. В частности, необходимо правильно оценивать и определять частоту собственных колебаний несущей конструкции, знать, от каких именно факторов она зависит, а также оценивать возможность изменения факторов с тем, чтобы при необходимости менять эту частоту, тем самым переводить работающий агрегат в безопасный режим его эксплуатации.

Существенно повысить эффективность процесса поиска оптимального решения позволяет использование математических моделей проектируемого узла или детали, устанавливающих связь между показателем качества и управляемыми параметрами. Для принятой формы конструктивного элемента и известных условий его нагружения задача оптимизации сводится к определению размеров конструируемого изделия, обеспечивающих, например, минимум его массы.

В основе оптимизации конструктивных элементов машин и механизмов лежат математическая модель оптимизируемого объекта и метод оптимизации, позволяющий определить оптимальное решение. Для различных конструктивных элементов и модель и метод могут быть различными. Правильный выбор модели и метода оптимизации являются залогом эффективности получения оптимального решения [8-11]. В данной статье в качестве объекта оптимизационного проектирования выбрана рама с точечной массой. Такой выбор обусловлен требованиями различной производительности технологического оборудования и техники АПК.

Материалы и методы исследований. Чтобы дать оценку факторов, влияющих на изменение частоты колебаний, обычно конструкцию технического агре-

гата представляют в виде расчетной схемы, которая обычно показывает упрощенное изображение системы, принимаемое для расчета. Чем точнее расчетная схема соответствует реальной системе, тем более трудоемок его расчет. Обычно при составлении расчетной схемы соблюдают условие, при котором система геометрически неизменяема и неподвижна. Неподвижность системы достигается путем наличия необходимого числа внешних связей. Как правило, чтобы несколько упростить расчет, пространственную систему, по возможности, переводят в плоскую, определяются с количеством и видом внешних закреплений. Так же имеет значение соотношение жесткостей элементов по различным участкам системы. Далее уточняют все геометрические размеры. Если в рассматриваемой системе предусматривается размещение какого-либо специального агрегата, то на расчетной схеме он показывается в виде сосредоточенной массы. Положение массы обычно устанавливается разработчиками и учитывается при составлении расчетной схемы. Далее, чтобы произвести расчет и дать сравнительную оценку изменения частоты собственных колебаний в зависимости от различных факторов, рассмотрим решение прикладной задачи [12-14].

Определим частоту собственных колебаний рамы с точечной массой $m = 1 \text{ кН}\cdot\text{с}^2/\text{м}$ и изгибной жесткостью $EJ = 4 \cdot 10^4 \text{ кН}\cdot\text{м}^2$. Установим зависимость между положением массы на левой стойке и частотой собственных колебаний рамы.

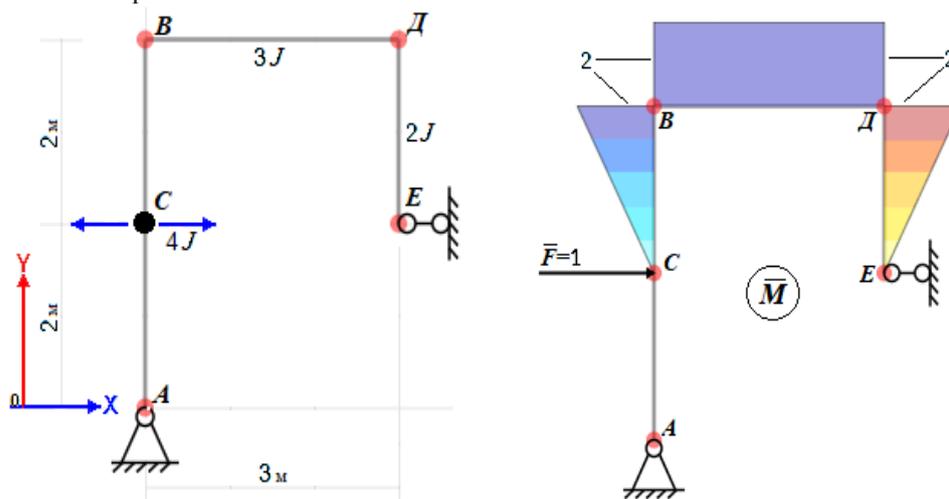


Рисунок 1. Расчетная схема

Для определения частоты собственных колебаний необходимо определить горизонтальное перемещение точки C . При определении перемещений в стержневых линейно-деформируемых системах применим метод Мора [12-14]. Определение перемещений (линейных, угловых) в расчетных сечениях производится по формуле (интегралу) Мора

$$\delta_{ip} = \sum \left[\int_S \frac{\bar{M}_i M_p}{EI} dS + k \int_S \frac{\bar{Q}_i Q_p}{GA} dS + \int_S \frac{\bar{N}_i M N_p}{EA} dS \right],$$

где M_p, Q_p, N_p – соответственно изгибающий момент, поперечная и продольная силы, возникающие в системе от внешней нагрузки;

$\bar{M}_i, \bar{Q}_i, \bar{N}_i$ – соответственно изгибающий момент, поперечная и продольная силы, возникающие в системе от единичной нагрузки, приложенной по направлению определяемого перемещения;

k – коэффициент, учитывающий неравномерность касательных напряжений по сечению;

I – осевой момент инерции относительно главной центральной оси;

A – площадь поперечного сечения стержня на участке;

E, G – модули упругости материала.

Неравномерность распределения касательных напряжений в сечении зависит от формы сечения. Для прямоугольного и треугольного сечений $k = 1,2$, круглого сечения $k = 1,11$, круглого кольцевого сечения $k = 2$.

Для балок и рам при определении перемещений влиянием продольных и поперечных сил можно пренебречь, тогда интеграл Мора имеет вид

$$\delta_{ip} = \sum \int_S \frac{\bar{M}_i M_p}{EI} dS.$$

В этом случае всю процедуру определения перемещения свести к перемножению эпюр изгибающих моментов – единичной и грузовой (которая в рассматриваемом случае будет совпадать с единичной эпюрой).

Горизонтальное смещение точки C

$$\delta_{11} = \text{эп. } \bar{M} \cdot \text{эп. } \bar{M} = \frac{1}{4 \cdot 10^4} \left(\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot \frac{1}{4} + 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3} + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \right) =$$

$$= 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м/кН}.$$

Частота собственных колебаний для этого случая

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{\delta_{11} \cdot m}} = \sqrt{\frac{1}{1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,0}} = 81,6 \text{ с}^{-1}. \quad (*)$$

Чтобы исследовать зависимость частоты собственных колебаний системы в зависимости от положения массы $\omega = f(x)$ на элементе ACB необходимо построить две эпюры изгибающих моментов \bar{M}'_x и \bar{M}''_x .

Предварительно перемножим эпюры на участках BD и DE , так как они одинаковы в обеих эпюрах

$$\delta_{11}^{BDE} = \frac{1}{EJ} \left(x^2 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} + \frac{1}{2} \cdot x^2 \cdot 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} \right) = \frac{4x^2}{3EJ}.$$

Горизонтальное перемещение точки приложения $\bar{F} = 1$ при $0 \leq x \leq 2$

$$\delta_{11}^{x'} = \frac{1}{4 \cdot 10^4} \left\{ \frac{1}{2} \cdot \frac{(2-x)^2}{2^2} \cdot x^2 \cdot \frac{2}{3} x \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \cdot \frac{4-x}{6} \left[2 \cdot \frac{(2-x)^2 \cdot x^2}{2^2} + 2x^2 - 2 \cdot \frac{2-x}{2} \cdot x^2 \right] + \frac{4x^2}{3} \right\}$$

После преобразований

$$\delta_{11}^{x'} = \frac{x^2}{96 \cdot 10^4} (x^2 - 4x + 40).$$

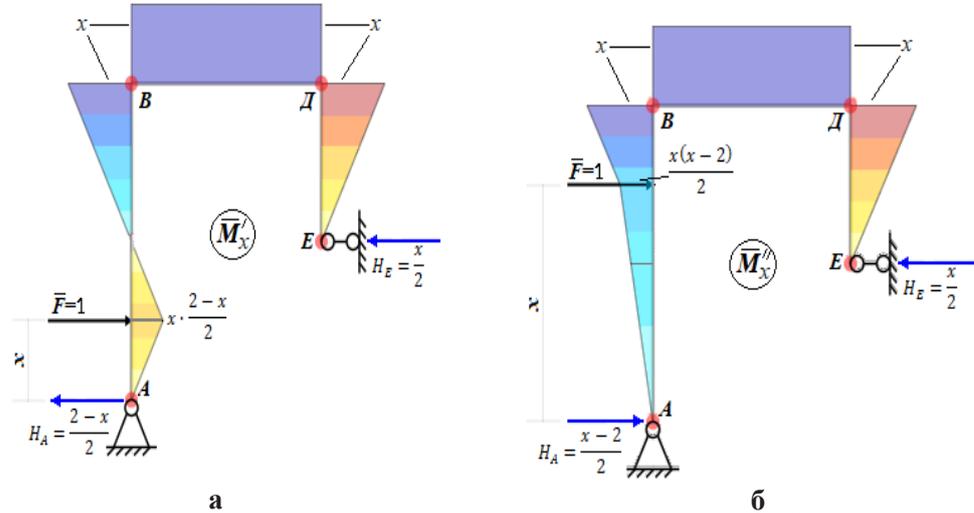


Рисунок 2. Эпюры изгибаемых моментов \overline{M}_x' и \overline{M}_x''

Получим выражение для определения частоты собственных колебаний

$$\omega' = \frac{979.8}{x\sqrt{x^2 - 4x + 40}}$$

Для проверки подставим $x=2$ и получим результат, полученный в выражении (*)

$$\omega'_{x=2} = \frac{979.8}{2\sqrt{2^2 - 4 \cdot 2 + 40}} = 81,6 \text{ с}^{-1}.$$

Горизонтальное перемещение точки приложения силы $\overline{F} = 1$ при $2 \leq x \leq 4$

$$\delta_{11}^{x''} = \frac{1}{4 \cdot 10^4} \left\{ \frac{1}{2} \cdot \frac{x^2(x-2)^2}{2^2} \cdot \frac{2}{3} x \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \cdot \frac{4-x}{6} \left[2 \cdot \frac{(x-2)^2 \cdot x^2}{2^2} + 2x^2 + 2 \cdot \frac{x-2}{2} \cdot x^2 \right] \right\}$$

После преобразований:

$$\delta_{11}^{x''} = \frac{x^2}{96 \cdot 10^4} (3x^2 - 16x + 56);$$

$$\omega'' = \frac{979.8}{x\sqrt{3x^2 - 16x + 56}}.$$

Для проверки подставим $x=2$ и получим результат, полученный в выражении (*)

$$\omega''_{x=2} = \frac{979.8}{2\sqrt{3 \cdot 2^2 - 16 \cdot 2 + 56}} = 81,6 \text{ с}^{-1}.$$

Результаты и обсуждение

Подводя предварительные итоги, отметим, что, начиная с $x=0,8$ м наблюдается резкое увеличение частоты собственных колебаний при приближении к опоре А (рис. 3), а в интервале $1,6 \leq x \leq 4$ зависимость $\omega=f(x)$ почти прямолинейная (рис. 4).

Таблица 1. Частоты собственных колебаний для различных положений точечной массы при $0 \leq x \leq 2$

$x, \text{ м}$	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2		1,4	1,6	1,8	2,0
$\omega', \text{ с}^{-1}$	15500	1557	782	394	265	200	161	135		116	102	91	82

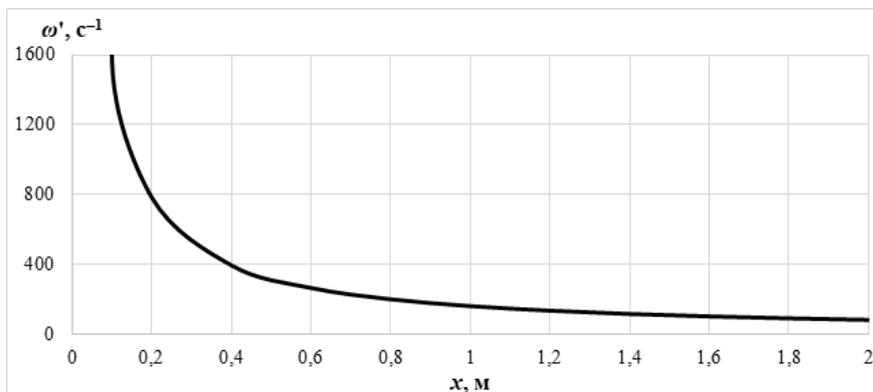


Рисунок 3. График зависимости частоты собственных колебаний ω' от изменения положения массы

Таблица 2. Частоты собственных колебаний для различных положений точечной массы при $2 \leq x \leq 4$

$x, \text{ м}$	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
$\omega'', \text{ с}^{-1}$	82	75	69	64	59	55	51	48	45	42	39

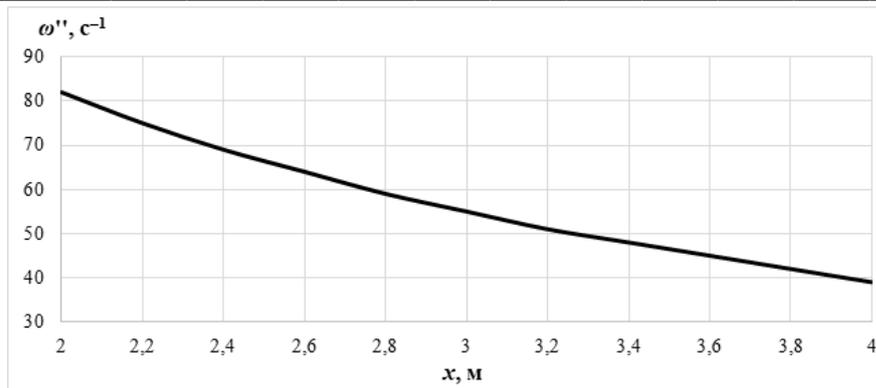


Рисунок 4. График зависимости частоты собственных колебаний ω'' от изменения положения массы

Выводы. 1. Чтобы исключить возможное наступление явления резонанса, необходимо произвести расчет по определению частоты собственных колебаний несущей конструкции агрегата. 2. Частота собственных колебаний зависит от вида расчетной схемы агрегата, жесткостей несущих элементов и расположения масс, находящихся на несущих элементах. 3. Регулирование частоты собственных колебаний можно осуществлять изменением тех факторов, которые на неё влияют: геометрических параметров расчётной схемы несущей

системы агрегата; жесткостей несущих элементов (характеристик поперечных сечений и материала); положения массы.

Список использованных источников:

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

2. 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.

3. Современная агроинженерия / Коллективная монография. – Москва: Изд-во Название, 2022. – 451 с.

4. Чемодуров, В. Т. Методы теории планирования эксперимента в решении технических задач: монография / В. Т. Чемодуров, В. В. Жигна, Э. В. Литвинова, О. А. Кузьменко. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2018. – 110 с. / <http://znanium.com/catalog/product/982205>.

5. Чемодуров, В. Т. Универсальный метод оптимизации конструктивных параметров сельскохозяйственного оборудования с учетом надежности его функционирования / В. Т. Чемодуров, Э. В. Литвинова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 35 (198). – С. 157-166. eLIBRARY ID: 54778908 EDN: AMRJLE

6. Чемодуров, В. Т. Оптимизация параметров элементов конструкции агрегатов агропромышленного комплекса / В. Т. Чемодуров, С. Г. Ажермачев, Э. В. Литвинова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 32 (195). – С. 139-146. eLIBRARY ID:

References:

1. Belikov, G. V. Основы расчетов прочностной надежности специальных элементов конструкций автомобилей и тракторов: учебное пособие / G. V. Belikov. – Ulyanovsk: UIGTU, 2008. – 98 s.

2. Engineering support of innovative technologies in the agro-industrial complex: materials of the International Scientific and Practical Conference October 25-27, 2023: sb. nauch. tr. / pod obshch. red. I. P. Krivolapova. – Michurinsk: Izd-vo ООО «BiS», 2023. – 306 s.

3. Modern agricultural engineering / Collective monograph. – Moscow: Izd-vo Nazvanie, 2022. – 451 s.

4. Chemodurov, V. T. Methods of the theory of experiment planning in solving technical problems: monograph / V. T. Chemodurov, V. V. Zhigna, E. V. Litvinova, O. A. Kuz'menko. – M.: NIC INFRA-M, 2018. – 110 s. / <http://znanium.com/catalog/product/982205>.

5. Chemodurov, V. T. Universal method of optimization of design parameters of rural equipment taking into account reliability of its operation / V. T. Chemodurov, E. V. Litvinova // Izvestia of Agricultural Science of Taurida. – 2023. – № 35 (198). – P. 157-166. eLIBRARY ID: 54778908 EDN: AMRJLE

6. Chemodurov, V. T. Optimization of parameters of structural elements of aggregates of the agro-industrial complex / V. T. Chemodurov, S. G. Azhermachev, E. V. Litvinova // Izvestia of Agricultural Science of Taurida. – 2022. – № 32 (195). – P. 139-146. eLIBRARY ID: 50252865 EDN: YYIXCL

50252865 EDN: YYIXCL

7. Чемодуров, В. Т. Ударостойкость несущих элементов сельскохозяйственных машин и механизмов при воздействии динамических нагрузок / В. Т. Чемодуров, С. Г. Ажермачев, Э. В. Литвинова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 32 (195). – С. 147-157. eLIBRARY ID: 50252866 EDN: TNFBNV

8. Аюпов, В. В. Математическое моделирование технических систем: учебное пособие / В. В. Аюпов; М–во с.–х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. Учреждение высшего образования «Пермская гос. с.–х. акад. им. акад. Д. Н. Прянишникова». – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2017. – 242 с.

9. Козин, Р. Г. Математическое моделирование / Р. Г. Козин. – М., МИФИ, 2008. – 89 с.

10. Основы теории и практики моделирования динамических систем: учебное пособие / В. М. Кашин, В. Г. Новиков. – Коломна: КИ МГОУ, 2011. – 215 с.

11. Чемодуров, В. Т. Моделирование систем: монография / В. Т. Чемодуров, Э. В. Литвинова. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2016. – 236 с.

12. Межецкий, Г. Д. Сопротивление материалов: учебник / Г. Д. Межецкий, Г. Г. Загребин, Н. Н. Решетник. – 5-е изд. – Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. – 432 с.: ил. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-394-02628-7; То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453911>.

13. Масленников, А. М. Динамика и устойчивость сооружений: учебник и практикум для вузов / А. М. Масленников. – М.: Издательство Юрайт, 2016. –

7. СHemodurov, V. T. Impact resistance of bearing elements of agricultural machines and mechanisms under influence of dynamic loads / V. T. СHemodurov, S. G. Azhermachev, E. V. Litvinova // Izvestia of Agricultural Science of Taurida. – 2022. – № 32 (195). – P. 147-157. eLIBRARY ID: 50252866 EDN: TNFBNV

8. Ayupov, V. V. Mathematical modeling of technical systems: textbook / V. V. Ayupov; M–vo s.–h. RF, federal'noe gos. byudzhethoe obrazov. Uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Permskaya gos. s.–h. akad. im. akad. D.N. Pryanishnikova». – Perm': IPC «Prokrost», 2017. – 242 s.

