

ГОД I.

ТОМ I.
КНИГА I.

ИЗВЕСТИЯ САМАРСКОГО сельско-хозяйственного ИНСТИТУТА

1923 г.

DOI 10.55170/19973225

Известия

САМАРСКОЙ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
АКАДЕМИИ

2023

ИЮЛЬ-СЕНТЯБРЬ

Выпуск 3

JULY-SEPTEMBER Iss.3/2023

16+

ИЗВЕСТИЯ

Самарской государственной
сельскохозяйственной академии

ИЮЛЬ-СЕНТЯБРЬ Вып.3/2023

Самара 2023

Bulletin

Samara State
Agricultural Academy

JULY-SEPTEMBER Iss.3/2023

Samara 2023

УДК 619
I33

Известия

Самарской государственной
сельскохозяйственной академии

Вып.3/2023

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве образования и науки Российской Федерации журнал включен 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.

УЧРЕДИТЕЛЬ и ИЗДАТЕЛЬ:

ФГБОУ ВО Самарский ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2

Главный научный редактор, председатель редакционно-издательского совета:

Сергей Владимирович Машков, кандидат экономических наук, доцент

Зам. главного научного редактора:

Павел Александрович Ишкин, кандидат технических наук, доцент

Редакционно-издательский совет:

Васин Василий Григорьевич – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой растениеводства и земледелия Самарского ГАУ.

Троц Наталья Михайловна – д-р с.-х. наук, проф. кафедры землеустройства, почвоведения и агрохимии Самарского ГАУ.

Шевченко Сергей Николаевич – академик РАН, д-р с.-х. наук, директор СамНЦ РАН.

Баталова Галина Аркадьевна – академик РАН, проф., д-р с.-х. наук, зам. директора по селекционной работе ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого.

Каплин Владимир Григорьевич – д-р биол. наук, проф., ведущий научный сотрудник Всероссийского НИИ защиты растений.

Виноградов Дмитрий Валериевич – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой агрономии и агротехнологий Рязанского ГАУ им. П. А. Костычева.

Есько Иван Дмитриевич – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений и плодородия почв Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова.

Мальчиков Петр Николаевич – д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией селекции яровой твердой пшеницы Самарского НИИ сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова.

Баймишев Хамидулла Балтуханович – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой анатомии, акушерства и хирургии Самарского ГАУ.

Гадиев Ринат Равилович – д-р с.-х. наук, проф. кафедры пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных Башкирского ГАУ.

Карамеев Сергей Владимирович – д-р с.-х. наук, проф. кафедры зоотехнии Самарского ГАУ.

Беляев Валерий Анатольевич – д-р ветеринар. наук, проф. кафедры терапии и фармакологии Ставропольского ГАУ.

Еремин Сергей Петрович – д-р ветеринар. наук, проф., зав. кафедрой частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных Нижегородской ГСХА.

Сеитов Марат Султанович – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой незаразных болезней животных Оренбургского ГАУ.

Никитин Владимир Николаевич – д-р с.-х. наук, проф., декан факультета биотехнологии и природопользования, проф. кафедры химии Оренбургского ГАУ.

Варанин Александр Тихонович – д-р с.-х. наук, проф. кафедры частной зоотехнии Волгоградского ГАУ.

Крючич Николай Павлович – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой механики и инженерной графики Самарского ГАУ.

Курочкин Анатолий Алексеевич – д-р техн. наук, проф. кафедры пищевых производств Пензенского ГТУ.

Иншаков Александр Павлович – д-р техн. наук, проф. кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин Национального Исследовательского Мордовского ГУ им. Н. П. Огарева.

Уханов Александр Петрович – д-р техн. наук, проф. кафедры технического сервиса машин Пензенского ГАУ.

Курдюмов Владимир Иванович – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой агротехнологий, машин и безопасности жизнедеятельности Ульяновского ГАУ им. П. А. Столыпина.

Коновалов Владимир Викторович – д-р техн. наук, проф. кафедры технологий машиностроения Пензенского ГТУ.

Траисов Балуаш Бакишевич – академик КазНАЕН, КазАСХН, д-р с.-х. наук, проф., директор департамента животноводства НАО «Западно-Казакстанский АТУ им. Жангир хана».

Боничан Борис Павлович – д-р с.-х. наук, проф., зав. отделом устойчивых систем земледелия, НИИ полевых культур «Селекция», г. Бэлць, Республика Молдова.

Редакция научного журнала:

Мишанин А. Л. – ответственный редактор

Меньшова Е. А. – технический редактор

Федорова Л. П. – корректор

Адрес редакции: 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 (доб. 608)

E-mail: ssaariz@mail.ru

Отпечатано в типографии ООО «Слово», г. Самара, ул. Песчаная, 1

Тел.: (846) 267-36-82

E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 84460

Цена свободная

Подписано в печать 12.07.2023

Формат 60×84/8. Печ. л. 12,75

Тираж 1000. Заказ №2077

Дата выхода 27.07.2023

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 23 мая 2019 года

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-75814

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023

16+

UDC 619
I33

Bulletin

Samara State Agricultural
Academy

Iss.3/2023

In accordance with Order of the Presidium of the Higher Attestation Commission of the Russian Ministry of Education and Science (VAK) the journal was included in the list of the peer-reviewed scientific journals, in which the major scientific results of dissertations for obtaining Candidate of Sciences and Doctor of Sciences degrees should be published.

ESTABLISHER and PUBLISHER:

FSBEI HE Samara SAU
446442, Samara Region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya street, 2

Chief Scientific Editor, Editorial Board Chairman:

Sergey Vladimirovich Mashkov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Deputy, Chief Scientific Editor:

Pavel Alexandrovich Ishkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Editorial and publishing council:

Vasin Vasily Grigorevich – Dr. of Ag. Sci., Professor, Head of the Department of Plant Growing and Agriculture Samara SAU.

Trots Natalia Mikhailovna – Dr. of Ag. Sci., Professor of the Department of Land Management, Soil Science and Agrochemistry Samara SAU.

Shevchenko Sergey Nikolaevich – Academician of the RAS, Dr. of Ag. Sci., Director of the Samara Scientific Center RAS.

Batalova Galina Arkadievna – Academician of the RAS, professor, Dr. of Ag. Sci., Breeding work deputy director of the Federal Agrarian Scientific Center of the North-East, named after N. V. Rudnitsky.

Kaplin Vladimir Grigorievich – Dr. of Biol. Sci., Professor, leading researcher at the All-Russian Research Institute of Plant Protection.

Vinogradov Dmitry Valerievich – Dr. of Biol. Sci., Professor, Head of the Department of Agronomy and Agrotechnologies of the Ryazan State University named after P. A. Kostychev.

Esikov Ivan Dmitrievich – Dr. of Ag. Sci., Professor, Head of the Department of Plant Protection and Horticulture Saratov SAU named after N. I. Vavilov.

Malchikov Petr Nikolaevich – Dr. of Ag. Sci., Chief Researcher, Head of laboratory of spring durum wheat breeding of Samara Research Institute of Agriculture named after N. M. Tulaykov.

Baimishev Hamidulla Baltukhanovich – Dr. of Biol. Sci., Professor, Head of the Department of Anatomy, Obstetrics and Surgery Samara SAU.

Gadiev Rinat Ravilovich – Dr. of Ag. Sci., Professor of the Department of Beekeeping, Private Animal Husbandry and Animal Breeding of the Bashkir SAU.

Karamaev Sergey Vladimirovich – Dr. of Ag. Sci., Professor of the Department of Animal Science of Samara SAU.

Belyaev Valery Anatolevich – Dr. of Vet. Sci., Professor of the Department of Therapy and Pharmacology Stavropol SAU.

Eremim Sergey Petrovich – Dr. of Vet. Sci., Professor, Head of the Department of Private Zootechny and breeding of farm animals of the Nizhny Novgorod SAA.

Seitov Marat Sultanovich – Dr. of Biol. Sci., Professor, Head of the Department of Non-infectious Animal Diseases of the Orenburg SAU.

Nikitin Vladimir Nikolaevich – Dr. of Ag. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Biotechnology and Nature Management, Professor of the Chemistry Department Orenburg SAU.

Varakin Alexander Tikhonovich – Dr. of Ag. Sci., Professor of the Department of private zootechny Volgograd SAU.

Krjuchich Nikolay Pavlovich – Dr. of Tech. Sci., Professor, Head of the Mechanics and Engineering Schedules department Samara SAU.

Kurochkin Anatoly Alekseevich – Dr. of Tech. Sci., Professor of the Department Food Manufactures, Penza STU.