9. Kozin, R. G. Mathematical modeling / R. G. Kozin. – M., MIFI, 2008. – 89 s.

10. Fundamentals of the theory and practice of modeling dynamic systems: textbook / V.M. Kashin, V.G. Novikov. – Kolomna: KI MGOU, 2011. – 215 s.

11. СHemodurov, V.T. Systems Modeling: monograph / V. T. СHemodurov, E. V. Litvinova. – Simferopol': IT «ARIAL», 2016. – 236 s.

12. Mezheckij, G. D. Strength of materials: textbook / G. D. Mezheckij, G. G. Zagrebin, N. N. Reshetnik. – 5-e izd. – Moscow: Izdatel'sko-torgovaya korporaciya «Dashkov and K°», 2016. – 432 s.: il. – Bibliography in the book. – ISBN 978-5-394-02628-7; The same [Electronic resource]. Access mode: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453911>.

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

14. Strength. Sustainability. Oscillations. A reference book in three

366 с. – Серия: Специалист.

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

volumes. Volume 1. Ed. I. A. Birger I. and YA. G. Panovko. – Moscow: Publishing house «Mashinostroenie», 1968. – 832 s.

Сведения об авторах:

Чемодуров Владимир Трофимович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общетехнических дисциплин Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: Chens_mu1@mail.ru, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Ажержмачев 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».

Литвинова Элла Валентиновна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общетехнических дисциплин Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: EllaLit@mail.ru, 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Information about the authors:

Chemodurov Vladimir Trofimovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of General Technical Disciplines of the Institute «Agrotechnological academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky CFU», e-mail: Chens_mu1@mail.ru, Institute «Agrotechnological academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky CFU», Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

Azhermachev Sergei Gennadevich – 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 CFU», e-mail: SGA.simf@gmail.com, Institute «Agrotechnological academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky CFU», Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

Litvinova Ella Valentinovna – 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 CFU», e-mail: EllaLit@mail.ru, Institute «Agrotechnological academy» of the FSAEI HE «V.I. Vernadsky CFU», Agrarnoye v., Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia.

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 636.2.082:619:615.2

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ПРИМЕНЕНИЯ
ВНУТРИВЛАГАЛИЩНЫХ
ИМПЛАНТОВ ПРИД ДЕЛЬТА И
СИДР ДЛЯ РЕГУЛЯЦИИ
ПОЛОВОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ
ТЁЛОК АБЕРДИН-АНГУССКОЙ
ПОРОДЫ**

Лозовой Н.М., аспирант кафедры акушерства, анатомии и хирургии;
Зубцова В.А., старший преподаватель кафедры акушерства, анатомии и хирургии ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Исследование посвящено сравнительной оценке эффективности применения внутривлагалищных устройств (имплантов) ПРИД Дельта (PRID Delta, CEVA) и СИДР (CIDR, Zoetis) для синхронизации полового цикла у тёлочек абердин-ангусской породы. Изучено влияние аппликации внутривлагалищных устройств на гормонально-метаболический гомеостаз, состояние репродуктивной системы и показатели воспроизводства. Установлено, что при схожей динамике изменений концентрации прогестерона, у группы животных получивших имплант СИДР отмечалась лучшая оплодотворяемость после искусственного осеменения, вероятно связанная с более надёжной фиксацией устройства во влагалище у тёлочек.

**EFFICACY OF
INTRAVAGINAL
IMPLANTS PRID DELTA AND
CIDR FOR CONTROLLING
SEXUAL CYCLICITY OF
CALVES OF
F ABERDEEN-ANGUS
BREED**

Lozovoy N.M., post-graduate student of the Department of Obstetrics, Anatomy and Surgery;
Zubtsova V.A., Senior Lecturer at the Department of Obstetrics, Anatomy and Surgery, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I

The study is devoted to a comparative assessment of the effectiveness of the use of intravaginal devices (implants) PRID Delta (CEVA) and CIDR (CIDR, Zoetis) for synchronizing the sexual cycle in calves of the Aberdeen-Angus breed. The effect of the application of intravaginal devices on hormonal and metabolic homeostasis, the state of the reproductive system and reproductive rates was studied. It was found that with similar dynamics of changes in progesterone concentration, the group of animals receiving the SIDR implant had better fertilization after artificial insemination, probably associated with a more reliable fixation of the device in the vagina in calves.

Ключевые слова: тёлки, прогестерон, овариэктомия, синхронизация полового цикла, внутривлагалищные устройства, искусственное осеменение, воспроизводство стада.

Key words: heifers, progesterone, ovariectomy, synchronization of the reproductive cycle, intravaginal devices, artificial insemination, cattle reproduction.

Введение. Результативность репродукции стада во многом зависит от степени совершенства организации воспроизводства маточного поголовья, как при искусственном осеменении, так и при естественном спаривании [3]. В мясном скотоводстве, в связи со спецификой содержания животных, преобладает естественная случка. Быки, находясь в стаде, биологически стимулируют проявление охоты у коров и тёлочек, что способствует повышению уровня их плодovitости [4]. Несмотря на довольно высокую результативность, применение естественного осеменения значительно ограничивает проведение селекционно-племенной работы. Искусственное осеменение, являясь основным биотехнологическим методом воспроизводства стада, позволяет широко использовать генетический материал выдающихся быков-производителей и получать наиболее здоровое потомство с выраженными продуктивными качествами [3]. Интенсивный темп ведения мясного скотоводства подразумевает организацию туровых отёлов, для чего поголовье осеменяют в сжатые сроки, как правило составляющие 45–60 дней. Применение программ гормональной синхронизации является необходимой мерой для стимуляции проявления половой охоты, овуляции и повышения результативности искусственного осеменения [4]. Особенно это касается тёлочек прошлого года рождения, не всегда проявляющих половую цикличность к началу случного сезона [1]. Фармакологическое поддержание повышенного уровня прогестерона в организме самок сельскохозяйственных животных в течение 7-ми и более дней позволяет синхронизировать половой цикл в большой группе коров или тёлочек, реализуя возможность проводить искусственное осеменение в сжатые сроки [5]. С этой целью широко используются внутривлагалищные устройства: ПРИД (PRID® Delta, CEVA) и СИДР (CIDR®, Zoetis). Их применение в комбинации с простагландинами, эстрогенами или Гн-РГ повышает эффективность программ гормональной синхронизации половой охоты. Данные устройства удобны в использовании, так как могут быть введены во влагалище животным на срок от 7 до 14 дней и в нужный момент извлечены [9,2].

Преимущества и недостатки применения внутривлагалищных устройств в схемах синхронизации, а также изменения уровня прогестерона в крови продуктивных коров, были рассмотрены в исследованиях (Shane Burggraaf, 1997; Van Werven T, 2013; Bisinotto R.S, 2013; Madureira AML, 2021)[6,8,9,10]. Однако, вопрос эффективности применения данных имплантов для успешной синхронизации половой охоты у тёлочек мясных пород, достигших случного возраста в сезон осеменения остаётся малоизученным. В связи с этим, нами была проведена сравнительная оценка биологической активности внутривлагалищных устройств ПРИД Дельта и СИДР, и анализ эффективности их использования в

гормональных программах воспроизводства тёлочек абердин-ангусской породы.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

1. Выполнен сравнительный анализ эффективности влияния имплантов на показатели воспроизводства тёлочек абердин-ангусской породы при применении схем синхронизации половой охоты.

2. Проанализированы данные учёта частоты потери устройств в зависимости от вида импланта и влияние этого на оплодотворяемость тёлочек абердин-ангусской породы.

3. Проведена оценка изменений концентрации прогестерона в сыворотке крови овариоэктомированных тёлочек после внутривлагалищного введения устройств ПРИД Дельта и СИДР.

Материалы и методы исследований. На первом этапе был проведён сравнительный анализ применения гормональных программ синхронизации половой охоты с использованием внутривлагалищных прогестерон-содержащих устройств. Для выполнения этой задачи был проведен анализ данных, зоотехнического и племенного учёта.

В исследовании были учтены результаты искусственного осеменения 15211 клинически здоровых тёлочек, для синхронизации овуляции у которых применяли две гормональные схемы: **I** – Косинх + ПРИД Дельта - (n=7430); **II** – Косинх + СИДР - (n=7781). Дополнительно были проанализированы данные осмотров тёлочек на 7 день гормональной программы, в ходе которых проводился учёт животных с потерей имплантов, а также анализ влияния потери устройств на результативность оплодотворения тёлочек.

Программа «Косинх» включала внутримышечное введение в 0 день схемы гонадотропина в дозировке 2,5 мл (0,25 мг) на животное, через 7 дней проводили инъекцию аналога простагландина F2α в дозе 2 мл на (0,5 мг) на голову, спустя 54–56 часов искусственно осеменяли тёлочек и повторно вводили гонадорелиберин. Общая длительность программы составляла 9 дней. Для первой схемы «Косинх» тёлочкам в 0 день также устанавливали внутривлагалищные импланты ПРИД Дельта, которые затем извлекали в 7-й день, во второй схеме в качестве прогестерон-содержащих устройств применяли СИДР.

Имплант ПРИД Дельта (PRID® Delta, CEVA) в качестве действующего вещества содержит 1,55 г прогестерона. Полиамидный каркас устройства образует треугольную форму, которая покрыта полимером носителем гормона – этилвинилацетатом. СИДР (CIDR®, Zoetis) содержит 1,98 г прогестерона, в качестве остова сохраняющего T-образную форму используются нейлоновые стержни. Носителем действующего вещества, покрывающим каркас является силиконовая резина. К каждому. Каждое из устройств для удобства введения складывается и помещается в специальный аппликатор. Для извлечения имплантов предусмотрен специальный полиэстеровый шнур, который остаётся снаружи после введения.

Для оценки влияния преждевременного прерывания курса действия прогестерона на оплодотворяемость, проводился учёт животных с потерями внутри-

влагалищных устройств. Тёлок на наличие импланта во влагалище проверяли в 7 день гормональных программ синхронизации. Учитывали тип устройства.

Исследование влияния использования имплантов на гормональный гомеостаз, выполнялось на половозрелых овариэктомированных тёлках. Удаление яичников выполнялось через прокол дорсальной стенки влагалища. Отделённые яичники оставались в брюшной полости, где подвергались лизису ферментами перитониальной жидкости.

В опыт были включены 12 клинически здоровых, овариэктомированных тёллок в возрасте 12–13 месяцев, массой 335 ± 15 кг, распределённых по принципу пар аналогов на две группы по 6 голов в каждой. Животным первой группы с помощью специального аппликатора были инсталлированы внутривлагалищные импланты ПРИД Дельта, а второй – СИДР.

Для оценки местной реакции на внутривлагалищное введение имплантов в 1-й и 4-й дни проводили осмотр наружных половых органов. На 7-й день при извлечении имплантов учитывали наличие и характер покрывающего их экссудата, а также проводили вагиноскопию.

Схема отбора проб крови определялась фармакокинетическими свойствами прогестерона с учётом пути введения. Кровь брали из подхвостовой вены в вакуумные пробирки с активатором свёртывания в день введения систем (0 день), на 1-й день (через 24 часа), 4-й день (спустя 96 часов), 7-й день (спустя 168 часов в момент извлечения устройств), а также спустя 4-6 часов после извлечения. Заключительный отбор проб крови был проведён на 8-й день через 24 часа после извлечения имплантов.

Концентрацию прогестерона определяли методом твёрдофазного иммуноферментного анализа с использованием тест-систем («Хема-Медика ИФА-Прогестерон К207», Россия) и анализатора иммуноферментных реакций «Униплан» (ЗАО «Пикон», Россия) в соответствии с инструкциями производителей.

Полученные данные обрабатывались методом вариационной статистики с помощью программ StatSoft Statistica v6.0 и электронных таблиц Microsoft Excel 2010. Степень достоверности данных различий средних величин в случаях нормального распределения определяли с помощью критерия Стьюдента.

Результаты исследований и обсуждение.

Эффективность влияние программ гормональной синхронизации с устройствами ПРИД и СИДР на оплодотворяемость животных показана в Таблице 1.

Таблица 1. Оплодотворяемость животных после применения схем синхронизации с имплантами ПРИД и СИДР

Схемы гормональной синхронизации	Количество, гол		Оплодотворяемость, %
	Всего	Стельные	
Группа I Косинх+ ПРИД Дельта	7430	2578	34,7%
Группа II Косинх + СИДР	7781	2697	35,1%

Сравнительный анализ оплодотворяемости тёллок случного возраста после применения двух схем гормональной синхронизации с разными прогестеронсодержащими устройствами (табл.1) показал, что после применения схемы

с ПРИД - оплодотворяемости составила - 34,7%, а после применения схемы с СИДР, тот же показатель был равен – 35,1%, что на 0,4% больше, чем в первой группе животных.

При проведении второго этапа исследования по оценке влияния имплантов, содержащих прогестерон на гормональный гомеостаз тёлоч было установлено, что в 0 день опыта в первой группе животных (n=6) – фоновая концентрация прогестерона в сыворотке крови составила $0,34 \pm 0,04$ нг/мл, во второй группе тёлоч (n=6) - $0,41 \pm 0,04$ нг/мл.

Через 24 часа после аппликации внутривлагалищных устройств уровень прогестерона в крови тёлоч из первой группы (ПРИД) увеличился в 8 раз в сравнении с фоновым значением $0,34 \pm 0,04$ нг/мл и составил $3,05 \pm 0,62$ нг/мл. Во второй группе (СИДР) концентрация гормона увеличилась в 6 раз с $0,41 \pm 0,04$ нг/мл до $2,44 \pm 0,29$ нг/мл.

На 4-й день опыта концентрация прогестерона в первой группе уменьшилась на 32,8 % и составляла $2,05 \pm 0,5$ нг/мл, во второй группе увеличилась на 18% до $2,88 \pm 0,35$ нг/мл.

На 7-й день в момент извлечения имплантов уровень прогестерона в обеих группах снизился. Так концентрация прогестерона в крови животных обеих групп снизилась в сравнении с 4 днём опыта на 25,4 % и 45,5 %, составив $1,53 \pm 0,20$ нг/мл и $1,57 \pm 0,35$ нг/мл у тёлоч первой и второй групп соответственно.

Спустя 4–6 часов после извлечения устройств, было отмечено резкое снижение концентрации прогестерона в сыворотке крови у животных обеих групп. У тёлоч первой группы концентрация гормона снизилась на 80,4 % и составила $0,30 \pm 0,03$ нг/мл, у второй группы отмечалось снижение на 75,8 % до $0,38 \pm 0,10$ нг/мл.

На 8 день опыта (через 24 часа после извлечения) концентрация гормона у всех тёлоч оставались на низком уровне. Так, в первой группе она составила - $0,39 \pm 0,06$ нг/мл, во второй группе - $0,43 \pm 0,08$ нг/мл (табл. 2).

Таблица 2. Концентрация прогестерона (нг/мл) в сыворотке крови (\pm SEM) у овариоэктомированных тёлоч абердин-ангусской породы

Группы животных	Дни опыта					
	0 (Исходный фон)	1	4	7	7 * (После извлечения)	8
I группа - ПРИД	$0,34 \pm 0,04$	$3,05 \pm 0,62^{**}$	$2,05 \pm 0,5^{**}$	$1,53 \pm 0,20^{**}$	$0,30 \pm 0,03$	$0,39 \pm 0,06$
II группа - СИДР	$0,41 \pm 0,04$	$2,44 \pm 0,29^{**}$	$2,88 \pm 0,35^{**}$	$1,57 \pm 0,35^*$	$0,38 \pm 0,10$	$0,43 \pm 0,08$

Примечание: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Согласно полученным данным, (табл.2) устройства ПРИД Дельта обеспечивали более высокий уровень прогестерона в организме тёлоч в 1-й день опыта, однако к 4-му дню отмечалось резкое снижение концентрации гормона. Импланты СИДР способствовали повышению прогестерона в 1-й день в меньшей

степени, но к 4-му дню увеличение концентрации гормона в сыворотке крови животных продолжилось. В исследование Long S.T. (2009) были отмечены схожие изменения концентраций прогестерона в сыворотке крови овариоэктомированных тёлочек, после аппликации препарата СИДР, но влияние устройств ПРИД на гормональный гомеостаз в приведённом источнике не изучалось [7].

Следует отметить, что в период проведения опыта, осложнения в виде местной воспалительной реакции чаще регистрировались в первой группе животных. К 4-му дню у всех тёлочек данной группы (100,0%) при осмотре наружных половых органов наблюдались следующие клинические признаки воспаления: присутствует отёчность вульвы, слизистая преддверия влагалища розового цвета, незначительно гиперемирована, наблюдается умеренное инъецирование сосудов. На 7-ой день наблюдалось наличие гнойного экссудата на поверхности имплантов извлечённых у 4-ёх тёлочек (66,6%). По результатам проведённой вагиноскопии у этих животных было выявлено воспаление слизистой влагалища с наличием гнойного экссудата. Во второй группе у 4 тёлочек (66,6%) также была выявлена клинически выраженная местная воспалительная реакция при осмотре наружных половых органов. Вагиниты с наличием гнойного экссудата после извлечения устройств СИДР на 7-й день были выявлены у 2-ух тёлочек (33,3%).

Так, в первой группе животных к 4-му дню эксперимента, одновременно с проявлением у всех тёлочек клинических признаков воспаления, наблюдалось снижение концентрации прогестерона на 32,8 % в сравнении с 1 днём опыта. Подобной динамики не наблюдалось во второй группе.

Более выраженная местная реакция, может являться причиной не только снижения эффективности всасывания гормона из имплантов, но и приводить к более частым потерям устройств и преждевременному прерыванию курса гормональной стимуляции. Учёт потерь имплантов, проведённый в ходе курса гормональных программ показал, что у 1,36 % животных устройства ПРИД находились во влагалище меньше 7-дневного периода (табл. 3).

Таблица 3. Потери устройств ПРИД и СИДР в 7-ми дневный период курса действия прогестерона

Тип устройства	Количество, гол.		
	Всего	С потерями устройств	Процент потерь
ПРИД Дельта	7430	101	1,36%
СИДР	7781	54	0,69%

Таким образом, из 7430 тёлочек, которым были введены устройства ПРИД Дельта, у 101 животного на 7 день они отсутствовали. Потери устройств СИДР во второй группе, регистрировались почти в два раза реже - из 7781 тёлочек только у 54 (0,69%) животных при осмотре в 7 день импланты отсутствовали.

Было установлено, что неполный курс гормональной стимуляции, связанный с потерями имплантов, значительно снижает оплодотворяемость тёлочек (табл. 4).

Таблица 4. Влияние потерь внутривлагалищных устройств с прогестероном, на оплодотворяемость тёлочек

Показатель	Количество, гол		Оплодотворяемость %
	Всего	Стельные	
С потерями устройств	155	44	28,4%
Без потерь	15056	5225	34,7%

Так, у животных с зарегистрированными потерями имплантов показатель оплодотворяемости составил – 28,4%, что ниже на 6,3%, чем у тёлочек сохранивших устройство на всём протяжении гормональной программы – 34,7%.

Выводы. Результаты проведённых нами исследований свидетельствуют о том, что форма устройств ПРИД и служащее носителем прогестерона твёрдое этилвинилацетатное покрытие, вызывает местную ответную реакцию в виде воспаления, и повышают риск выпадения устройств. Лучшее удержание устройств СИДР, по нашему мнению, обусловлено тем, что в качестве носителя прогестерона используется силикон, вызывающий меньшее раздражение слизистой половых путей, и Т-образная форма устройства, которая обеспечивает лучшую фиксацию.

Раннее снижение уровня прогестерона из-за нарушения эффективности всасывания гормона при возникающих вагинитах может приводить к преждевременному созреванию фолликула яичника и началу стадии эструса. Овуляция, происходящая раньше проведения искусственного осеменения, приводит к снижению жизнеспособности яйцеклетки к моменту введения спермы. В результате вероятность успешного оплодотворения значительно снижается.

Список использованных источников:

1. Альтмаев Э. А., Перерядкина С. П., Авдеенко В. С., Ступина Л. В. Совершенствование методов гормоностимуляции половой функции у тёлочек случайного возраста мясных пород. // Научная жизнь. - 2021. - Т. 16, № 1(113).

2. Дюльгер Г. П. Патопфизиология и патогенез кистозной болезни яичников у коров // Российский ветеринарный журнал. 2006. №4, С. 33-35.

3. Лободин, К. А. Репродуктивное здоровье высокопродуктивных молочных коров красно-пестрой породы и биотехнологические методы его коррекции : специальность 06.02.06 "Ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных" : авторефе-

References:

1. Altmaev E. A., Pereryadkina S. P., Avdeenko V. S., Stupina L. V. Improving methods of hormone stimulation of sexual function in heifers of breeding age of meat breeds. // Scientific life. - 2021. - T. 16, No. 1(113).

2. Dyulger G.P. Pathophysiology and pathogenesis of cystic ovarian disease in cows // Russian Veterinary Journal. 2006. No. 4, pp. 33-35.

3. Lobodin, K. A. Reproductive health of highly productive dairy cows of the red-motley breed and biotechnological methods of its correction: specialty 06.02.06 "Veterinary obstetrics and biotechnology of animal reproduction": abstract of the dissertation for the degree

- рат диссертации на соискание ученой степени доктора ветеринарных наук / Лободин Константин Алексеевич. – Санкт-Петербург, 2010. – 40 с.
4. Нежданов А. Г., Михалев В. И., Лозовая Е. Г. [и др.] / Патологические аспекты эмбриональной смертности у молочных коров // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52, № 2. – С. 338-348.
5. Сенджер, Ф. Л. Животные от беременности к родам / Ф. Л. Сенджер [науч. пер. с англ. Е. А. Корочкина, П. С. Анипченко, Г. С. Никитин, Е. В. Никиткина, С. В. Тимофеева, А. А. Мусидрай]. – СПб: ВНИИГРЖ-ПРОФ, 2019. – 336 с.
6. Bisinotto R.S., E.S. Ribeiro, F.S. Lima, N. Martinez, L.F. Greco, L.F.S.P. Barbosa, P.P. Bueo, L.F.S. Scagion, W.W. Thatcher, J.E.P. Santos, Targeted progesterone supplementation improves fertility in lactating dairy cows without a corpus luteum at the initiation of the timed artificial insemination protocol, *Journal of Dairy Science*, Volume 96, Issue 4, 2013, Pages 2214-2225.
7. Long ST, Yoshida C, Nakao T. Plasma progesterone profile in ovariectomized beef cows after intravaginal insertion of new, once-used or twice-used CIDR. *Reprod Domest Anim*. 2009 Feb;44(1):80-2.
8. Madureira AML, Burnett TA, Borchardt S, Heuwieser W, Baes CF, Vasconcelos JLM, Cerri RLA. Plasma concentrations of progesterone in the preceding estrous cycle are associated with the intensity of estrus and fertility of Holstein cows. *PLoS One*. 2021 Aug 9;16(8).
9. Shane Burggraaf, Bunt CR, L Macmillan K, Rathbone MJ. Conceptual of Doctor of Veterinary Sciences / Lobodin Konstantin Alekseevich. – St. Petersburg, 2010. – 40 p.
4. Nezhdanov A.G., Mikhalev V.I., Lozovaya E.G. [et al.] / Pathophysiological aspects of embryonic mortality in dairy cows // *Agricultural biology*. – 2017. – Т. 52, No. 2. – P. 338-348.
5. Senger, P. L. Pathways to Pregnancy and Parturition / P. L. Senger [scient. lane from English E. A. Korochkina, P. S. Anipchenko, G. S. Nikitin, E. V. Nikitkina, S. V. Timofeeva, A. A. Musidray]. – St. Petersburg: VNIIGRZH-PROF, 2019. – 336 p.
6. Bisinotto R.S., E.S. Ribeiro, F.S. Lima, N. Martinez, L.F. Greco, L.F.S.P. Barbosa, P.P. Bueo, L.F.S. Scagion, W.W. Thatcher, J.E.P. Santos, Targeted progesterone supplementation improves fertility in lactating dairy cows without a corpus luteum at the initiation of the timed artificial insemination protocol, *Journal of Dairy Science*, Volume 96, Issue 4, 2013, Pages 2214-2225.
7. Long ST, Yoshida C, Nakao T. Plasma progesterone profile in ovariectomized beef cows after intravaginal insertion of new, once-used or twice-used CIDR. *Reprod Domest Anim*. 2009 Feb;44(1):80-2;
8. Madureira AML, Burnett TA, Borchardt S, Heuwieser W, Baes CF, Vasconcelos JLM, Cerri RLA. Plasma concentrations of progesterone in the preceding estrous cycle are associated with the intensity of estrus and fertility of Holstein cows. *PLoS One*. 2021 Aug 9;16(8).
9. Shane Burggraaf, Bunt CR, L Macmillan K, Rathbone MJ. Conceptual and commercially available intravaginal

and commercially available intravaginal veterinary drug delivery systems. *Adv Drug Deliv Rev.* 1997 Dec 8;28(3):363-392.

10. Van Werven T, Waldeck F, Souza AH, Floch S, Englebienne M. Comparison of two intravaginal progesterone releasing devices (PRID-Delta vs CIDR) in dairy cows: blood progesterone profile and field fertility. *Anim Reprod Sci.* 2013 May;138(3-4):143-9.

veterinary drug delivery systems. *Adv Drug Deliv Rev.* 1997 Dec 8;28(3):363-392.

10. Van Werven T, Waldeck F, Souza AH, Floch S, Englebienne M. Comparison of two intravaginal progesterone releasing devices (PRID-Delta vs CIDR) in dairy cows: blood progesterone profile and field fertility. *Anim Reprod Sci.* 2013 May;138(3-4):143-9.

Сведения об авторах:

Лозовой Никита Михайлович, аспирант кафедры акушерства, анатомии и хирургии «ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», e-mail: nikit.lozovoi@yandex.ru, 394087, Россия, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1 «ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», научный руководитель доктор ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедрой акушерства, анатомии и хирургии Лободин К.А.

Зубцова Виктория Александровна старший преподаватель кафедры акушерства, анатомии и хирургии «ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», e-mail: viktrijalkn@mail.ru, 394087, Россия, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1 «ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»;

Information about the authors:

Lozovoy Nikita Mikhailovich - post-graduate student of the department of obstetrics, anatomy and surgery " FSBEI HE Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great ", e-mail: nikit.lozovoi@yandex.ru, 394087, Russia, Voronezh region, Voronezh, st. Michurina, 1 " FSBEI HE Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great", Scientific supervisor is Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Obstetrics, Anatomy and Surgery Lobodin K.A.

Zubtsova Victoria Alexandrovna - senior lecturer of the department obstetrics, anatomy and surgery " FSBEI HE Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I", e-mail: viktrijalkn@mail.ru, 394087, Russia, Voronezh region, Voronezh, st. Michurina, 1 "FSBEI HE Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great".

УДК 619:616.995:636.4

**ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА
МЕТИЛУРАЦИЛ НА
КЛЕТОЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ИММУНИТЕТА ОРГАНИЗМА
ЯГНЯТ ПРИ ЛЕЧЕНИИ
АССОЦИАТИВНОЙ
БРОНХОПНЕВМОНИИ**

**INFLUENCE OF
METHYLURACIL ON CELLULAR
IMMUNITY INDICATORS OF
LAMBS
DURING TREATMENT
OF ASSOCIATE
BRONCHOPNEUMONIA**

Лукьянов Р.Ю., кандидат ветеринарных наук;

Лукьянова Г.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»;

Лукьянов М.Р., студент, Институт «Медицинская академия им. С.И. Георгиевского» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»

Lukianov R.Y., candidate of veterinary sciences;

Lukianova G.A., doctor of veterinary sciences, institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»;

Lukianov M.R., student of institute “Medical Academy named after S.I. Georgievsky” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»

Изучено влияние комплексной схемы лечения, включающей в себя использование антибиотика энроксил, антгельминтика ивермек и иммуностимулятора метилурацил, на клеточные показатели иммунитета организма ягнят при ассоциативной диктиокаулёзно-микробной бронхопневмонии. Установлено, что использование иммуномодулятора метилурацила способствовало высоким среднесуточным приростам массы тела животных – $218,5 \pm 2,8$ г/сутки, вызывало нормализацию клеточных показателей иммунитета к 30-м суткам после начала лечения – количество эритроцитов, лейкоцитов, T- и B-лимфоцитов, по сравнению с терапией без иммуномодуляторного препарата было достоверно выше и находилось в пре-

The effect of a complex treatment regimen, including the use of the antibiotic enroxil, the anthelmintic ivermek and the immunostimulant methyluracil, on cellular immunity indices of the lambs' body with associative dictyocaulosis-microbial bronchopneumonia was studied. It was found that the use of the immunomodulator methyluracil contributed to high average daily weight gains in animals - 218.5 ± 2.8 g / day, caused normalization of cellular immunity indices by the 30th day after the start of treatment - the number of erythrocytes, leukocytes, T- and B-lymphocytes, compared with therapy without an immunomodulatory drug was significantly higher and was within the physiological norm. Also, the proposed regimen prevented re-infection of lambs

делах физиологической нормы. Также предложенная схема профилактировала повторное заражение ягнят гельминтами на протяжении 120 суток.

Ключевые слова: ягнята, бронхопневмония, иммунологические показатели, диктиокаулы, антгельминтик энроксил, антибиотик ивермек, метилурацил

with helminths for 120 days.

Keywords: sheep, lambs, bronchopneumonia, immunological parameters, dictyocauls, anthelmintic enroxil, antibiotic ivermec, methyluracil

Введение. Распространённым заболеванием у овец является ассоциативная бронхопневмония, сочленами которой являются микробные возбудители и личинки гельминтов *Dictio-caulus filarial* [1]. Данная патология регистрируется главным образом у ягнят раннего возраста и приводит к тяжёлому состоянию животных, которое нередко заканчивается их гибелью. Проведённые нами исследования эффективности лечебных мероприятий с использованием комплексной схемы, включающей антгельминтик и антибиотик, показали, что данное лечение достаточно эффективно [2, 3]. Однако, наряду с нормализацией общего состояния животных мы отмечали то, что иммунологические показатели организма оставались на уровне до лечения или были даже несколько ниже. То есть организм животного находился в состоянии иммунодепрессии. В качестве иммунодепрессантов по мнению исследователей выступают антибиотики и антгельминтики, которые приводят к перенапряжению и истощению компенсаторных механизмов системы иммунитета, что, в свою очередь, снижает сопротивляемость организма к другим заболеваниям и к повторному заражению гельминтами [4].

Среди современных методов решения проблемы нормализации иммунологического статуса организма животных важное значение имеет фармакологическая иммунокоррекция с применением препаратов иммуномодулирующего действия – веществ, которые способны целенаправленно влиять на развитие и функции иммунной системы [5].

Так, для коррекции иммунной системы у животных широко применяется такой антгельминтный препарат, как левамизол [6], стимулятор лейкопоза нуклеинат натрия, препараты тимуса, фитоиммуномодулятор из эхинацеи пурпурной [4] и другие.

Целью нашей работы было – изучить влияние препарата метилурацил на клеточные показатели иммунитета организма животных на фоне лечения ассоциативной бронхопневмонии.

Материал и методы. Исследования проводили в овцеводческих хозяйствах, неблагополучных по диктиокаулёзу на ягнятах больных бронхопневмониями (имелись характерные клинические симптомы) и с наличием личинок *Dictio-caulus filarial* в фекалиях. Личинок гельминтов обнаруживали при исследовании свежих фекалий из прямой кишки методом Шильникова и по Г.А. Котельникову и В.М. Хренову. Для лечения бронхопневмонии использовали схему лечения,

включающую антибиотик энроксил (внутримышечно в дозе 2,5 мг / кг массы тела двукратно с интервалом 48 ч с повторным введением через 14 суток), антгельминтик ивермек (внутримышечно 0,2 мг / кг массы тела по ДВ однократно), бронхолитик эуфиллин 2,4 % (внутримышечно 2 мг/кг 2 р/день, 7 суток).

В опыт было отобрано 28 больных ягнят, которых разделили на 2 группы по 14 особей в каждой. Животным первой группы использовали для лечения выше описанную схему (контрольная группа), ягнят второй группы лечили теми же препаратами с введением в схему иммуностимулятора метилурацила (1,5 мг/кг массы тела перорально один раз в день 4 дня подряд) – опытная группа.

До введения лекарственных препаратов, а также на 15-е, 30-е и 60-е сутки после их первого применения ягнят взвешивали, отбирали кровь для иммунологических исследований и проводили ларвоскопию фекалий. Дополнительно фекалии исследовали и на 120-е сутки, для того чтобы определить профилактируют ли эти лечебные обработки последующие заражения гельминтами.

Результаты исследований и обсуждение. Как свидетельствуют данные таблицы 1, применение комплексной схемы лечения вместе с иммуностимулятором способствовало стопроцентному освобождению ягнят от гельминтов. На 15-е сутки опыта в фекалиях животных обеих групп личинок диктиокаул не выявляли. При ларвоскопическом исследовании фекалий животных через 120 суток после дегельминтизации установили, что ягнята второй группы были полностью свободны от гельминтов, в первой группе, где иммуностимулятор не применяли для лечения, экстенсивность и интенсивность диктиокаул-лёзной инвазии составляла 21,4 % и $2,3 \pm 0,3$ личинок в пробе, соответственно.

Таблица 1. Эффективность лечения ягнят, больных ассоциативной бронхопневмонией

Группа животных	Средне-суточный прирост массы тела, г	Интенсивность инвазии (ИИ), экз			Экстенсивность инвазии (ЭИ), %		
		до дегельминтизации	через 15 дн. после дегел.	Через 120 дн. после дегел.	до дегельминтизации	через 15 дн. после дегел.	Через 120 дн. после дегел.
1	167,4 ±	63,2±	-	2,3±	100	-	21,4
2	218,5 ±	45,7±	-	-	100	-	-

Примечание: * – $P < 0,05$.

Применение комплексной схемы лечения с метилурацилом предотвращало заражение ягнят диктиокаулами на протяжении всего периода исследований (120 суток). В фекалиях животных не выявляли личинок паразитов благодаря повышению иммунологической реактивности организма и предотвращению негативного влияния биомектина. Это связано, в первую очередь, со стимулирующим действием метилурацила, что способствовало повышению общей

резистентности организма. Использование антгельминтика позволяло профилактировать осложнения и предотвращать гибель животных.

Среднесуточный прирост массы тела определяли за трёхмесячный период. В группе животных, где использовали биомектин+энроксил, он составил $167,4 \pm 13,6$ г. Более значительный результат лечения, который отразился в достоверно высоком приросте массы тела, регистрировали в опытной группе ягнят, которым использовали схему лечения с иммуномодулятором – $218,5 \pm 2,8$ г.

Параллельно исследовали показатели клеточного иммунитета, которые отражены в таблице 2. Как следует из таблицы, у животных группы 2 (схема с иммуностимулятором) отмечали повышение количества эритроцитов к крови с максимальным показателем на 30-е сутки ($8,9 \pm 0,1$ Т/л), достоверно превышая ($P < 0,05$) содержание эритроцитов у животных первой группы.

Динамика уровня лейкоцитов при комплексном лечении с метилурацилом характеризовалась тенденцией к снижению на момент окончания опыта. Данный показатель приближался к уровню физиологической нормы и достоверно отличался от другой группы ($P < 0,05$).

Использование в схеме лечения иммуномодулятора сопровождалось нормализацией относительного количества Т-лимфоцитов начиная с 15-х суток наблюдений. На конец опыта показатель составлял $47,1 \pm 0,3$ % ($P < 0,01$) по сравнению с контролем. Применение метилурацила способствовало нормализации указанного показателя на 30-е сутки. Данная схема приводила также к повышению содержания В-лимфоцитов.

Таблица 2. Показатели клеточного иммунитета организма ягнят больных ассоциативной пневмонией после использования разных схем лечения

Группа животных	Сутки исследования	Показатель				
		эритроциты, Т/л	лейкоциты, Г/л	эозинофилы, %	Т-лимфоциты, %	В-лимфоциты, %
1	до лечения					
	через 15 сут.	$7,9 \pm$	$15,4 \pm$	$11,6 \pm$	$40,5 \pm$	$19,9 \pm$
	через 30 сут.					
2	до лечения					
	через 15 сут.	$7,3 \pm$	$14,9 \pm$	$10,6 \pm$	$34,2 \pm$	$18,5 \pm$
	через 30 сут.					
	через 60 сут.					

Примечание: * – $P < 0,01$, ** – $P < 0,05$ по сравнению с контрольной группой

Таким образом, проведённые исследования показали, что использование комплексной схемы лечения ягнят больных ассоциативной бронхопневмонией, осложнённой действием бактерий и гельминтов, с использованием антибиотика с антгельминтиком имело высокую лечебную эффективность (100 %).

Введение в данную схему иммуномодулятора метилурацила также прояв-

лялось 100 %-ным эффектом и способствовало более высоким среднесуточным приростам массы тела.

Как стимулятор иммунобиологических свойств организма метилурацил имеет низкую токсичность, позитивное поливалентное влияние на организм – стимулирует нуклеиновый и белковый обмен, ускоряет клеточный рост и размножение, имеет противовоспалительный эффект, вызывает стимуляцию Т- и В-систем иммунитета [7].

Благодаря тому, что метилурацил способствует повышению иммунобиологической реактивности, такие обработки профилактировали дальнейшее заражение ягнят гельминтами на протяжении 120 суток. Аналогичные результаты были получены в опытах на ягнятах, заражённых желудочно-кишечными стронгилятами [8], и на поросятах, заражённых аскаридами [9]. Иммунокорректирующая терапия, стимулируя в организме животных биологически активные компоненты неспецифической резистентности, способствует нормализации физиологических функций, снижает токсическое и аллергическое влияние гельминтов, позитивно влияет на иммунобиологический статус, нормализует его показатели [4].