Inshakov Alexander Pavlovich – Dr. of Tech. Sci., Professor of the Department of Mobile Energy Means and Agricultural Machines of the National Research Morдовian SU named after N. P. Ogarev.

Ukhanov Alexander Petrovich – Dr. of Tech. Sci., Professor of the Department of Technical Service of Machines of the Penza SAU.

Kurdyumov Vladimir Ivanovich – Dr. of Tech. Sci., Professor, Head of the Department Safety of Ability to Live and Power Ulyanovsk SAU named after P. A. Stolypin.

Konovvalov Vladimir Viktorovich – Dr. of Tech. Sci., Professor of the Department of Engineering Technology Penza STU.

Traisov Baluash Bakishevich – Academician of KazNAS, KazAAS, Dr. of Ag. Sci., Professor, Director of the Animal Husbandry Department of the SAU «West Kazakhstan ATU named after Zhangir Khan».

Bonichan Boris Pavlovich – Dr. of Ag. Sci., Professor, Head of the Department of Sustainable Agricultural Systems, Research Institute of Field Crops «Selection», Balti t., Republic of Moldova.

Edition science journal:

Mishanin A. L. – editor-in-chief

Menshova E. A. – technical editor

Fedorova L. P. – proofreader

Editorial office: 446442, Samara Region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya street, 2
Tel.: 8 939 754 04 86 (ext. 608)

E-mail: ssaariz@mail.ru

Printed in Print House LLC «Slovo», Samara, Peschanaya street, 1

Tel.: (846) 267-36-82

E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Subscription index in the United catalog «Press of Russia» – 84460

Price undefined

Signed in print 12.07.2023

Format 60×84/8. Printed sheets 12.75

Print run 1000. Edition №2077

Publishing date 27.07.2023

The journal is registered in Supervision Federal Service of Telecom sphere, information technologies and mass communications (Roscomnadzor) May 23, 2019

The certificate of registration of the PI number FS77-75814

© FSBEI HE Samara SAU, 2023

16+

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья

УДК 631.9:631.95

doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_3

ВЛИЯНИЕ ФОСФОГИПСА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛУКА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Наталья Ивановна Аканова¹, Наталья Михайловна Троц^{2✉}, Лидия Николаевна Холомьева³, Анатолий Александрович Соловьев⁴

¹ВНИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, Москва, Россия

^{2,4}Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

³АО «АПТИТ», Москва, Россия

¹info@vniia-pr.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3153-6740>

²troz_shi@mail.ru ✉, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

³info@phosagro.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7127-308X>

⁴anatoliy.solovyev@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0002-6486-7899>

Цель исследований – разработка приемов повышения продуктивности лука и минимализации содержания тяжелых металлов в продукции за счет внесения фосфогипса на черноземных почвах южной агроклиматической зоны Самарской области. Выявлено, что лук гибрида Коабо F1 в условиях достаточного увлажнения на черноземных почвах формирует достаточно высокую урожайность – 53,0 т/га. За счет внесения ФГ увеличивается содержание серы в почве: при дозе 2 т/га оно возрастает в 1,6 раза и динамично растёт с увеличением дозы ФГ, максимальное повышение (в 5,5 раза) отмечено при внесении 10 т/га – 124,3 мг/кг. При низкой обеспеченности региона подвижной серой и дефиците элемента в почве ФГ можно рассматривать как источник этого элемента. Относительно динамики валового содержания тяжелых металлов установлено, что при внесении ФГ практически не происходит увеличения количества в почве Zn, Ni, Cu, а содержание Cd уменьшается. Количество Pb снижается в 1,7 раза – с 13,0 до 5,0 мг/кг. Валовое содержание всех тяжелых металлов и количество их подвижных форм во всех вариантах не превышает установленных ПДК. Внесение фосфогипса в сочетании с минеральными удобрениями способствует повышению продуктивности лука. Внесение в почву фосфогипса на фоне применения минеральных удобрений обеспечивает прибавку урожая лука гибрида Коаба F1 в пределах 14,0-19,5% (или 26,9-33,9 т/га), наибольший урожай получен в варианте с внесением 8 т/га фосфогипса – 57,5 т/га. Применение фосфогипса способствует увеличению содержания кальция, улучшению структуры почвы, повышению урожайности и качества овощных культур.

Ключевые слова: фосфогипс, плодородие почв, урожайность, черноземы, лук, орошение.