Применение антгельминтиков вместе с иммуностимуляторами позволяет существенно снизить побочные эффекты препаратов и одновременно обеспечить восстановление звеньев иммунитета в патологическом процессе, что позволяет добиться высокой эффективности лечения [5].

Выводы. Использование комплексной схемы лечения ассоциативной бронхопневмонии у ягнят с включением в неё иммуномодулятора метилурацила способствовало высоким среднесуточным приростам массы тела – $218,5 \pm 2,8$ г/сутки, вызывало нормализацию клеточных показателей иммунитета к 30-м суткам опыта – количество эритроцитов, лейкоцитов, Т- и В-лимфоцитов и профилактировало повторное заражение гельминтами на протяжении 120 суток.

Список использованных источников:

1. Соловьёв Д.А. Диктиокаулёз овец: прижизненная и посмертная диагностика, комплексная терапия : автореф. дис. канд. вет. наук. - Н. Новгород, 2005. – 24 с.
2. Лукьянов Р.Ю., Лукьянова Г.А., Кувда Е.Н. Изменение показателей клеточного иммунитета организма ягнят при лечении ассоциативной бронхопневмонии // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды, 2024. - № 37 (200). – С.235 – 241.
3. Лукьянов Р.Ю., Лукьянова Г.А.

References:

1. Solov'yov D.A. Diktiokauloz ovec: prizhiznennaya i posmertnaya diagnostika, kompleksnaya terapiya : avtoref. dis. kand. vet. nauk. - N. Novgorod, 2005. – 24 s.
2. Luk'yanov R.YU., Luk'yanova G.A., Kuevda E.N. Izmenenie pokazatelej kletochnogo immuniteta organizma yagnyat pri lechenii associativnoj bronhopnevmonii // Izvestiya sel'skokhozyajstvennoj nauki Tavridy, 2024. - № 37 (200). – S.235 – 241.
3. Luk'yanov R.YU., Luk'yanova

Изменение иммунобиологических показателей гуморального иммунитета организма ягнят при лечении ассоциативной бронхопневмонии // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды, 2024. - № 38 (201). – С.269 – 274.

4. Козьявин, В.Н. Иммуноterapia и иммунопрофилактика диктиокаулеза крупного рогатого скота : автореф дис. канд. вет. наук. - Н. Новгород, 2003. – 22 с.

5. Даугалиева, Э.Х. Регуляция иммунных процессов в профилактике и терапии гельминтозов животных / Э.Х. Даугалиева, К.Г. Курочкина, В.Н. Козьявин // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: мат. докладов научн. конф. Москва, 2001. - С. 78.

6. Михайлова О.Н. Теоретические и практические аспекты профилактики и лечения желудочно-кишечных заболеваний телят раннего постнатального периода : автореф дис. канд. вет. наук. - Курск, 2013. – 19 с.

7. Плачева Д.В. Стимуляция репаративной регенерации кожи оксимутилурацилом : автореф дис. канд. мед. наук. - Уфа, 2004. – 28 с.

8. Сравнительная эффективность некоторых иммуномодуляторов в терапии бронхолегочных заболеваний / А.М. Земсков, В.М. Провоторов, А.В. Никитин [и др.] // Антибиотики.-1984.-№6.-С.460-463

9. Біла І.Д. Пневмонії свиней, спричинені аскарисо-мікробними асоціаціями та розробка профілактичних і лікувальних заходів : дисс. канд. вет. наук.- Харьков, 1999. – 153 с.

G.A. Izmenenie immunobiologicheskikh pokazatelej gumoral'nogo immuniteta organizma yagnyat pri lechenii associativnoj bronkhopnevmonii // Izvestiya sel'skokhozyajstvennoj nauki Tavridy, 2024. - № 38 (201). – S.269 – 274.

4. Kozyavin, V.N. Immunoterapiya i immunoprofilaktika diktiokauleza krupnogo rogatogo skota : avtoref dis. kand. vet. nauk. - N. Novgorod, 2003. – 22 s.

5. Daugalieva, E.H.KH. Regulyaciya immunnykh processov v profilaktike i terapii gel'mintozov zhiivotnykh / E.H.KH. Daugalieva, K.G. Kurochkina, V.N. Kozyavin // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami: mat. dokladov nauchn. konf. Moskva, 2001. - S. 78.

6. Mihajlova O.N. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty profilaktiki i lecheniya zheludochno-kishechnykh zabojevanij telyat rannego postnatal'nogo perioda : avtoref dis. kand. vet. nauk. - Kursk, 2013. – 19 s.

7. Placheva D.V. Stimulyaciya reparativnoj regeneracii kozhi oksimutiluracilom : avtoref dis. kand. med. nauk. - Ufa, 2004. – 28 s.

8. Sravnitel'naya ehffektivnost' nekotorykh immunomodulyatorv v terapii bronkholyogochnykh zabojevanij / A.M. Zemskov, V.M. Provotorov, A.V. Nikitin [i dr.] // Antibiotiki.-1984.-№6.-S.460-463.

9. Bila I.D. Pnevmonii svinej, sprichineni askariso-mikrobnimi asociacijami ta rozrobka profilaktichnykh i likuval'nykh zakhodiv : diss. kand. vet. nauk.- Khar'kov, 1999. – 153 s.

Сведения об авторах:

Лукьянов Руслан Юрьевич – кандидат ветеринарных наук, ассистент кафедры внутренней патологии животных Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: ruslan_1111@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Лукьянова Галина Александровна – доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: njanja74@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Лукьянов Михаил Русланович – студент Института «Медицинская академия им. С.И. Георгиевского» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: njanja74@mail.ru, 295492, г. Симферополь, институт «Медицинская академия им. С.И. Георгиевского» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Information about the authors:

Lukianov Ruslan Yurievich – candidate of veterinary sciences, assistant of chair of the Institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: ruslan_1111@mail.ru, institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Lukianova Galina Alexandrovna - Doctor of Veterinary Science, Professor, professor by a department microbiology, epizootology and veterino-sanitary expertis, Institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: njanja74@mail.ru, institute “Agrotechnology academi” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Lukianov Michail Ruslanovich – student of institute “Medical Academy named after S.I. Georgievsky” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: njanja74@mail.ru, 295492, t. Simferopol, institute “Medical Academy named after S.I. Georgievsky” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University”.

УДК 619:636.2.082:612.57

**ВЛИЯНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО
ПОТЕНЦИАЛА КОРОВ НА
МОЛОЧНУЮ
ПРОДУКТИВНОСТЬ И
УСТОЙЧИВОСТЬ К
ГИПЕРТЕРМИИ**

**COW GENETIC
POTENTIAL IMPACT
ON MILK PRODUCTION
AND
HYPERTHERMIA
RESISTANCE**

Кувда Н.Н., кандидат ветеринарных наук, доцент;

Кувда Е.Н., кандидат ветеринарных наук;

Пономарёв А.А., обучающийся факультета ветеринарной медицины Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского».

Kuevda N.N., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,

Kuevda E.N., Candidate of Veterinary Sciences,

Ponomarev A.A., studying at the Institute "Agrotechnological Academy" FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University».

В статье представлены результаты изучения влияния гипертермии на коров голштинской и красной степной породы. Изучено влияние генетического потенциала коров на возможность реализации продуктивности при неблагоприятных климатических условиях. Установлено, что при перегревании снижается молочная продуктивность животных в целом, а также изменяется качественный состав молока – уменьшается жирность и содержание белка. Наиболее страдают от перегревания высокопродуктивные коровы голштинской породы. У этих животных наблюдаются признаки отрицательного энергетического баланса – снижение содержания глюкозы и повышение уровня кетоновых тел в крови.

Ключевые слова: высокопродуктивные коровы, гипертермия, генетический потенциал.

The article presents the results of studying the effect of hyperthermia on Holstein and red steppe cows. The cows genetic potential impact on the possibility of realizing productivity under adverse climatic conditions has been studied. It has been established that overheating reduces the animals whole milk productivity, and also changes the qualitative composition of milk – the fat and protein contents are decrease. Highly productive Holstein cows suffer the most from overheating. These animals show signs of a negative energy balance – a decrease in blood glucose and an increase the blood level of ketone bodies.

Key words: highly productive cows, hyperthermia, genetic potential.

Введение. Гипертермия, или тепловой стресс, наиболее опасна для высокопродуктивных животных, особенно в период наивысшей лактации. Опасность перегрева животных значительно возрастает в условиях повышенной влажности. Механизмы адаптации коров к гипертермии направлены на снижение эндогенной теплопродукции. Животные начинают потреблять меньше сухого вещества и энергии, что вызывает у них сокращение ежедневной и общей молочной продуктивности, изменение состава получаемого молока [1]. По сведениям разных авторов в США у коров, подвергшихся тепловому перегреванию, содержание молочного жира в молоке уменьшалось на 9,7% [2], содержание молочного белка и сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) уменьшалось менее значительно [3]. По данным Vernabucci и др. (2015) жирность молока была наименьшей летом – 3,2%, в то время как зимой и весной этот показатель составлял 3,8 и 3,61% соответственно [4]. При этом авторы (D.L.Smith и др., 2013) указывают, что наибольшие изменения общей молочной продуктивности и качественных показателей молока отмечаются у голштинских коров, в то время как джерсейская порода является более устойчивой к негативному воздействию перегрева [5]. Опасность перегрева становится все более очевидной в связи с глобальным потеплением на планете, с одной стороны, и увеличением числа коров, имеющих генетический потенциал высокой продуктивности, и их с помесей, с другой. Для оценки общего воздействия климатических факторов был разработан температурно-влажностный индекс (ТНІ), рассчитываемый по разным формулам [1]. Повышенный ТНІ (по данным Р. Зимбельмана – это ТНІ превышающий 75) вводит коров в состояние перегрева, при котором тепло, выработанное при усиленном метаболизме в организме и полученное из внешней среды не рассеивается полностью [6, 7].

Материал и методы исследований. При выполнении работы использовали клинические, гематологические, биохимические и статистические методы исследований. Экспериментальные исследования были организованы и проведены в клинико-биохимической лаборатории кафедры внутренней патологии животных и лаборатории селекционного контроля качества молока института «Агротехнологическая академия» КФУ имени В.И.Вернадского. Объектом исследования были коровы двух пород (голландская и красная степная), коров в контрольные группы подбирали по показателю максимальной продуктивности (по 10 голов в каждую). Материалом для исследования – образцы крови и молока коров, данные метеостанций. При клиническом осмотре животных контрольных групп определяли общее состояние, а также регистрировали температуру тела бесконтактным термометром и частоту дыхания. В молоке животных всего стада определяли содержание белка и молочного жира на автоматическом анализаторе, в крови голштинских коров – содержание глюкозы и кетоновых тел (β -оксимасляной кислоты) экспресс-анализатором CentriVet (ACON Laboratories Inc, США). Для определения ТНІ учитывали данные автоматической метеостанции, используя показатели окружающей температуры

воздуха (°C) и его относительную влажность (%). Расчет ТНІ проводили в мае, летние месяцы и сентябре по формуле, изложенной в работе Mader T.L. и др. [7]. В течение дня учитывали средние значение ТНІ за два часа в дневной период (6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15, 16-17, 18-19 и 20-21 часов). Влияние ТНІ на животных оценивали, анализируя данные по молочной продуктивности коров. Статистическую обработку результатов проводили, используя Microsoft Office Excel 2007, рассчитывая среднюю величину, ее ошибку, коэффициент вариации (%), минимальные и максимальные значения показателя.

Результаты и обсуждение. Клиническое состояние животных контрольных групп при осмотре было удовлетворительным в течение экспериментальных наблюдений. Основными критериями служили их активность поедаемость корма и отсутствие признаков угнетения. У отдельных голштинских коров отмечали симптомы вялости в наиболее жаркие дни и снижение продуктивности на 7-9% по сравнению с предыдущим периодом. Другие симптомы перегревания отсутствовали. Результаты термометрии животных отражены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели температуры тела коров при наблюдении, $M \pm m$, $n=10$

Сезон	Зима			Весна			Лето			Осень		
Голштинская порода												
М, °C	38,64	38,68	38,84	38,98	39,22	39,47	39,54	39,63	39,64	39,47	38,21	38,54
m	0,15	0,11	0,11	0,09	0,12	0,16	0,11	0,15	0,11	0,11	0,18	0,15
Cv,%	1,22	0,88	0,86	0,69	0,93	1,25	0,87	1,21	0,88	0,89	1,53	1,21
Min	38,0	37,9	38,2	38,5	38,8	38,8	38,7	39,0	38,8	38,8	37,5	37,9
Max	39,5	39,1	39,2	39,5	39,9	40,4	40,0	40,5	40,1	39,8	39,2	39,2
Красная степная порода												
М, °C	38,2	38,1	38,2	38,4	38,7	38,5	39,1	39,2	39,2	38,1	38,0	38,0
m	0,18	0,18	0,18	0,19	0,15	0,19	0,10	0,12	0,12	0,19	0,19	0,14
Cv,%	1,53	1,53	1,53	1,53	1,23	1,53	0,84	0,99	0,99	1,57	1,57	1,14
Min	37,5	37,4	37,5	37,7	38,1	37,8	38,6	38,5	38,5	37,3	37,2	37,1
Max	39,2	39,1	39,2	39,4	39,7	39,5	39,5	39,5	39,5	39,0	39,1	38,8
p≤	–	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,05	–	0,05	0,001	–	0,05

По данным этой таблицы видно. Что летом температура тела у животных была преимущественно выше, чем в остальные сезоны года. При этом у отдельных коров этот показатель превышал норму, что свидетельствует о том, что животные испытывали негативное влияние гипертермии. Коровы красной степной породы оказались более устойчивыми. Их температура тела в среднем была нормальной и достоверно ниже, чем у голштинских коров.

Аналогичная динамика отмечена нами и при анализе частоты дыхания коров (табл.2).

**Таблица 2. Результаты определения частоты дыхания коров,
M±m, n=10**

	Зима			Весна			Лето			Осень		
Голштинская порода												
M	22,30	21,00	21,30	25,00	25,10	27,90	29,60	30,66	30,16	25,18	23,65	21,82
m	0,84	0,86	0,87	0,82	0,81	0,74	0,60	0,64	0,82	0,81	0,76	0,77
Cv,%	12,0	12,9	12,9	10,3	10,2	8,4	6,4	6,6	8,6	10,2	10,2	11,1
Min	18	17	17	21	22	25	27	28	25	22	19	17
Max	27	26	26	29	29	32	32	34	34	29	27	25
Красная степная порода												
M	14,1	16,3	20,2	18,8	21,4	24,0	27,6	26,2	26,0	21,7	20,8	17,8
m	0,62	0,82	0,61	0,66	0,75	0,63	0,75	0,84	0,88	0,82	0,80	0,74
Cv,%	13,97	15,85	9,57	11,16	11,06	8,33	8,57	10,15	10,73	11,91	12,16	13,19
Min	12	12	18	15	18	21	24	22	22	18	17	15
Max	18	21	23	22	25	27	31	31	31	27	25	22
p≤	0,001	0,01	–	0,01	0,01	0,01	–	0,01	0,01	0,05	0,05	0,01

По данным этой таблицы видно, что летом значения этого показателя были максимальны, причем у большинства голштинских коров выше нормы, у коров красной степной породы – выше нормы у отдельных животных.

Результаты определения температурно-влажностного индекса (ТНІ) приведены в таблице 3.

По данным таблицы 3 видно, что в мае показатель был нормальный и только в отдельные дни превышал 75 в период около полудня. В июне же условия для перегрева животных наблюдались в период 10-18 часов, а в июле, августе – уже с 8 часов и удерживались практически в течение всего светового дня. Нормальных значений этот показатель достигал только в сентябре.

Результат определения среднесуточной продуктивности коров отображены на рисунке 1.



Рисунок 1. Среднесуточная продуктивность коров в течение года.

Таблица 3. Результаты определения ТНІ в течение дня в период исследований

Время	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20-21
Май								
M±m	62,8±1,1	64,2±1,4	67,2±1,1	67,3±0,95	65,2±0,7	61,2±1,02	57,6±0,95	55,97±1,0
Cv,%	9,3	9,3	9,5	7,8	6,4	10,3	9,2	9,9
Lim	50,9-74,8	55,1-82,5	57,1-84,5	57,4-83,6	57,7-77,7	48,9-72,8	46,4-70,4	43,8-69,8
Июнь								
M±m	63,0±0,6	70,0±1,0	75,8±1,3	79,2±1,3	79,1±1,5	76,6±1,5	73,2±1,4	69,2±0,9
Cv,%	4,83	7,58	8,98	8,74	9,93	10,74	10,16	7,15
Lim	58-70	61-80	64-86	65-89	65-90	63-88	60-85	60-78
Июль								
M±m	64,7±0,6	74,4±0,7	80,9±0,9	84,1±0,9	85,1±1,0	83,4±1,0	80,3±0,9	73,7±0,7
Cv,%	4,91	5,18	6,12	6,12	6,50	6,96	6,20	5,31
Lim	59-71	67-82	68-89	74-93	73-94	67-92	63-89	63-80
Август								
M±m	66,4±0,6	73,0±0,6	81,3±0,7	86,2±0,7	87,1±1,1	84,6±1,1	81,1±0,9	76,1±0,6
Cv,%	4,79	4,57	4,75	4,31	6,74	7,30	5,86	4,38
Lim	57-71	66-80	72-90	77-93	74-95	69-95	70-90	66-82
Сентябрь								
M±m	61,3±2,0	63,6±1,5	70,4±1,6	73,3±1,5	73,5±1,6	72,1±1,6	68,8±1,4	63,6±1,2
Cv,%	12,74	11,38	11,49	10,48	11,19	11,29	10,43	9,97
Lim	49-73	54-79	58-86	61-87	54-87	54-88	54-83	51-76

По данному рисунку видно, что у коров голштинской породы в летние месяцы продуктивность была снижена по сравнению с весной и осенью, причем максимально – в августе. Восстановление ее отмечалось к концу октября (по сравнению с весенними показателями). Продуктивность коров красной степной породы в летний период снижалась менее значительно и восстанавливалась гораздо быстрее, что свидетельствует о лучшей адаптации животных этой породы к перегреванию.

Результаты определения жирности молока приведены в таблице 4.

Таблица 4. Динамика жирности молока коров в течение года, %

	Зима			Весна			Лето			Осень		
Голштинская порода (n=2040)												
M	3,79	3,94	3,81	4,01	3,84	3,74	3,56	3,60	3,95	3,75	3,94	3,94
m	0,014	0,011	0,013	0,014	0,014	0,014	0,013	0,011	0,014	0,015	0,015	0,015
Cv,%	16,3	12,1	15,7	15,6	16,9	16,4	16,7	14,4	16,2	17,5	17,5	17,5
Красная степная порода (n=420)												
M	3,98	4,09	4,00	4,05	4,10	3,88	3,78	3,91	4,02	4,03	4,14	4,14
m	0,027	0,021	0,028	0,03	0,027	0,028	0,03	0,028	0,03	0,029	0,026	0,029
Cv,%	14,3	11,2	15,4	15,7	13,3	16	16,1	15,1	15,4	15,3	13,3	14,7
p≤	0,001	0,001	0,001	–	0,001	0,01	0,001	0,001	0,05	0,001	0,001	0,001

По данным этой таблицы видно, жирность молока коров красной степной породы выше чем у голштинских, что, вероятно, обусловлено меньшей продуктивностью. При анализе сезонной динамики отмечаем, что в начале лета жирность у животных обеих пород снижается, причем более выражено – у голштинских коров. Причем варьирует этот показатель значительно – 13-17%.

Аналогичная динамика отмечена по содержанию белка в молоке (табл. 5).

Таблица 5. Динамика содержания белка в молоке, %

	Зима			Весна			Лето			Осень		
Голштинская порода (n=2040)												
M	3,24	3,30	3,30	3,36	3,27	3,22	3,13	3,20	3,21	3,23	3,26	3,28
m	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003
Cv,%	3,4	2,9	2,8	3,6	2,6	2,4	2,9	2,6	2,7	3,2	3,3	3,7
Красная степная порода (n=420)												
M	3,23	3,26	3,20	3,26	3,22	3,21	3,20	3,17	3,17	3,24	3,29	3,24
m	0,005	0,004	0,005	0,005	0,004	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005
Cv,%	3,0	2,6	3,1	3,3	2,4	3,2	3,8	3,1	3,5	3,2	2,8	3,2
p≤	–	0,001	0,001	0,001	0,001	–	0,001	0,01	0,001	–	0,001	0,001

При анализе этой таблицы видно, что содержание белка значительно выше в молоке у коров голштинской породы практически в течение всего экспериментального периода, за исключением начала осени. Это связано, вероятно, с негативными последствиями гипертермии в летние месяцы, что сопровождалось и снижением общей молочной продуктивности. Причем, варьирует этот показатель незначительно (не более 3,7%).

Содержание глюкозы и кетоновых тел (β -оксимасляной кислоты) в крови коров голштинской породы отобрано в таблице 6.

Таблица 6. Динамика содержания глюкозы и β -оксимасляной кислоты в крови коров, $M \pm m$, $n=10$

	Зима			Весна			Лето			Осень		
Глюкоза, ммоль/л												
M	2,91	3,13	3,26	2,83	2,88	2,83	2,64	2,43	2,28	2,66	2,81	2,87
m	0,06	0,07	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09
Cv,%	6,2	7,2	6,7	7,5	5,3	6,8	7,1	7,4	7,7	8,3	9,0	10,3
Min	2,7	2,8	3,0	2,5	2,7	2,5	2,4	2,2	2,1	2,4	2,4	2,2
Max	3,1	3,5	3,6	3,1	3,2	3,1	3,0	2,8	2,7	3,0	3,1	3,2
Кетоновые тела (ВНВ), ммоль/л												
M	3,23	3,21	3,01	4,00	4,70	5,12	5,41	5,70	5,74	5,18	4,63	3,76
m	0,13	0,14	0,15	0,19	0,17	0,19	0,25	0,32	0,38	0,29	0,25	0,21
Cv,%	12,47	13,50	15,62	15,00	11,36	11,78	14,67	17,56	21,04	17,69	17,07	17,34
Min	2,6	2,6	2,4	3,2	3,8	4,2	4,6	3,9	3,9	4,0	3,8	2,9
Max	3,7	3,8	3,8	5,2	5,4	6,0	6,8	7,2	7,8	6,3	6,1	5,1

По данным этой таблицы видно, что исследуемые показатели имели выраженную сезонную динамику. Причем, содержание кетоновых тел в крови варьировало в два-три раза больше, чем глюкозы. Минимальные показатели глюкозы отмечались летом, в то время как кетоновые тела в это период максимальны. Причем, у отдельных коров кетоновые тела превышали верхние пределы норматива. По нашему мнению это может быть связано с негативным энергетическим балансом вследствие перегревания: снижением потребления энергии и сухого вещества с кормами. По мере восстановления благоприятных климатических условий наблюдалось постепенное возрастание уровня глюкозы и снижение кетоновых тел (хотя у отдельных животных эти показатели были нарушены).

Выводы. В условиях Республики Крым гипертермия крупного рогатого скота (ТНТ выше 75) наиболее выражена в летние месяцы – в течение 6-8 ч в июне (около полудня), июль и август – в течение всего дня. Нормализация климатических условий наступает к середине сентября. Влияние неблагоприятных климатических условий не позволяет коровам реализовать генетический потенциал продуктивности в полном объеме. Наиболее подвержены перегреванию высокопродуктивные коровы голштинской породы. Молочная продуктивность, качественный состав молока (содержание жира и белка) в летние месяцы значительно ниже, чем в другие сезоны. Восстановление продуктивности происходит постепенно. Гипертермия у коров характеризуется повышением температуры тела, возрастанием частоты дыхания. Отрицательный энергетический баланс у голштинских коров проявляется снижением уровня глюкозы и повышением кетоновых тел в крови.

Список использованных источников:

1. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production / R.J. Collier, D. K. Beede, W. W. Thatcher et al. // *J. Dairy Sci.* – 1982. – 65:2213–2227.
2. Maust, L. E. Effect of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation / L. E. Maust, R. E. McDowell, N. W. Hooven // *J. Dairy Sci.* – 2001 – 55:1133-1139.
3. Regan W. M. Reactions of the dairy cow to changes in environmental temperature/W.M.Regan, G.A. Richardson // *J. Dairy Sci.* – 2008. – 21:73-79.
4. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle / U.S. Bernabucci, L. Buggiotti, A.Vitali et al. // *J. Dairy Sci.* – 2014. – 97:471–486.
5. Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows / D.L.Smith, T.Smith, B.Rude, and S. Ward // *J. Dairy Sci.* – 2013. – 96:3028–3033.
6. Zimbelman R.B. Feeding strategies for high-producing dairy cows during periods of elevated heat and humidity / R.B. Zimbelman, R.J. Collier, M.L. Eastridge // *Proceedings of the 20th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference, 19-20 April 2011, Grand Wayne Center, Indiana, USA, pp. 111-125.*
7. Mader T.L. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle / T.L. Mader, M.S.Davis, T.M. Brown-Brandl // *Journal of Animal Science.* – 2006. – 84:712-719.

References:

1. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production / R.J.Collier, D. K. Beede, W. W. Thatcher et al. // *J. Dairy Sci.* – 1982. – 65:2213–2227.
2. Maust, L. E. Effect of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation / L. E. Maust, R. E. McDowell, N. W. Hooven // *J. Dairy Sci.* – 2001 – 55:1133-1139.
3. Regan W. M. Reactions of the dairy cow to changes in environmental temperature/W.M.Regan, G.A. Richardson // *J. Dairy Sci.* – 2008. – 21:73-79.
4. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle / U.S. Bernabucci, L. Buggiotti, A.Vitali et al. // *J. Dairy Sci.* – 2014. – 97:471–486.
5. Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows / D.L.Smith, T.Smith, B.Rude, and S. Ward // *J. Dairy Sci.* – 2013. – 96:3028–3033.
6. Zimbelman R.B. Feeding strategies for high-producing dairy cows during periods of elevated heat and humidity / R.B. Zimbelman, R.J. Collier, M.L. Eastridge // *Proceedings of the 20th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference, 19-20 April 2011, Grand Wayne Center, Indiana, USA, pp. 111-125.*
7. Mader T.L. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle / T.L. Mader, M.S.Davis, T.M. Brown-Brandl // *Journal of Animal Science.* – 2006. – 84:712-719.

Сведения об авторах:

Кувда Николай Николаевич – кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедрой внутренней патологии животных факультета ветеринарной медицины Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: therapy-abip@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского»;

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».

Пономарёв Алексей Александрович – обучающийся 5 курса направления специальности 36.05.01, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», e-mail: stud-days@mail.ru, 295492, п. Аграрное, Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского».

Information about the authors:

Kuevda Nikolay Nikolayevich – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of Animal Internal Pathology Department of the Veterinary Medicine Faculty of the Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: therapy-abip@mail.ru, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe;

Kuevda Ekaterina Nikolaevna – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Internal Pathology of the Faculty of Veterinary Medicine of the Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: therapy-catu@yandex.ru, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University» 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Ponomarev Alexey Alexandrovich is a 5th-year student of the specialty 36.05.01, Institute “Agrotechnological Academy” FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University», e-mail: stud_days@mail.ru , 295492, 295492, Republic of Crimea, Simferopol, Agrarnoe.

Рефераты статей, опубликованных в теоретическом и научно-практическом журнале «Известия сельскохозяйственной науки Тавриды». № 39 (202), 2024 г.**АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

УДК 633.174:664.27

Кибальник О.П., Семин Д.С., Ефремова И.Г., Бычкова В.В., Калинин Ю.А.

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ И ГИБРИДОВ СОРГО С ВЫСОКОЙ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТЬЮ И ВЫХОДОМ КРАХМАЛА В ЗЕРНЕ

Целью исследований являлось формирование исходного материала и выявление наиболее продуктивных и высокоэнергетических перспективных линий зернового сорго с улучшенным биохимическим составом зерна, обеспечивающих максимальный выход крахмала с единицы площади посева. Всего рассматривалось 250 селекционных образцов из различных питомников, отличившихся высоким содержанием крахмала в зерне (71-75%). Закладка питомников проведена на опытном поле института в период с 2021 по 2023 г. Анализ и оценка селекционных признаков осуществлена согласно общепринятым методикам. Образцы с очень высоким уровнем показателя (75% и более) и урожайностью зерна в пересчете на сухое вещество 4,06-5,74 т/га составили рабочую коллекцию для селекции сортов в качестве сырья при производстве диетической продукции из крахмала на пищевые цели. Установлены селекционные линии с высоким выходом крахмала, соответствующие параметрам модели сорта при селекции на крахмал: Л-ПЗС 261-1/14 – 3,97 т/га, Л-121/14 – 4,28 т/га, Л-80/14 – 3,27 т/га. Л-164-1/14 – 3,16 т/га и Л-251/13 – 3,06 т/га. Таким образом, рабочая коллекция включила 5 образцов зернового сорго, которые удовлетворяют основным характеристикам сырья для получения крахмала, в том числе крупнозерные продуктивные линии с белой и светлой окраской зерновок с массой 1000 семян 31,4-35,2 г (Л-251/13, Л ПЗС 261-1/14, Л-80/14) и два образца с массой 1000 семян 24,1 г (Л-164-1/14) и 25,7 г (Л-121/14). Выявлены также перспективные линии с высокой биоэнергетической ценностью зерна и высоким содержанием крахмала, имеющие окрашенную оболочку зерновки – Л-112/14 и Л-110/14, которые используются в создании сортов на зернофураж.

Kibalnik O.P., Semin D.S., Efremova I.G., Bychkova V.V., Kalinin Yu.A.

SOURCE MATERIAL FOR THE BREEDING VARIETIES AND HYBRIDS OF SORGHUM WITH HIGH BIOENERGETIC VALUE AND STARCH YIELD IN GRAIN

The aim of the research was to form the starting material and identify the most productive and high-energy promising grain sorghum lines with improved biochemical composition of grain, ensuring maximum starch yield per unit area of sowing. In total, 250 breeding samples from various nurseries were considered, distinguished by a high starch content in grain (71-75%). The laying of nurseries was carried out on the experimental field of the institute in the period from 2021 to 2023. The analysis and evaluation of breeding characteristics was carried out according to generally accepted methods. Samples with a very high index level (75% or more) and grain yield in terms of dry matter of 4.06-5.74 t/ha made up a working collection for breeding varieties as raw materials in the production of dietary starch products for food purposes. Breeding lines with high starch yield corresponding to the parameters of the variety model for starch breeding have been established: L-CCD 261-1/14 – 3.97 t/ha, L-121/14 – 4.28 t/ha, L-80/14 – 3.27 t/ha. They are close to the model productivity in terms of starch yield of the L line-164-1/14 – 3.16 t/ha and L-251/13 – 3.06 t/ha. Thus, the working collection included 5 samples of grain sorghum, which satisfy the main characteristics of the variety model for starch production, they include coarse-grained production lines with white and light colored grains with a mass of 1000 seeds of 31.4-35.2 g (L-251/13, L CCD 261-1/14, L-80/14) and two samples with The weight of 1000 seeds is 24.1 g (L-164-1/14) and 25.7 g (L-121/14). Promising lines with high bioenergetic value of grain and high starch content, having a colored grain shell – L-112/14 and

L-110/14, which are used in the creation of varieties for grain fodder, have also been identified.

УДК 633.174:664.22/27

Каменева О.Б., Кибальник О.П.

ПРОИЗВОДСТВО КРАХМАЛА ИЗ СОРГО (ОБЗОР)

Крахмал один из самых ценных восполняемых природных полимеров, значение которого трудно переоценить. Крахмал и крахмалопродукты играют важную роль в экономиках развитых стран. Для стабильного развития крахмалопаточной отрасли необходимо внедрение современных наиболее эффективных технологических решений, обеспечивающих повышение ассортимента продуктов переработки и снижение их себестоимости. Мальтодекстрины, сахаристые продукты с различной интенсивностью сладости и вкусовому профилю стали неотъемлемыми компонентами продукции хлебопекарной и кондитерской промышленности. Модифицированные крахмалы различного назначения нашли применение не только в отрасли пищевых технологий, но и в медицине, фармакологии и др. Одним из наиболее крупных потребителей производных крахмала, наряду с бумажной и текстильной отраслями, является нефтегазодобывающая отрасль, строительство. В последние годы отмечается значительный подъем в исследовательской работе по оптимизации технологий и разработке новых материалов на основе крахмала. Ведутся разработки в сфере производства биоразлагаемых полимеров на основе «сшитых», «привитых» сополимеров крахмала, которые постепенно вытесняют трудноразлагаемый пластик. В связи с расширяющимися сферами применения крахмала и крахмалопродуктов прогнозируется большая заинтересованность со стороны предприятий крахмального производства в зерновых сырьевых ресурсах. Поэтому перспективы развития крахмалопаточной отрасли основаны не только на традиционных видах сырья, но и на поиске нетрадиционных. Сорговые культуры, как альтернативный источник получения крахмала, с успехом применяются в разных странах мира. Среди большого генетического разнообразия образцов вида *S. bicolor* есть формы с урожайностью до 7,0 т/га зерна, содержащего до 78% крахмала. Отмечается, что зерно сорговых культур по химическим свойствам и особенностям переработки не отличается от кукурузного, что позволяет считать его новым, перспективным, не содержащем глютен источником для получения крахмала, продуктов и материалов.

Kameneva O.B., Kibalnik O.P.

PRODUCTION OF STARCH FROM SORGHUM (REVIEW)

Starch is one of the most valuable replenishable natural polymers, the importance of which cannot be overestimated. Starch and starch products play an important role in the economies of developed countries. For the stable development of the starch industry, it is necessary to introduce modern, most effective technological solutions that increase the range of processed products and reduce their cost. Maltodextrins, sugary products with varying sweetness intensity and flavor profile have become integral components of bakery and confectionery products. Modified starches for various purposes have found application not only in the food technology industry, but also in medicine, pharmacology, etc. One of the largest consumers of starch derivatives, along with the paper and textile industries, is the oil and gas industry, construction. In recent years, there has been a significant upsurge in research work on technology optimization and the development of new starch-based materials. Developments are underway in the production of biodegradable biopolymers based on "crosslinked", "grafted" starch-based copolymers, which are gradually replacing hard-to-decompose plastics. Due to the expanding fields of application of starch and starch products, a great interest on the part of starch production enterprises in grain raw materials is predicted. Therefore, the prospects for the development of the starch industry are based not only on traditional types of raw materials, but also on the search for non-traditional ones. Sorghum crops, as an alternative source of starch, are successfully used in different countries of the world. Among the large genetic diversity of *S. bicolor* specimens, there are forms with yields of up to 7.0

t/ha of grain containing up to 78% starch. It is noted that the grain of sorghum crops does not differ in chemical properties and processing features from corn, which makes it possible to consider it a new, promising, gluten-free source for obtaining starch, starch-based products and materials.

УДК 630*187

Салтыков А.Н., Роговой В.И., Федончук А.В.

ИЗОБОНИТЕТЫ И МАКРОКОМПЛЕКСЫ МЕСТООБИТАНИЙ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ГОРНОГО КРЫМА

В рамках данного исследования нами были рассмотрены особенности эдафической структуры и продуктивности лесов Крыма на примере насаждений естественного происхождения. В процессе исследования была сформирована повыдельная таксационная база данных лесных насаждений Горного Крыма, актуализированная по состоянию на 01.01.2024 г. На основе указанной цифровой базы данных выполнен анализ эдафической структуры и продуктивности насаждений с доминированием основных лесообразующих пород. При выполнении исследования применены методы сравнительной экологии, а также общепринятые методики лесоводства, лесоведения и лесной таксации. В общей сложности в рамках данной работы использованы лесоводственно-таксационные показатели насаждений естественного происхождения в количестве 40,1 тыс. выделов, произрастающих на площади 216,0 тыс. га, что составляет 83,7% покрытой лесом площади лесного фонда Крыма. Анализ повыдельной базы данных позволил составить общее представление относительно эдафической и продуктивности лесов Горного Крыма, а также наличия закономерностей между эдафической структурой и продуктивностью лесных насаждений с доминированием наиболее распространённых лесообразующих пород. Данный подход, позволяющий оценить разнообразие и продуктивность лесных насаждений можно считать информативным и в тоже время объективным с точки зрения ресурсной оценки лесного покрова. Тем не менее ожидаемым следствием подобного подхода является пусть частичное, но совпадение границ макрокомплексов местообитаний сосны крымской и сосны обыкновенной, дуба черешчатого и дуба скального и др. В связи с чем необходимо дальнейшее углубление исследований с применением дифференцированного подхода и оценкой типологической структуры лесов с учётом лесотипологической классификации климатов, разработанной Д.В. Воробьёвым (1967) или же на основе физико-географического районирования Крыма, где ключевой единицей классификации, по мнению исследователей, является ландшафтная область.

Saltykov A.N., Rogovoy V.I., Fedonchuk A.V.

ISOBONITETS AND MACROCOMPLEXES OF HABITATS OF MAIN FOREST-FORMING SPECIES IN CRIMEAN MOUNTAINS

In this study, we examined the features of the edaphic structure and productivity of Crimean forests using natural stands as an example. During the study, a subdivision taxation database of forest plantations in Mountainous Crimea was formed, updated as of 01.01.2024. Based on this digital database, an analysis of the edaphic structure and productivity of plantations with the dominance of the main forest-forming species was performed. In the study, methods of comparative ecology were used, as well as generally accepted methods of forestry, silviculture and forest taxation. In total, this work used forestry and taxation indicators of natural plantations in the amount of 40.1 thousand plots growing on an area of 216.0 thousand hectares, which is 83.7% of the forested area of the Crimean forest fund. Analysis of the plot database allowed us to form a general idea of the edaphic and productivity of the forests of Mountainous Crimea, as well as the presence of patterns between the edaphic structure and productivity of forest plantations with the dominance of the most common forest-forming species. This approach, which allows us to assess the diversity and productivity of forest plantations, can be considered informative and at the same time objective from the

point of view of resource assessment of forest cover. Nevertheless, an expected consequence of such an approach is, albeit partial, but a coincidence of the boundaries of macrocomplexes of habitats of Crimean pine and Scots pine, English oak and sessile oak, etc. In this connection, it is necessary to further deepen the research using a differentiated approach and an assessment of the typological structure of forests taking into account the forest typological classification of climates developed by D.V. Vorobyov (1967) or on the basis of the physical-geographical zoning of Crimea, where the key unit of classification, according to researchers, is the landscape region.