Для цитирования: Аканова Н. И., Троц Н. М., Холомьева Л. Н., Соловьев А. А. Влияние фосфогипса на продуктивность лука при выращивании в условиях степной зоны Самарского Заволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3. С. 3–10. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_3

INFLUENCE OF PHOSPHOGYPSUM ON ONION PRODUCTIVITY WHEN GROWING IN THE STEPPE ZONE OF THE SAMARA ZAVOLZHE

Natalya I. Akanova¹, Natalya M. Trots^{2✉}, Lidia N. Kholomieva³, Anatoly A. Solovyov⁴

¹All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D. N. Pryanishnikov, Moscow, Russia

^{2,4}Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia

³JSC «Apatit», Moscow, Russia

¹info@vniia-pr.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3153-6740>

²troz_shi@mail.ru✉, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

³info@phosagro.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7127-308X>

⁴anatoliy.solovyev@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0002-6486-7899>

The purpose of the research is to develop methods for increasing onion productivity and minimizing the content of heavy metals in products by introducing phosphogypsum on chernozem soils of the southern agroclimatic zone of the Samara region. It was revealed that the onion of the Coabo F1 hybrid under conditions of sufficient moisture on chernozem soils produces a sufficiently high yield – 53.0 t/ha. Due to the application of FG, the sulfur content in the soil increases: at a dose of 2 t/ha, it increases 1.6 times and grows dynamically with an increase in the dose of FG, the maximum increase (5.5 times) was noted with the application of 10 t/ha – 124.3 mg/kg. With a low availability of movable sulfur in the region and a shortage of the element in the soil, FG can be considered as a source of this element. Regarding the dynamics of the gross content of heavy metals, it was found that when FG is applied, there is practically no increase in the amount of Zn, Ni, Cu in the soil, and the Cd content decreases. The amount of Pb decreases by 1.7 times – from 13.0 to 5.0 mg/kg. The gross content of all heavy metals and the number of their movable forms in all variants does not exceed the established MPC. The application of phosphogypsum in combination with mineral fertilizers helps to increase the onion productivity. The application of phosphogypsum into the soil against the background of the use of mineral fertilizers provides an increase in the yield of onion of the Coaba F1 hybrid in the range of 14.0-19.5% (or 26.9-33.9 t/ha), the highest yield was obtained in the variant with the application of 8 t/ha of phosphogypsum – 57.5 t/ha. The use of phosphogypsum helps to increase the calcium content, improve the structure of the soil and increase the yield and quality of vegetable crops.

Keywords: phosphogypsum, soil fertility, productivity, chernozems, onion, irrigation.

For citation: Akanova, N. I., Trots, N. M., Kholomieva, L. N. & Solovyov, A. A. (2023). Influence of phosphogypsum on onion productivity when growing in the steppe zone of the Samara Zavolzhie. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 3–10 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_3

Современный уровень продуктивности лука в основных лукосеющих странах достигает 46,4-51,7 т/га. В России средняя урожайность лука составляет 22,6 т/га. Поэтому актуальной задачей современности является повышение урожайности репчатого лука, прежде всего, на высокоплодородных, орошаемых землях, с целевым уровнем продуктивности не менее 100 т/га и соблюдением принципов ресурсосбережения и экологической безопасности производства. Луку, как и большинству овощных культур, требуется регулярный полив, и в современном овощеводстве открытого грунта невозможно обойтись без использования орошения.

При орошении возможно вымывание почвенных коллоидов, растворимых солей кальция и магния в глубокие горизонты почвы, что ведет к разрушению структуры, уплотнению пахотного горизонта и образованию корки на поверхности почвы. Уменьшается общая и некапиллярная пористость, ухудшается аэрация.

В различных отраслях российской экономики образуется порядка пятидесяти видов кальцийсодержащих отходов, значительная доля которых приходится на неорганическое и органическое производство в химической промышленности. Примером может служить продукт побочного производства фосфорной кислоты – фосфогипс (ФГ), способствующий повышению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур [1-4, 7, 11].

Цель исследований – разработка приемов повышения продуктивности лука и минимализации содержания тяжелых металлов в продукции за счет внесения фосфогипса на черноземных почвах южной агроклиматической зоны Самарской области.

Задачи исследований – изучение влияния возрастающих доз ФГ (2,0, 4,0, 6,0, 8,0 и 10,0 т/га) на формирование продуктивности лука, агрохимические показатели плодородия почвы, особенности динамики валового содержания цинка (Zn), свинца (Pb), никеля (Ni), меди (Cu) и кадмия (Cd) в пахотном горизонте.