УДК 633.15.003.13:631.8

Марченко Д. К.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Цель исследования. Установить влияние удобрений на урожайность и экономическую эффективность выращивания зерна кукурузы в условиях Краснодарского края. Методы. Полевые опыты и лабораторные исследования проведены на протяжении 2021 – 2023 гг. на территории учебного хозяйства «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина. Схема однофакторного полевого опыта включала 14 вариантов внесения удобрений. Высевали гибрид кукурузы Краснодарская 291. Площадь учётных делянок составляла 37 м² (16 м × 2,3 м), повторность четырехкратная, предшественник – озимый ячмень. В исследованиях применялся комплекс агротехнических методов возделывания зерна кукурузы для Краснодарского края. Математическую обработку экспериментальных данных и экономический анализ экспериментальных данных, проводили согласно методики опытного дела в агрономии. Результаты. В отдельные годы исследований урожайность изменялась под действием метеорологических особенности в период вегетации кукурузы, а также в зависимости от вариантов применения удобрений. Зафиксирована тенденция увеличения зерновой продуктивности гибрида кукурузы отечественной селекции Краснодарская 291 в благоприятном по погодным условиям 2023 г. – до 64,1-64,2 ц/га на вариантах с обработкой посевов удобрениями Комби Плюс и Микроплант и снижение её до 53,9-54,1 ц/га в засушливом 2021 г. на контрольном варианте, а также при комбинированном применении удобрений Грейн + Аминоплант и на варианте с внесением удобрения Сера. В среднем за годы исследований установлена максимальная прибавка урожая 7,0-7,1 ц/га, или 12,6-12,8% на вариантах с применением удобрений Комби Плюс и Микроплант. Выводы. Дисперсионная обработка полученных результатов свидетельствует об изменении доли участия фактора удобрения в формировании урожая. Так, в 2021 г. она была равна составила 73,8%, в 2022 г. – 66,5; а в 2023 г. достигла максимальной величины – 84,7%. На действие неучтённых факторов припадало 26,2; 33,5; 15,3%, соответственно. При математическом анализе экспериментальных данных в среднем за три года исследований и включении погодных условий как дополнительного фактора полевого опыта зафиксировано такое распределение доли участия на величину урожая зерна кукурузы – погодные условия в годы исследований (фактор В) – 39,8%; удобрения (фактор А) – 37,4%; взаимодействие факторов АВ – 14,2%. Неучтённые факторы обусловили формирование зерновой продуктивности культуры на 8,6%. По экономическим параметрам, условному чистому доходу (43,0-43,5 тыс. руб./га) и рентабельности (189,5-195,1%) преобладали варианты с внесением удобрений Комби Плюс и Микроплант. Наименьшая рентабельность в диапазоне от 168,2-171,6% была при одновременном применении удобрений Грейн и Аминоплант, препарата Сера и на контрольном варианте. В структуре производственных затрат максимальный удельный вес принадлежит минеральным удобрениям – 34,7%, также высоким этот показатель оказался для горюче-смазочных материалов – 29,4 %; оплата труда – 10,8%, содержание основных средств – 4,9%, средства защиты растений (пестицидов) – 4,6%, семена – 2,5%. Остальные составные элементы структуры затрат были менее 2%, с минимальными затратами 0,9% – на исследуемые

в полевых опытах микроудобрения, что подчёркивает экономическую обоснованность их применения – их незначительную стоимость и достоверную эффективность по прибавке урожая, доходу и рентабельности. В целом, в результате проведения полевых исследований с кукурузой в условиях Краснодарского края установлено, что максимальную зерновую продуктивность и лучшее сочетание экономических показателей обеспечивает применение удобрений Микроплант и Комби Плюс.

Marchenko D. K.

THE INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF GROWING CORN GRAIN IN THE CONDITIONS OF KRASNODAR REGION

The aim of the study. To establish the effect of fertilizers on the yield and economic efficiency of growing corn grain in the conditions of the Krasnodar Territory.

Methods. Field experiments and laboratory studies were conducted during 2021-2023 on the territory of the educational farm "Kuban" of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin. The scheme of the single-factor field experiment included 14 options for applying fertilizers. The hybrid corn Krasnodarskaya 291 was sown. The area of the plots was 37 m² (16 m × 2.3 m), fourfold repetition, the predecessor was winter barley. The research used a set of agrotechnical methods for cultivating corn grain for the Krasnodar Territory. Mathematical processing of experimental data and economic analysis of experimental data were carried out according to the methodology of experimental work in agronomy. Results. In some years of research, the yield changed under the influence of meteorological features during the growing season of corn, as well as depending on the options for applying fertilizers. A tendency was recorded towards an increase in the grain productivity of the domestically bred corn hybrid Krasnodarskaya 291 in 2023, which was favorable in terms of weather conditions - up to 64.1-64.2 c / ha in options with crop treatment with Combi Plus and Microplant fertilizers, and a decrease to 53.9-54.1 c / ha in the dry 2021 in the control option, as well as with the combined use of Grain + Aminoplant fertilizers and in the option with the application of Sulfur fertilizer. On average, over the years of research, a maximum yield increase of 7.0-7.1 c / ha, or 12.6-12.8% was established in options with external fertilizers Combi Plus and Microplant. Conclusions. The dispersion processing of the obtained results indicates a change in the share of the fertilizer factor in the formation of the yield. Thus, in 2021 it was equal to 73.8%, in 2022 - 66.5; and in 2023 it reached its maximum value of 84.7%. The action of unaccounted factors was 26.2; 33.5; 15.3%, respectively. With the mathematical analysis of experimental data on average for three years of research and the inclusion of weather conditions as an additional factor of the field experiment, the following distribution of the share of participation in the amount of corn grain yield was recorded - weather conditions in the research years (factor B) - 39.8%; fertilizers (factor A) - 37.4%; interaction of factors AB - 14.2%. Unaccounted factors determined the formation of grain productivity of the crop by 8.6%. According to economic parameters, conditional net income (43.0-43.5 thousand rubles/ha) and profitability (189.5-195.1%), the options with the application of Combi Plus and Microplant fertilizers prevailed. The lowest profitability in the range from 168.2-171.6% was with the simultaneous use of Grain and Aminoplant fertilizers, the Sulfur preparation and the control option. In the structure of production costs, the maximum specific weight belongs to mineral fertilizers - 34.7%, this figure was also high for fuels and lubricants - 29.4%; wages - 10.8%, maintenance of fixed assets - 4.9%, plant protection products (pesticides) - 4.6%, seeds - 2.5%. The remaining components of the cost structure were less than 2%, with minimal costs of 0.9% for the microfertilizers studied in the field experiments, which emphasizes the economic feasibility of their use - their low cost and reliable efficiency in terms of yield increase, income and profitability. In general, as a result of field studies with corn in the conditions of the Krasnodar Territory, it was established that the maximum grain productivity and the best combination of economic indicators are ensured by the use of Microplant and Combi Plus fertilizers.

УДК 633.15.003.13:631.674.6

Адамень Ф.Ф., Коковихин С.В., Сташкина А.Ф.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПОЛИВНОГО ПОРОГА КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ РАЗНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

Целью исследований было установить эффективность применения капельного орошения с минимальным, оптимальным и максимальным предполивным порогом на продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости в условиях Северного Причерноморья. Полевые опыты и лабораторные исследования с зерновой кукурузой проводили на протяжении 2018-2020 гг. на опытном поле Института орошаемого земледелия в Днепровском районе Херсонской области. Двухфакторный полевой опыт предполагал изучение: предполивного порога трех вариантов предполивного порога капельного орошения (фактор А) – 70%; 80%; 90% НВ в расчётном слое 0,5 м, а также шести гибридов разных групп спелости (фактор В) – Степовой, Меотида, Хотин, Аскания, Гетера, Арабат. Повторность опыта – четырёхкратная. Учётная площадь делянок второго порядка составляла 55 м². Опыты закладывали методом расщепленных делянок. Вегетационные поливы производили с помощью системы капельного орошения. Результаты. Доказано, что за вегетационный период по отдельным гибридам отличался на 18-25 дней, что свидетельствует о важности учёта групп спелости при формировании севооборотов и подборе предшественников, следующих за кукурузой. Основные биометрические показатели растений кукурузы (высота растений и площадь листьев одного растений) в начале вегетационного периода (5-7 листьев) в большей мере изменялись под действием изучаемых факторов, хотя по проявили другие тенденции. Высота прикрепления кочана была наибольшей (110 см) на варианте с гибридом Арабат при предполивном пороге 80% НВ. Количество листьев на одном растении слабо изменялось под действием исследуемых факторов. Площадь листовой поверхности одного растения в фазу цветения кукурузы показала чёткую закономерность увеличения при переходе пороговой предполивной влажности почвы от 70 до 80-90% НВ, а также от раннеспелых до средне- и позднеспелых групп спелости исследуемых гибридов кукурузы. У гибрида Степовой при поливах 70% НВ этот показатель снизился до 3988 см², или в 2,0-2,2 раза. Агрохимический анализ почвы показал снижение содержания минерального азота в образцах после уборки по сравнению с отобранными перед посевом в среднем на 5 мг/кг, содержание подвижного фосфора снизилось соответственно на 7 мг/кг, а калия на 23 мг/кг. В то же время, средние показатели рН в течение вегетации практически не изменились. По степени засоления, как по содержанию общих солей, так и токсичных солей почвы относятся к незасоленным. Показатели суммарного водопотребления существенно зависели от уровня предполивной влажности почвы, а также в меньшей степени – от гибридного состава. Наименьший коэффициент водопотребления с лучшим использованием доступной влаги почвы и поливной воды имели гибриды Гетера (306 м³/т) при поливах с предполивным порогом 80% НВ и гибриды Гетера и Арабат (301-309 м³/т) – при поливах при снижении влажности почвы 90% НВ в слое почвы 0,5 м. Наибольшие, а значит худшие значение этого показателя зафиксированы на вариантах с предполивным порогом 70% НВ у раннеспелых гибридов Степовой и Меотида. На варианте с предполивным порогом 80% НВ урожайность, в среднем за годы исследований, была на 29,4 ц/га больше, чем при проведении поливов при снижении влажности расчётного слоя почвы до 70% НВ и на 12,1 ц/га меньше, чем на варианте с предполивным порогом 90% НВ. Дисперсионный анализ показал наибольшее влияние на формирование урожая предполивного порога капельного орошения (фактор А) – 62,8%. Также высокий удельный вес имели гибридный состав (фактор В) – 17,5% и взаимодействие исследуемых факторов (АВ) – 10,5%.

Adamen F.F., Kokovikhin S.V., Stashkina A.F.

INFLUENCE OF PRE-IRRIGATION THRESHOLD OF DRIP IRRIGATION ON THE PRODUCTIVITY OF CORN HYBRIDS OF DIFFERENT MATURITY GROUPS IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN BLACK SEA REGION

Purpose of the study. The aim of the study was to establish the effectiveness of drip irrigation with a minimum, optimal and maximum pre-irrigation threshold on the productivity of corn hybrids of different maturity groups in the conditions of the Northern Black Sea region. Methods. Field experiments and laboratory studies with grain corn were carried out during 2018-2020 on the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture in the Dniprovsky district of the Kherson region. The two-factor field experiment involved studying: the pre-irrigation threshold of three options for the pre-irrigation threshold of drip irrigation (factor A) - 70%; 80%; 90% HB in the estimated layer of 0.5 m, as well as six hybrids of different maturity groups (factor B) - Stepovoy, Meotida, Khotin, Askania, Getera, Arabat. The experiment was repeated four times. The accounting area of the second-order plots was 55 m². The experiments were laid out using the split plot method. Vegetation irrigation was carried out using a drip irrigation system. Results. It was proven that during the vegetation period for individual hybrids differed by 18-25 days, which indicates the importance of taking into account maturity groups when forming crop rotations and selecting predecessors following corn. The main biometric indicators of corn plants (plant height and leaf area of one plant) at the beginning of the vegetation period (5-7 leaves) changed to a greater extent under the influence of the studied factors, although other trends were shown. The height of head attachment was the greatest (110 cm) in the variant with the Arabat hybrid at a pre-irrigation threshold of 80% of HB. The number of leaves on one plant changed slightly under the influence of the studied factors. The leaf surface area of one plant in the flowering phase of corn showed a clear pattern of increase with the transition of the threshold pre-irrigation soil moisture from 70 to 80-90% HB, as well as from early to mid- and late-ripening maturity groups of the studied corn hybrids. In the Stepovaya hybrid, with irrigation of 70% HB, this indicator decreased to 3988 cm², or 2.0-2.2 times. Conclusions. Agrochemical analysis of the soil showed a decrease in the content of mineral nitrogen in the samples after harvesting compared to those selected before sowing by an average of 5 mg/kg, the content of mobile phosphorus decreased by 7 mg/kg, and potassium by 23 mg/kg. At the same time, the average pH values the growing season remained virtually unchanged. According to the degree of salinization, both in the content of total salts and toxic salts, the soils are classified as non-saline. The indicators of total water consumption significantly depended on the level of pre-irrigation soil moisture, and to a lesser extent - on the hybrid composition. The lowest water consumption coefficient with the best use of available soil moisture and irrigation water were found in the Getera hybrids (306 m³/t) when irrigated with a pre-irrigation threshold of 80% of HB and the Getera and Arabat hybrids (301-309 m³/t) - when irrigated with a decrease in soil moisture of 90% of HB in a 0.5 m soil layer. The highest, and therefore the worst values of this indicator were recorded in the variants with a pre-irrigation threshold of 70% of HB in the early-ripening hybrids Stepova and Meotida. In the variant with a pre-irrigation threshold of 80% HB, the yield, on average over the years of research, was 29.4 c/ha higher than when irrigation was carried out with a decrease in the moisture content of the estimated soil layer to 70% HB and 12.1 c/ha lower than in the variant with a pre-irrigation threshold of 90% HB. The dispersion analysis showed the greatest influence on the formation of the yield of the pre-irrigation threshold of drip irrigation (factor A) - 62.8%. Also, the hybrid composition (factor B) had a high specific weight - 17.5% and the interaction of the studied factors (AB) - 10.5%.

УДК 631.582:551.583

Коковихин С.В., Макаренко А.А., Логойда Т.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ ОРОШАЕМЫХ СЕВООБОРОТОВ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Целью исследований была оптимизация орошаемых севооборотов с учётом влияния климатических факторов, обработки почвы, параметров искусственного увлажнения для минимизации антропогенного влияния на почвенное плодородие, обеспечения положительного баланса органических питательных веществ, в первую очередь – гумуса, а также повышения экологической стабильности климатически ориентированных систем земледелия на территории Северного Причерноморья. Полевые опыты и лабораторные исследования проводили на протяжении 2016-2020 гг. на опытном поле Института

орошаемого земледелия в соответствии с общепринятыми методиками опытного дела в агрономии. Двухфакторный полевой опыт предполагал изучение трех вариантов севооборотов (фактор А) и трёх факторов обработки почвы (фактор В). Повторность опыта – четырёхкратная. Учётная площадь элементарной делянки второго порядка составляла 50 м². Опыты закладывались методом расщепленных делянок. Результаты. Доказано, что в том севообороте, где насыщенность зерновыми культурами составляет 75%, за счёт заделки в почву в почву вдвое большей массы стеблей кукурузы, а также соломы зерновых и сои, формируется максимальное содержание нитратов, подвижных соединений фосфор. что связано с большим поступлением питательных веществ при минерализации растительных остатков. Относительно влияния систем основной обработки на содержание элементов питания в почве можно отметить, что увеличение происходит в почве варианта разноглубинной вспашки с более низкой плотностью слоения почвы и высокой пористостью, а уменьшение глубины рыхления до 12-14 см при длительном его применении приводит к уменьшению их содержания. Установлены закономерности и научно обоснованы методические подходы, являющиеся теоретической базой для определения влияния агрофизических свойств, водного и питательного режимов почвы на продуктивный потенциал сельскохозяйственных культур в короткоротационных севооборотах и основой экологического обоснования их схем на поливных землях при дифференциации систем основной обработки почвы. После обобщения полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что лучшим с экологической точки зрения с наименьшим ухудшением агрофизических свойств почвы является севооборот с двумя полями кукурузы на зерно, соей, озимым ячменём с применением в качестве основной обработки разноглубинной отвальной схемы. Наиболее рациональное использование влаги для формирования одной тонны урожая (721-972 м³/т) наблюдается при разноглубинной системе основной обработки с оборотом пласта также зафиксировано в севообороте №3 с двумя полями кукурузы на зерно, соей и озимым ячменём. Существенный рост коэффициента водопотребления (до 962-1354 м³/т) отмечен в севообороте №2 (с 50% насыщением зерновыми и техническими культурами), а также максимальной величиной (1007-1640 м³/т) этот показатель достиг в севообороте №1 с удельным весом 25% зерновых и 75% технических культур. В севообороте, где насыщенность зерновыми культурами составляет 75%, за счёт заделки в почву вдвое большей массы стеблей кукурузы, а также соломы зерновых и сои, формируется высокое содержание нитратов, подвижных соединений фосфора и калия, что связано с большим поступлением органических веществ при минерализации растительных остатков. Относительно влияния систем основной обработки на содержание элементов питания в почве можно отметить, что увеличение их содержания происходит на варианте с разноглубинной основной отвальной обработкой почвы (вспашки) с более низкой плотностью слоения и высокой пористостью. Напротив, уменьшение глубины рыхления до 12-14 см при длительном его применении – приводит к ухудшению питательного режима почвы и снижают продуктивность с.-х. культур в исследуемых севооборотах.

Kokovikhin S.V., Makarenko A.A., Logoyda T.V.