Материал и методы исследований. Фосфогипс содержит 80-90% гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 2-3% P_2O_5 , до 15% SiO_2 , до 21% S, 20-22% Ca. Также в его составе содержится: 1,4% Mg, 0,17-0,20% F, 0,1% B, 1% Mn, 0,01% Cu, 0,05% Zn, 0,03% Co, 0,05% Mo [5, 6].

Полевые опыты по исследованию действия ФГ в посадках лука и картофеля были заложены на полях крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ), расположенного в Приволжском районе Самарской области.

Анализ метеорологических данных метеостанции «Безенчукская» показал, что сумма положительных температур за вегетационный период (май – июль) составила 2009°C, при норме 1602°C, ГТК равнялся 0,55.

Закладка и проведение полевых опытов проводились согласно методике опытного дела Б. А. Доспехова [10], методическим указаниям по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями [8], методическим требованиям к полевому опыту [9], основам научных исследований в агрономии [10].

Интенсивная технология производства лука велась на площади 100 га и включала следующие мероприятия: осенью готовили почву, производили вспашку, через месяц фрезерование почвы. В конце февраля, по снегу, на опытные делянки внесли ФГ в дозах 2,0, 4,0, 6,0, 8,0 и 10,0 т/га (табл. 1).

Таблица 1

Схема опыта на посадках лука

1	2	3	4	5	6	7
Контроль	Фон ($\text{N}_{100}\text{P}_{100}$)	Фон + ФГ 2 т/га	Фон + ФГ 4 т/га	Фон + ФГ 6 т/га	Фон + ФГ 8 т/га	Фон + ФГ 10 т/га

Посев лука проводили 20 апреля 2022 г. Объект исследований – гибрид Каоба F1. Норма высева семян 1 млн/га, или 5 кг/га. До появления всходов проводили обработку гербицидами. Уборку лука проводили овощным комбайном Grimme. Норма полива за сезон составила 3200 кубометров. Полив осуществлялся за период вегетации растений 21 раз за сезон, дозой 150 кубометров.

В почвенных образцах определяли: рН сол. (ГОСТ 26483-85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО»); азот щелочногидролизующий – по Корнфилду [5]; подвижный фосфор и обменный калий по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО»); содержание тяжелых металлов – цинка, свинца, кадмия, никеля, меди – определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Математическая обработка экспериментального материала проводилась по Б. А. Доспехову [10].

Результаты исследований. Своевременному прорастанию и дружным всходам растений лука способствовал равномерный полив. Отличий в скорости появления проростков по вариантам не отмечено. К фазе образования пера прослеживалась разница в развитии растений. Наиболее быстро к этой фазе подошли растения контрольного варианта – на 35 дней после начала формирования луковиц. В фоновом варианте, а также в вариантах с дополнительным внесением 2,0, 4,0 и 6,0 т/га ФГ были сформированы луковицы на 3 дня позже, чем в контрольном варианте. Увеличение нормы ФГ до 8,0 т/га продлило период формирования до 6 дней. Растения в варианте с внесением 8 т/га ФГ отличались более густой надземной массой, перо было длиннее, чем в контрольном варианте в среднем на 3 см.

Особых различий в фазу полегания пера не отмечалось (в контрольном варианте это 55 день после прохождения растениями фазы образования луковиц). Полегание пера в фоновом

варианте и с дозами 2,0, 4,0 и 6,0 т/га ФГ началось через 53 дня, в вариантах с дозами 8,0 и 10 т/га ФГ сократило до 50 дней.

Таким образом, полегание пера перед уборкой у среднеспелого гибрида лука Коаба F1 наступает на 50-55 день после посева. При этом какого-либо влияния минеральных удобрений и ФГ не прослеживается. Достоверное влияние проявляется позже. Внесение в почву ФГ в дозе 8,0 т/га сокращает межфазные периоды развития растений на этапе начала образования лукович и полегания пера и сокращает вегетацию лука на 5 дней.

Отличие наблюдалось в количестве лукович с длиной высушенной шейки более 5 см. Длинная шейка способствует тому, что вредители могут откладывать яйца на основания листьев или в почву рядом с шейкой лука, личинки прогрызают перо лука и выедают его изнутри либо поселяются в основании шейки луковичы, что приводит к её быстрому загниванию. Минимальная оценка приходилась на луковичы с делянок с внесением ФГ 8 т/га. У лукович с опытных делянок наблюдалось сокращение длины шейки, что благоприятно для устойчивости к болезням и вредителям и обеспечивает долгосрочное хранение.