OPTIMIZATION OF THE IRRIGATED CROP ROTATIONS AND AGROECOLOGICAL JUSTIFICATION OF SMART FARMING SYSTEMS

Purpose of the study. The aim of the research was to optimize irrigated crop rotations taking into account the influence of climatic factors, soil cultivation, artificial moisture parameters to minimize anthropogenic impact on soil fertility, ensure a positive balance of organic nutrients, primarily humus, and increase the environmental stability of climate-oriented farming systems in the Northern Black Sea region. Methods. Field experiments and laboratory studies were carried out during 2016-2020 on the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture in accordance with generally accepted methods of experimental work in agronomy. The two-factor field experiment involved studying three crop rotation options (factor A) and three soil cultivation factors (factor B). The experiment was repeated four times. The accounting area of an elementary plot of the second order was 50 м². The experiments were laid out using the split plot method. Results. It has been proven that in the

crop rotation where the saturation with grain crops is 75%, due to the incorporation of twice as much corn stalks, as well as cereal and soybean straw into the soil, the maximum content of nitrates, mobile phosphorus compounds is formed. which is associated with a large supply of nutrients during the mineralization of plant residues. Regarding the effect of primary tillage systems on the content of nutrients in the soil, it can be noted that an increase occurs in the soil of the variant of multi-depth plowing with a lower soil density and high porosity, and a decrease in the loosening depth to 12-14 cm with its long-term use leads to a decrease in their content. Regularities have been established and methodological approaches have been scientifically substantiated, which are the theoretical basis for determining the effect of agrophysical properties, water and nutrient regimes of the soil on the productive potential of agricultural crops in short-rotation crop rotations and the basis for the environmental justification of their schemes on irrigated lands when differentiating primary tillage systems. Conclusions. After generalizing the obtained experimental data, it can be concluded that the best from an ecological point of view with the least deterioration of the agrophysical properties of the soil is a crop rotation with two fields of corn for grain, soybeans, winter barley using a multi-depth moldboard scheme as the main cultivation. The most rational use of moisture for the formation of one ton of crop (721-972 m³/t) is observed with a multi-depth system of primary cultivation with layer turnover is also recorded in crop rotation No. 3 with two fields of corn for grain, soybeans and winter barley. A significant increase in the water consumption coefficient (up to 962-1354 m³/t) was noted in crop rotation No. 2 (with 50% saturation with grain and industrial crops), and this indicator reached its maximum value (1007-1640 m³/t) in crop rotation No. 1 with a specific gravity of 25% grain and 75% industrial crops. In the crop rotation, where the saturation with grain crops is 75%, due to the incorporation of twice as much corn stalks into the soil, as well as cereal and soybean straw, a high content of nitrates, mobile phosphorus and potassium compounds is formed, which is associated with a large intake of organic matter during the mineralization of plant residues. Regarding the influence of primary tillage systems on the content of nutrients in the soil, it can be noted that their content increases in the variant with different-depth primary moldboard tillage (plowing) of soil with a lower bulk density and high porosity. On the contrary, a decrease in the loosening depth to 12-14 cm with its long-term use leads to a deterioration in the nutrient regime of the soil and reduces the productivity of agricultural crops in the studied crop rotations.

УДК 633.63.003.13

Василько В.П., Егоян В.Е.

УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ, КАЧЕСТВО КОРНЕПЛОДОВ И ЭКОНОМИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Целью исследований – установить влияние систем основной обработки почвы и удобрений на урожайность сахарной свёклы, качество корнеплодов, экономическую и энергетическую эффективность выращивания в низинно-западном агроландшафте Западного Предкавказья. Методы. Полевые опыты с сахарной свёклой проведены в период 2020-2022 гг. на территории учебного хозяйства «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина. Схема двухфакторного опыта включала систему: основной обработки почвы (фактор А); удобрения (фактор В). Площадь учётной делянки второго порядка составляла 56,7 м², повторность – трёхкратная, расположение делянок – рендомизированных блоков. Параметры продуктивности и качества сахарной свёклы, экономическую и энергетическую эффективность определяли по соответствующим методикам. В полевых опытах использован общепринятый для низинно-западного агроландшафта Западного Предкавказья комплекс агротехники. Результаты. Доказано, что уровни урожайности корнеплодов сахарной свёклы существенно изменяются в зависимости от погодных условий в отдельных годы проведения полевых экспериментов. Так, в засушливом 2020 г. отмечено снижение урожайности, в среднем, до 410,5 ц/га, а в условиях 2022 г., который характеризовался повышенным количеством осадков, она возросла на 28,6% и составила 527,7 ц/га. Максимальную продуктивность исследуемой культуры обеспечило применение отвальной и безотвальной почвенной обработки, а при

поверхностной – зафиксировано падение её в 1,5 раза. По второму фактору наивысшую урожайность (518,5 ц/га). Сахаристость, как и урожайность, изменялась в годы проведения исследований, однако при противоположных закономерностях. Наибольшее содержание сахара (17,4%) зафиксировано в 2021 г. (урожайность 441,2 ц/га), а в 2022 г. произошло снижение данного показателя, что объясняется особенностями погодных условий в годы исследований, когда повышенное количество осадков в 2022 г. привело к увеличению массы корнеплодов, однако снизило сахаристость. Внесение удобрений способствовало незначительному (на 0,2-0,4 процентных пунктов) увеличению сахаристости, особенно на варианте с органической системой удобрения – от 16,4% на контроле до 16,6-16,8%. Выводы. Результаты экономического анализа свидетельствуют о том, что максимальная чистая прибыль на уровне 100,6 тыс. руб./га при рентабельности 75,7% получена при безотвальной основной обработке почвы и органической системе внесения удобрений. При этом применение поверхностной обработки почвы на фоне органо-минеральной системы удобрений была убыточной. Установлена тенденция увеличения рентабельности на неудобренных вариантах, особенно при проведении безотвальной почвенной обработки, где она повысилась до 80,5%, что можно объяснить высоким уровнем затрат на приобретение и внесение минеральных и органических удобрений. Приход энергии при применении отвальной и безотвальной основной обработки почвы на фоне органической системы удобрений был наибольшим (225,3-227,9 ГДж/га), а на контрольном варианте он снизился в 1,9 раза. Увеличение энергозатрат до 63,0-65,5 ГДж/га зафиксировано на вариантах с безотвальной и отвальной почвенной обработкой на фоне комплексного внесения органических и минеральных удобрений. Энергоёмкость значительно увеличилась на 40,8% до 144,5 Дж/ц при одновременном внесении как минеральных, так и органических удобрений. Органическая система удобрений из-за повышения затрат энергии на большие объёмы органики, также способствовала повышению энергоёмкости выращивания. Энергетический коэффициент на всех вариантах полевого опыта превышает единицу и колеблется в пределах от 2,2 до 4,2, то есть выращивание сахарной свёклы в условиях низинно-западного агроландшафта Западного Предкавказья. Наибольшая величина коэффициента энергетической эффективности 4,1-4,2 зафиксировано на вариантах с отвальной и безотвальной обработкой почвы и внесением минеральных удобрений. Минимальное значение данного показателя отмечено при органо-минеральной системе удобрений.

Vasilko V.P., Egoyan V.E.

SUGAR BEET YIELD, ROOT CROPS QUALITY AND ECONOMIC AND ENERGY EFFICIENCY IN THE WESTERN CISCAUCASIA

Purpose of the study. The aim of the research is to establish the influence of primary tillage and fertilizer systems on sugar beet yield, root crop quality, economic and energy efficiency of cultivation in the lowland-western agricultural landscape of the Western Ciscaucasia. Methods. Field experiments with sugar beet were conducted in the period 2020-2022 on the territory of the Kuban educational farm of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin. The scheme of the two-factor experiment included the system: primary tillage (factor A); fertilizers (factor B). The area of the second-order accounting plot was 56.7 m² the replication was threefold, the location of the plots was randomized blocks. The parameters of sugar beet productivity and quality, economic and energy efficiency were determined using the relevant methods. In the field experiments, a set of agricultural techniques generally accepted for the lowland-saddle agricultural landscape of the Western Ciscaucasia was used. Results. It has been proven that the yield levels of sugar beet root crops vary significantly depending on weather conditions in individual years of field experiments. Thus, in the dry 2020, a decrease in yield was noted, on average, to 410.5 c/ha, and in the conditions of 2022, which was characterized by an increased amount of precipitation, it increased by 28.6% and amounted to 527.7 c / ha. The maximum productivity of the studied crop was ensured by the use of moldboard and non-moldboard tillage, and with surface cultivation, a decrease in it by 1.5 times was recorded. According to the second factor, the highest yield (518.5 c/ha). Sugar content, like yield, changed during the years of research, but with oppo-

site patterns. The highest sugar content (17.4%) was recorded in 2021 (yield 441.2 c/ha), and in 2022 there was a decrease in this indicator, which is explained by the peculiarities of weather conditions in the research years, when increased precipitation in 2022 led to an increase in the weight of root crops, but reduced the sugar content. The application of fertilizers contributed to a slight (by 0.2-0.4 percentage points) increase in sugar content, especially in the variant with an organic fertilization system - from 16.4% in the control to 16.6-16.8%. Conclusions. The results of the economic analysis indicate that the maximum profit at the level of 100.6 thousand rubles/ha with a profitability of 75.7% was obtained with no-till primary soil cultivation and an organic fertilization system. At the same time, the use of surface soil cultivation against the background of an organo-mineral fertilization system was unprofitable. A tendency towards increasing profitability was established in unfertilized variants, especially in the case of no-moldboard soil cultivation, where it increased to 80.5%, which can be explained by the high level of costs for purchasing and applying mineral and organic fertilizers. Energy input in the case of using moldboard and no-moldboard primary soil cultivation against the background of the organic fertilizer system was the highest (225.3-227.9 GJ/ha), while in the control variant it decreased by 1.9 times. An increase in energy input to 63.0-65.5 GJ/ha was recorded in the variants with no-moldboard and moldboard soil cultivation against the background of the integrated application of organic and mineral fertilizers. Energy intensity significantly increased by 40.8% to 144.5 J/c with the simultaneous application of both mineral and organic fertilizers. The organic fertilizer system, due to the increased energy input for large volumes of organic matter, also contributed to an increase in the energy intensity of cultivation. The energy coefficient in all variants of the field experiment exceeds one and fluctuates between 2.2 and 4.2, i.e. growing sugar beet in the conditions of the lowland-saddle agricultural landscape of the Western Ciscaucasia. The highest value of the energy efficiency coefficient 4.1-4.2 was recorded in variants with moldboard and non-moldboard tillage and application of mineral fertilizers. The minimum value of this indicator was noted with the organo-mineral fertilizer system.

УДК 631.452

Ничипуренко Е.Н., Федорова Т.Д.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПИЩЕВОГО РЕЖИМА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Цель исследования. Анализ влияния технологий выращивания озимой пшеницы на агрохимические показатели почвы. Исследования проведены с использованием методики опытного дела в агрономии. Исходными данными для комплексного анализа продуктивности систем земледелия и моделирования были экспериментальные данные, полученные в условиях центральной зоны Краснодарского края. Результаты. Доказано, что технологии, включающие в себя глубокие обработки почвы и заделку корнепознанных остатков и полуперепревшего навоза, способствуют увеличению содержания NPK необходимых для роста и развития растений. Комплексное внесение удобрений способствует значительно более высоким показателям содержания NPK в почве. Внесение органических удобрений и заделка корнепознанных остатков является неотъемлемой частью получения высоких урожаев. Также стоит отметить, что органические удобрения способствуют снижению степени подкисления почвы относительно внесения только минерального комплекса удобрений. Наиболее высокие урожаи удалось получить при глубоких обработках почвы с внесением органоминеральной системы удобрений.

Nichipurenko E.N., Fedorov T.D.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE NUTRITION REGIME OF LEACHED CHERNOZEM WITH THE APPLICATION OF VARIOUS TECHNOLOGIES FOR CULTIVATION OF WINTER WHEAT

Purpose of the study. Analysis of the influence of winter wheat growing technologies on the agrochemical parameters of the soil. Methods. The research was carried out using experimental methods in agronomy. The initial data for a comprehensive analysis of the productivity of farming systems and modeling were

experimental data obtained in the conditions of the central zone of the Krasnodar Territory. Results. It has been proven that technologies that include deep tillage of the soil and the incorporation of root residues and half-rotted manure help to increase the content of NPK necessary for the growth and development of plants. Conclusions. Complex fertilization contributes to significantly higher NPK levels in the soil. The application of organic fertilizers and the incorporation of root residues is an integral part of obtaining high yields. It is also worth noting that organic fertilizers help reduce the degree of soil acidification relative to the application of only a mineral fertilizer complex. The highest yields were obtained with deep tillage of the soil with the application of an organomineral fertilizer system.

УДК 630*237:631.417.1

Сташкина А.Ф.

АГРОЛОСОМЕЛИОРАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕРОДА В ЭКОСИСТЕМАХ КРЫМА.

В данной статье освещается моделирование процессов накопления CO_2 в экосистемах Крыма, так же большое внимание уделяется вопросу исследования метода идентификации для отдельных элементов (звеньев) объекта с дальнейшим их объединением. В данной статье происходит освещение моделирования процессов поглощения диоксида углерода наземной биомассой плодовыми смешанными лесами и растительностью естественных пастбищ или живой биомассой под землей в почве (корни и микроорганизмы). Отдельное внимание в данной статье уделяется вопросу сельскохозяйственной деятельности человека, которая вносит значительный вклад в кругооборот диоксида углерода в атмосфере Земли. В сочетании с недостатками существующих исследований будущие исследования углеродного цикла в аграрном секторе можно рассматривать со следующих аспектов: во-первых, в настоящее время нет четкого определения углеродного следа. Учитывая ограниченность текущих исследований, важно и далее продвигать соответствующие исследования по выбросам углерода в экосистеме; во-вторых, следует активизировать исследования поглотителей углерода, особенно исследования способности почвы и плодовых и лесных культур связывать углерод в процессе осуществления «агромелиорации»; в-третьих, необходимы дополнительные исследования накопления углерода в фермерских и семейных предприятиях в «агромелиорации»; в-четвертых, следует проводить дополнительные исследования по углероду, сократить выбросы двуоксида углерода и других загрязняющих веществ и снизить экологическую нагрузку на экосистему.

Stashkina A.F.

AGROFORESTRY RECLAMATION AND MODELING OF CARBON ACCUMULATION PROCESSES IN CRIMEAN ECOSYSTEMS.

This article highlights the modeling of CO_2 accumulation processes in the ecosystems of the Crimea, as well as great attention is paid to the issue of investigating the identification method for individual elements (links) of an object with their further unification. This article highlights the modeling of carbon dioxide uptake processes by terrestrial biomass, fruit mixed forests and vegetation of natural pastures, or living biomass underground in the soil (roots and microorganisms). Special attention in this article is paid to the issue of human agricultural activity, which makes a significant contribution to the circulation of carbon dioxide in the Earth's atmosphere. In view of the shortcomings of existing research, future research on the carbon cycle in the agricultural sector can be considered from the following aspects: first, there is no clear definition of carbon footprint at present. Given the limitations of current research, it is important to further promote relevant research on carbon emissions in the ecosystem; second, research on carbon sinks should be strengthened, especially the carbon sequestration capacity of soil, fruit crops and forest crops in the process of "agromelioration"; third, more research is needed on the carbon accumulation of farmers and family enterprises in "agromelioration"; fourth, more research should be carried out on carbon, reduce the emission of carbon dioxide and other pollutants, and reduce the ecological burden on the ecosystem.

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ**УДК 628.511.633.85**

Чебанов А.Б., Стручаев Н.И., Адамова С.В., Чебанова Ю.В., Стручаев К.Н.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРУШИВАНИЯ СЕМЯН КЛЕЩЕВИНЫ

Статья посвящена изучению методов обрушивания сельскохозяйственных культур и анализу возможности их применения для клещевины, как одного из элементов создания технологии, экспериментального оборудования технологической линии глубокой переработки семян клещевины в касторовое масло способных вырабатывать касторовое масло необходимого качества и нужной номенклатуры. Существующие операционные схемы получения касторового масла можно разделить на две группы: с предварительным отделением лузги и без её отделения. При разрушении оболочки семян, - обрушивании, получают смесь, называемую рушанкой, которая состоит из целого ядра, оболочки, сечки (частиц ядра), масляной пыли и не целиком обрушенных семян. Для отделения оболочки семян от ядра обычно используют различия их аэродинамических свойств. Четким разделением компонентов можно достичь повышения качества полученной рушанки, для чего необходимо усовершенствование технологической схемы обрушивания клещевины и обоснования конструктивных параметров оборудования и технологических режимов процесса обрушивания. Целью данной работы является установление метода обрушивания для семян клещевины путем выполнения литературного обзора и анализа существующих методов обрушивания сельскохозяйственных культур. Для достижения поставленной цели определены факторы, на которые нужно обратить внимание при выборе метода для обрушивания семян клещевины. Установлены основные методы обрушивания сельскохозяйственных культур. По каждому методу представлен принцип его работы, отмечены преимущества и недостатки. Кроме того, по каждому методу дана критическая оценка по применению его при обрушивании именно семян клещевины. На основании такой оценки предложен метод, обеспечивающий эффективное обрушивание.

Chebanov A.B., Struchaev N.I., Adamova S.V., Chebanova Yu.V., Struchaev K.N.

ANALYSIS OF METHODS FOR HULLING CASTORE BEAN SEEDS

The article is devoted to the study of methods of hulling agricultural crops and analyzing the possibility of their use for castor oil, as one of the elements of creating technology, experimental equipment for a technological line for deep processing of castor oil seeds into castor oil capable of producing castor oil of the required quality and the required nomenclature. Existing operational schemes for the production of castor oil can be divided into two groups: with preliminary separation of the husk and without its separation. When the shell of the seeds is destroyed - hulled - a mixture is obtained called rushanka, which consists of the whole kernel, shell, chaff (kernel particles), oil dust and partially hulled seeds. To separate the seed shell from the kernel, differences in their aerodynamic properties are usually used. By clearly separating the components, it is possible to improve the quality of the resulting castor bean, which requires improving the technological scheme for hulling castor beans and justifying the design parameters of the equipment and technological modes of the hulling process. The objective of this work is to establish a hulling method for castor bean seeds by performing a literature review and analysis of existing crop hulling methods. To achieve this goal, factors have been identified that you need to pay attention to when choosing a method for hulling castor bean seeds. The basic methods of hulling agricultural crops have been established. For each method, the principle of its operation is presented, advantages and disadvantages are noted. In addition, for each method, a critical assessment is given for its use in shedding castor bean seeds. Based on this assessment, a

method is proposed that ensures effective caving.

УДК 631.3; 51-74

Чемодуров В.Т., Ажермачев С.Г., Литвинова Э.В.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

Статья содержит теоретическое обоснование возможности регулирования частот собственных колебаний несущих конструкций агротехнических агрегатов. Почти каждый технический агрегат АПК в своей основе имеет конструкцию, состоящую из несущих элементов для размещения навесного вспомогательного технологического оборудования. Это оборудование в большинстве случаев может иметь вращающиеся и подвижные составляющие, имеющие внушительный собственный вес. Одним из факторов, который может способствовать возникновению аварийной ситуации может быть наступление явления резонанса при частичном или полном совпадении частот вынуждающих колебаний с частотами собственных колебаний несущей конструкции агрегата. При таком совпадении частот амплитуда колебаний может возрасти до недопустимых пределов, при которых создается аварийная ситуация и несущая конструкция агрегата может разрушиться. Резонансы обычно наблюдаются на частотах, близких к частотам собственных колебаний системы. Чтобы предотвратить создавшиеся условия возможного разрушения, необходимо уметь правильно оценивать факторы этому способствующие. В частности, необходимо правильно оценивать и определять частоту собственных колебаний несущей конструкции, знать, от каких именно факторов она зависит, а также оценивать возможность изменения факторов с тем, чтобы при необходимости менять эту частоту, тем самым переводить работающий агрегат в безопасный режим его эксплуатации. Чтобы дать оценку факторов, влияющих на изменение частоты колебаний, обычно конструкцию технического агрегата представляют в виде расчетной схемы, которая обычно показывает упрощенное изображение системы, принимаемое для расчета. Чем точнее расчетная схема соответствует реальной системе, тем более трудоемок его расчет. Обычно при составлении расчетной схемы соблюдают условие, при котором система геометрически неизменяема и неподвижна. Неподвижность системы достигается путем наличия необходимого числа внешних связей. Как правило, чтобы несколько упростить расчет, пространственную систему, по возможности, переводят в плоскую, определяют с количеством и видом внешних закреплений. Так же имеет значение соотношение жесткостей элементов по различным участкам системы. Далее уточняют все геометрические размеры. Если в рассматриваемой системе предусматривается размещение какого-либо специального агрегата, то на расчетной схеме он показывается в виде сосредоточенной массы. Положение массы обычно устанавливается разработчиками и учитывается при составлении расчетной схемы. Далее, чтобы произвести расчет и дать сравнительную оценку изменения частоты собственных колебаний в зависимости от различных факторов, рассмотрим решение прикладной задачи. При определении перемещений в стержневых линейно-деформируемых системах применим метод Мора. В этом случае всю процедуру определения перемещения свести к перемножению эпюр изгибающих моментов – единичной и грузовой (которая в рассматриваемом случае будет совпадать с единичной эпюрой). Получены следующие выводы. 1. Чтобы исключить возможное наступление явления резонанса, необходимо произвести расчет по определению частоты собственных колебаний несущей конструкции агрегата. 2. Частота собственных колебаний зависит от вида расчетной схемы агрегата, жесткостей несущих элементов и расположения масс, находящихся на несущих элементах. 3. Регулирование частоты собственных колебаний можно осуществлять изменением тех факторов, которые на неё влияют: г) геометрических параметров

расчётной схемы несущей системы агрегата; д) жесткостей несущих элементов (характеристик поперечных сечений и материала); е) положения массы.

Chemodurov V.T., Azhermachev S.G., Litvinova E.V.

REGULATION OF NATURAL OSCILLATION FREQUENCIES OF AGROTECHNOLOGICAL UNITS

The article contains theoretical justification for the possibility of regulating the natural vibration frequencies of load-bearing structures of agricultural units. Almost every technical unit of the agro-industrial complex is based on a structure consisting of load-bearing elements for placing attached auxiliary technological equipment. In most cases, this equipment may have rotating and moving components that have an impressive dead weight. One of the factors that may contribute to the occurrence of an emergency may be the onset of the resonance phenomenon when the frequencies of the forcing vibrations partially or completely coincide with the natural frequencies of the supporting structure of the unit. With such a coincidence of frequencies, the amplitude of vibrations can increase to unacceptable limits, at which an emergency is created and the supporting structure of the unit can collapse. Resonances are usually observed at frequencies close to the natural frequencies of the system. In order to prevent the created conditions of possible destruction, it is necessary to be able to correctly assess the factors contributing to this. In particular, it is necessary to correctly assess and determine the natural frequency of vibrations of the supporting structure, to know exactly what factors it depends on, and also to evaluate the possibility of changing factors in order to change this frequency if necessary, thereby transferring the operating unit to a safe mode of operation. To assess the factors influencing the change in oscillation frequency, the design of a technical unit is usually presented in the form of a design diagram, which usually shows a simplified image of the system taken for calculation. The more accurately the calculation scheme corresponds to the real system, the more labor-intensive its calculation is. Usually, when drawing up a calculation scheme, a condition is observed under which the system is geometrically unchangeable and motionless. The immobility of the system is achieved by having the required number of external connections. As a rule, in order to somewhat simplify the calculation, the spatial system, if possible, is converted into a flat one, and the number and type of external fastenings are determined. The ratio of element stiffness's in different parts of the system is also important. Next, all geometric dimensions are clarified. If the system under consideration provides for the placement of any special unit, then it is shown in the design diagram as a concentrated mass. The position of the mass is usually established by the developers and taken into account when drawing up the calculation scheme. Next, in order to make a calculation and give a comparative assessment of the change in the frequency of natural oscillations depending on various factors, we will consider the solution of an applied problem. When determining displacements in linearly deformable rod systems, we apply Mohr's method. In this case, the entire procedure for determining the displacement can be reduced to multiplying the diagrams of bending moments - unit and load (which in the case under consideration will coincide with the unit diagram). The following conclusions were obtained. 1. To exclude the possible occurrence of resonance phenomena, it is necessary to carry out a calculation to determine the natural frequency of the supporting structure of the unit. 2. The frequency of natural vibrations depends on the type of design diagram of the unit, the stiffness of the load-bearing elements and the location of the masses located on the load-bearing elements. 3. Regulating the frequency of natural oscillations can be done by changing those factors that influence it: a) geometric parameters of the design diagram of the unit's supporting system; b) stiffness of load-bearing elements (characteristics of cross sections and material); c) position of the mass.

ВЕТЕРИНАРИЯ

УДК 636.2.082:619:615.2

Лозовой Н.М., Зубцова В.А.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВНУТРИВЛАГАЛИЩНЫХ ИМПЛАНТОВ ПРИД ДЕЛЬТА И СИДР ДЛЯ РЕГУЛЯЦИИ ПОЛОВОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ ТЁЛОК АБЕРДИН-АНГУССКОЙ ПОРОДЫ

Исследование посвящено сравнительной оценке эффективности применения внутривлагалищных устройств (имплантов) ПРИД Дельта (PRID Delta, CEVA) и СИДР (CIDR, Zoetis) для синхронизации полового цикла у тёлочек абердин-ангусской породы. Изучено влияние аппликации внутривлагалищных устройств на гормонально-метаболический гомеостаз, состояние репродуктивной системы и показатели воспроизводства. Установлено, что при схожей динамике изменений концентрации прогестерона, у группы животных получивших имплант СИДР отмечалась лучшая оплодотворяемость после искусственного осеменения, вероятно связанная с более надёжной фиксацией устройства во влагалище у тёлочек. Выводы. Результаты проведённых нами исследований свидетельствуют о том, что форма устройств ПРИД и служащее носителем прогестерона твёрдое этилвинилацетатное покрытие, вызывает местную ответную реакцию в виде воспаления, и повышают риск выпадения устройств. Лучшее удержание устройств СИДР, по нашему мнению, обусловлено тем, что в качестве носителя прогестерона используется силикон, вызывающий меньшее раздражение слизистой половых путей, и Т-образная форма устройства, которая обеспечивает лучшую фиксацию. Раннее снижение уровня прогестерона из-за нарушения эффективности всасывания гормона при возникающих вагинитах может приводить к преждевременному созреванию фолликула яичника и началу стадии эструса. Овуляция, происходящая раньше проведения искусственного осеменения, приводит к снижению жизнеспособности яйцеклетки к моменту введения спермы. В результате вероятность успешного оплодотворения значительно снижается.

Lozovoy N.M., Zubtsova V.A.

EFFICACY OF INTRAVAGINAL IMPLANTS PRID DELTA AND CIDR FOR CONTROLLING SEXUAL CYCLICITY OF CALVES OF ABERDEEN-ANGUS BREED

The study is devoted to a comparative assessment of the effectiveness of the use of intravaginal devices (implants) PRID Delta (CEVA) and CIDR (CIDR, Zoetis) for synchronizing the sexual cycle in calves of the Aberdeen-Angus breed. The effect of the application of intravaginal devices on hormonal and metabolic homeostasis, the state of the reproductive system and reproductive rates was studied. It was found that with similar dynamics of changes in progesterone concentration, the group of animals receiving the SIDR implant had better fertilization after artificial insemination, probably associated with a more reliable fixation of the device in the vagina in calves. Key words: heifers, progesterone, ovariectomy, synchronization of the reproductive cycle, intravaginal devices, artificial insemination, cattle reproduction. Conclusions. The results of our studies indicate that the shape of the PRID devices and the solid ethyl vinyl acetate coating that serves as a progesterone carrier cause a local response in the form of inflammation and increase the risk of device loss. In our opinion, better retention of the SIDR devices is due to the fact that silicone is used as a progesterone carrier, causing less irritation of the mucous membrane of the genital tract, and the T-shaped form of the device, which ensures better fixation. An early decrease in progesterone levels due to a violation of the efficiency of hormone absorption in the case of emerging vaginitis can lead to premature maturation of the ovarian follicle and the onset of the estrus stage. Ovulation that occurs before artificial insemination leads to a decrease in the viability of the egg at the time of sperm introduction. As a result, the probability of successful fertilization is significantly reduced.

УДК 619:616.995:636.4

Лукьянов Р.Ю., Лукьянова Г.А., Лукьянов М.Р.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА МЕТИЛУРАЦИЛ НА КЛЕТОЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИММУНИТЕТА ОРГАНИЗМА ЯГНЯТ ПРИ ЛЕЧЕНИИ АССОЦИАТИВНОЙ БРОНХОПНЕВМОНИИ

Применение комплексной схемы лечения вместе с иммуностимулятором способствовало сто-процентному освобождению ягнят от гельминтов. На 15-е сутки опыта в фекалиях животных обеих групп личинок диктиокаул не выявляли. При ларвоскопическом исследовании фекалий животных через 120 суток после дегельминтизации установили, что ягнята, которым скармливали метилурацил, были полностью свободны от гельминтов. В группе, где иммуностимулятор не применяли, экстенсивность и интенсивность диктиокаулёзной инвазии составляла 21,4 % и $2,3 \pm 0,3$ личинок в пробе, соответственно. Применение комплексной схемы лечения с метилурацилом предотвращало заражение ягнят диктиокаулами на протяжении всего периода исследований (120 суток). В фекалиях животных не выявляли личинок паразитов благодаря повышению иммунологической реактивности организма и предотвращению негативного влияния биомектина. В группе животных, где использовали биомектин+энроксил, среднесуточный прирост массы тела составил $167,4 \pm 13,6$ г. Более значительный результат лечения, который отразился в достоверно высоком приросте массы тела, регистрировали в опытной группе ягнят, которым использовали схему лечения с иммуномодулятором – $218,5 \pm 2,8$ г. У животных, которых лечили с иммуностимулятором, отмечали повышение количества эритроцитов к крови с максимальным показателем на 30-е сутки ($8,9 \pm 0,1$ Т/л), достоверно превышая содержание эритроцитов у ягнят контрольной группы. Динамика уровня лейкоцитов при комплексном лечении с метилурацилом характеризовалась тенденцией к снижению на момент окончания опыта. Данный показатель приближался к уровню физиологической нормы и достоверно отличался от другой группы ($P < 0,05$). Использование в схеме лечения иммуномодулятора сопровождалось нормализацией относительного количества Т-лимфоцитов начиная с 15-х суток наблюдений. На конец опыта показатель составлял $47,1 \pm 0,3$ % по сравнению с контролем. Применение метилурацила способствовало нормализации указанного показателя на 30-е сутки. Данная схема приводила также к повышению содержания В-лимфоцитов. Использование комплексной схемы лечения ягнят больных ассоциативной бронхопневмонией, осложнённой действием бактерий и гельминтов, с использованием антибиотика с антгельминтиком имело высокую лечебную эффективность (100 %). Введение в данную схему иммуномодулятора метилурацила также проявлялось 100 %-ным эффектом и способствовало более высоким среднесуточным приростам массы тела. Благодаря тому, что метилурацил способствует повышению иммунобиологической реактивности, такие обработки профилакировали дальнейшее заражение ягнят гельминтами на протяжении 120 суток.

Lukianov R.Y., Lukianova G.A., Lukianov M.R.

INFLUENCE OF METHYLURACIL ON CELLULAR IMMUNITY INDICATORS OF LAMBS DURING TREATMENT OF ASSOCIATE BRONCHOPNEUMONIA

The use of a complex treatment regimen together with an immunostimulant contributed to 100% liberation of lambs from helminths. On the 15th day of the experiment, dictyocaul larvae were not detected in the feces of animals of both groups. Larvoscopic examination of animal feces 120 days after deworming showed that the lambs fed with methyluracil were completely free of helminths. In the group where the immunostimulant was not used, the extensiveness and intensity of dictyocaulosis invasion was 21.4% and 2.3 ± 0.3 larvae in a sample, respectively. The use of a complex treatment regimen with methyluracil prevented infection of lambs with dictyocauls throughout the entire study period (120 days). No parasite larvae were detected in the feces of animals due to an increase in the body's immunological reactivity and the prevention of the negative effect of biomectin. In the group of animals where biomectin + enroxil was

used, the average daily weight gain was 167.4 ± 13.6 g. A more significant treatment result, which was reflected in a reliably high weight gain, was recorded in the experimental group of lambs that were given the treatment regimen with an immunomodulator - 218.5 ± 2.8 g. In animals treated with an immunostimulant, an increase in the number of erythrocytes in the blood was noted with a maximum indicator on the 30th day (8.9 ± 0.1 T / l), significantly exceeding the content of erythrocytes in lambs of the control group. The dynamics of the leukocyte level during complex treatment with methyluracil was characterized by a tendency to decrease at the end of the experiment. This indicator approached the level of the physiological norm and was significantly different from the other group ($P < 0.05$). The use of an immunomodulator in the treatment regimen was accompanied by normalization of the relative number of T-lymphocytes starting from the 15th day of observation. At the end of the experiment, the indicator was $47.1 \pm 0.3\%$ compared to the control. The use of methyluracil contributed to the normalization of this indicator on the 30th day. This regimen also led to an increase in the content of B-lymphocytes. The use of a complex treatment regimen for lambs with associative bronchopneumonia complicated by the action of bacteria and helminths, using an antibiotic with an anthelmintic had a high therapeutic efficacy (100%). The introduction of the immunomodulator methyluracil into this regimen also showed a 100% effect and contributed to higher average daily weight gains. Due to the fact that methyluracil contributes to an increase in immunobiological reactivity, such treatments prevented further infection of lambs with helminths for 120 days.

УДК 619:636.2.082:612.57

Кувда Н.Н., Кувда Е.Н., Пономарёв А.А.

ВЛИЯНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КОРОВ НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ К ГИПЕРТЕРМИИ

Гипертермия крупного рогатого скота развивается вследствие перегревания животных при совокупном воздействии высокой окружающей температуры воздуха и его повышенной влажности. При этом у коров нарушается энергетический баланс, снижается потребление энергии кормов и, как следствие, уменьшается продуктивность. Нашими исследованиями установлено, что в Республике Крым условия гипертермии начинают регистрироваться уже в мае в период 11-15 ч, в июне-июле – практически весь световой день – с 9 до 21 ч. ТН1 достигает при этом пиковых значений в период 11-17 ч и составляет 75,8-85,1. Под воздействием перегревания молочная продуктивность коров обеих пород снижается неодинаково: более значительно – у голштинской породы, менее – у красной степной. При этом у коров изменяются и показатели качества молока – уменьшается содержание в нем жира и протеина – на 10 и 6,8% соответственно у коров голштинской породы и 6,7 и 2,7% соответственно у коров красной степной породы. Наиболее страдают при этом от перегревания высокопродуктивные животные, теряющие способность реализовать генетический потенциал своей продуктивности. Признаки гипертермии более выражены у голштинских коров. Температура тела у них в летний период составляет $39,54-39,64^\circ\text{C}$, превышая норму у отдельных животных на $0,5-0,7^\circ\text{C}$. Температура тела коров красной степной породы при этом находится у верхних границ нормы – $39,1-39,2^\circ\text{C}$. Для компенсации повышенного теплообразования у коров развивается одышка, которая более выражена у голштинских коров по сравнению с коровами красной степной породы – $30,66 \pm 0,64$ и $26,2 \pm 0,84$ соответственно ($p \leq 0,01$). Изменения температурного баланса организма коров приводят к нарушениям в его метаболизме. Так, у коров голштинской породы в летние месяцы снижается содержание в крови глюкозы до $2,28 \pm 0,06$ ммоль/л, а возрастает содержание кетоновых тел – до $5,74 \pm 0,38$ ммоль/л. У отдельных животных содержание кетоновых тел превышает физиологические нормативы на 20-30%. Подобные метаболические симптомы свидетельствуют о возникновении отрицательного энергетического баланса в организме коров, который и является причиной нарушения продуктивности.

Kuevda N.N., Kuevda E.N., Ponomarev A.A.

COW GENETIC POTENTIAL IMPACT ON MILK PRODUCTION AND HYPERTHERMIA RESISTANCE

Cattle hyperthermia develops due to overheating of animals with the combined effect of high ambient air temperature and high humidity. At the same time, the energy balance of cows is disturbed, the energy consumption of feed is reduced and, as a result, productivity is reduced. Our studies have established that in the Republic of Crimea, hyperthermia conditions begin to be recorded already in May during the period 11-15 hours, in June-July – almost the entire daylight hours – from 9 to 21 hours. THI reaches peak values 75,8-85,1 in the period 11-17 hours. Under the influence of overheating, the milk productivity of cows of both breeds decreases differently: more significantly – in the Holstein breed, less – in the Red Steppe. At the same time, milk quality indicators also change in cows – the content of fat and protein in it decreases by 10 and 6,8%, respectively, in Holstein cows and 6,7 and 2,7%, respectively, in Red Steppe cows. At the same time, highly productive animals that lose the ability to realize the genetic potential of their productivity suffer the most from overheating. Signs of hyperthermia are more pronounced in Holstein cows. Their body temperature in the summer is 39,54-39,64 °C, exceeding the norm in individual animals by 0.5-0,7 °C. At the same time, the body temperature of Red Steppe cows is at the upper limits of the norm – 39,1-39,2 °C. To compensate for the increased heat formation, cows develop shortness of breath, which is more pronounced in Holstein cows compared to Red Steppe cows – $30,66 \pm 0,64$ and $26,2 \pm 0,84$, respectively ($p \leq 0.01$). Changes in the temperature balance of the body of cows lead to disturbances in its metabolism. So, in Holstein cows in the summer months, the blood glucose decreases to $2,28 \pm 0,06$ mmol/l, and the ketone bodies content increases to $5,74 \pm 0,38$ mmol/l. In some animals, the content of ketone bodies exceeds physiological standards by 20-30%. Such metabolic symptoms indicate the occurrence of a negative energy balance in the cows, which is the cause of impaired productivity.

Ответственный секретарь – Е.В. Горбунова
Техническое редактирование и верстка – О.Е. Дубровина
Перевод – О.А. Клиценко

Подписано в печать 08.10.2024. Формат 70х100/16. Заказ №
Усл. печ. л. 13,44. Тираж 500 экз.
Подписной индекс объединенного каталога «Пресса России» 64972.
Цена 467 руб. Дата выхода в свет

Редакция: Институт «Агротехнологическая академия»
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
295492, г. Симферополь, п. Аграрное
Тел.: +7 (3652) 26-35-21. E-mail: tauridatas@mail.ru; <https://ata.cfuv.ru/>

Отпечатано в Издательском доме
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7

**Ответственность за точность приведенных данных, фактов, цитат и
другой информации несут авторы опубликованных материалов**