В луковичах, выращенных в условиях эксперимента, содержание сухого вещества колебалось в пределах 9,8-10,7%, максимальное значение было в контрольном варианте, содержание сахара достигало 14,5%, белка – 2,4%, клетчатки – 0,8 г (табл. 2).

Таблица 2

Биохимические показатели лукович

№	Вариант опыта	Содержание					
		Нитраты, мг/кг (ПДК 250 мг/кг)	Сухое вещество, % (норма 10-20%)	Сахар, % (норма 6-12%)	Белок, % (норма 1,5-2,0%)	Клетчатка, г (норма до 1,2 г)	Витамин С, мг/% (норма до 2-10 мг/%)
1	Контроль	55	10,7	13,0	2,0	0,7	9,3
2	Фон (Ф)	79	9,8	14,0	2,3	0,7	10,7
3	Ф + ФГ 2 т/га	75	10,1	14,0	2,1	0,8	10,3
4	Ф + ФГ 4 т/га	77	10,4	14,5	2,4	0,8	10,9
5	Ф + ФГ 6 т/га	101	9,8	14,0	2,3	0,8	10,3
6	Ф + ФГ 8 т/га	96	10,3	14,5	2,3	0,7	10,3
7	Ф + ФГ 10 т/га	100	10,2	14,5	2,4	0,8	10,9

Активизация процессов биосинтеза органических веществ в луке происходила на фоне внесения минеральных удобрений и ФГ, максимальное накопление отмечалось в пределах от 9,3 до 10,9 мг/%, что больше в сравнении контролем в 1,1-1,2 раза. Содержание нитратов колебалось от 77 до 101 мг/кг (при ПДК 250 мг/кг). С учетом приведенных показателей варианты удобрений и дозы ФГ можно считать оптимальными для рекомендаций производству.

Выявлено, что внесение ФГ положительно влияет на реакцию почвенной среды. Эффект рассоления почвы начинает проявляться уже при норме внесения мелиоранта 2 т/га.

Значения pH увеличивались в пахотном горизонте в среднем с 6,0 единиц (на контроле) до 7,2. С увеличением нормы внесения ФГ с 2 до 10,0 т/га показатель достигал 7,1-7,2. Учитывая высокий уровень щелочности поливной воды (pH выше 8,0) внесение ФГ способствовало ее некоторой нейтрализации и стабилизировало pH почвенного раствора в слабощелочном интервале (табл. 3).

Анализ данных по содержанию гумуса в почве выявил влияние мелиоранта на его концентрацию, которая выше в сравнении с контрольным значением. Помимо естественной почвенной пестроты, возможно, внесение ФГ приостанавливает процессы гумификации, и этот показатель будет иметь положительную динамику в последующие годы, когда в результате последствия фосфогипса будет нарастать продуктивность фитоценоза и количество поступающей в почву органической массы.

В первый год действия ФГ оказал существенное влияние на доступность легкогидролизуемого азота почвы для растений, показатель увеличился с 75 мг/кг на контроле до 152 мг/кг при внесении минеральных удобрений и ФГ в дозе 6 т/га. Внесение ФГ оказало влияние также на фосфатный режим почвы, увеличивая содержание подвижного фосфора по мере возрастания нормы внесения мелиоранта. Так, в варианте с применением 6,0 т/га ФГ содержание фосфора повысилось в 1,2 раза, на фоне 2,0 т/га ФГ – в 1,6 раза, 4 и 8 т/га ФГ – в 1,5 раза, при внесении 10 т/га ФГ – в 2,5 раза.

Таблица 3

Агрохимические показатели почв

№	Вариант опыта	рН (KCl)	Емкость катионного обмена, ммоль/100 г	Гумус, %	Нитраты, мг/100 г	S обм.	Mg обм.	Ca обм.	Na	P ₂ O ₅	N лг	K ₂ O	Плотность почвы, г/см ³
						мг·экв./100 г				мг/кг			
1	Контроль	6,0	28,4	4,9	17	22,4	2,0	20,0	0,05	125	75	123	1,48
2	Фон (N ₁₀₀ P ₁₀₀)	6,5	31,3	6,6	24	36,8	2,1	15,0	0,07	208	126	220	1,34
3	Фон + ФГ 2 т/га	7,1	33,1	6,1	23	54,7	3,1	18,0	0,07	188	147	221	1,32
4	Фон + ФГ 4 т/га	7,2	31,4	4,9	22	62,3	2,1	21,9	0,05	201	138	170	1,32
5	Фон + ФГ 6 т/га	7,1	31,9	5,2	26	83,5	2,4	19,6	0,03	192	152	215	1,31
6	Фон + ФГ 8 т/га	7,1	32,4	5,8	26	107,0	2,1	16,6	0,05	267	146	195	1,30
7	Фон + ФГ 10 т/га	7,1	34,6	4,8	28	124,3	1,9	21,3	0,07	316	138	270	1,30

Содержание обменного калия в почве также возрастало и находилось на максимальном уровне (270 мг/кг почвы) в варианте с внесением 10 т/га ФГ. Очевидно, запасы K₂O были мобилизованы за счет усиления обменных процессов.

По содержанию кальция и магния закономерной динамики не выявлено. Отмечено, что внесение 10 т/га ФГ снижает содержание обменного магния. Максимальное содержание обменного кальция отмечено в варианте с внесением 4 т/га ФГ (табл. 3).

Внесение ФГ в почву значительно увеличивает емкость катионного обмена – от 28,4 ммоль/100 г на контроле до 34,6 ммоль/100 г при дозе 10 т/га.

Важным показателем мониторинга при использовании ФГ является плотность почвы. Подвергаясь действию поливной воды и тяжелой техники, уровень уплотнения достигает 1,48 г/см³. Действие ФГ уже в первый год применения повлияло на разуплотнение почвы – показатель снизился до 1,30 г/см³.

За счет внесения ФГ увеличивается содержание серы в почве: при 2 т/га оно возрастает в 1,6 раза и динамично растет с увеличением дозы ФГ, максимальное повышение (до 124,3 мг/кг – в 5,5 раза) отмечено при внесении 10 т/га ФГ. При низкой обеспеченности региона подвижной серой и дефиците элемента в почве ФГ можно рассматривать как источник этого элемента.

Относительно динамики валового содержания тяжелых металлов (табл. 4), установлено, что при внесении в почву ФГ практически не происходит увеличения в почве Zn, Ni, Cu, а содержание Cd уменьшается. Количество Pb снижается в 1,7 раза (с 13,0 до 5,0 мг/кг). Валовое содержание всех тяжелых металлов и количество их подвижных форм во всех вариантах не превышает установленных ПДК (табл. 5).

Таблица 4

Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг

№	Вариант опыта	Тяжелые металлы, мг/кг								
		Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Mn	Fe	Ni	As
1	Контроль	>0,005	> 1,0	13,0	13,0	9,1	220	3200	12,0	1,03
2	Фон (N ₁₀₀ P ₁₀₀)	>0,005	> 1,0	7,6	17,0	9,3	210	4100	15,0	> 1,0
3	Фон + ФГ 2 т/га	>0,005	> 1,0	9,6	14,0	8,8	210	3300	13,0	> 1,0
4	Фон + ФГ 4 т/га	>0,005	> 1,0	9,6	14,0	8,4	220	3800	13	> 1,0
5	Фон + ФГ 6 т/га	>0,005	> 1,0	8,7	14,0	8,8	210	3100	15,0	> 1,0
6	Фон + ФГ 8 т/га	>0,005	> 1,0	5,0	14,0	8,1	180	3100	12,0	> 1,0
7	Фон + ФГ 10 т/га	>0,005	> 1,0	7,8	17,0	7,5	220	3800	15,0	> 1,0
	ПДК	2,1	2,00	32,0	100,0	14,00	1500,00	ОДК 40000	85	2,0

Внесение 2,0 т/га ФГ на фоне минеральных удобрений обусловило некоторое увеличение, в сравнении с контролем, Ni – на 19,1%, Cu – на 13,2% и Fe – в 1,9 раза. На фоне 4,0 и 6,0 т/га ФГ не установлено накопления тяжелых металлов в почве. Заметный рост валового содержания тяжелых металлов в почве, по отношению к контролю, прослеживается при внесении 6,0 т/га ФГ. По цинку прирост составляет 11,5%, никелю – 37,6%, меди – 47,9%, а кадмию – в 2,7 раза. Однако полученные значения находились значительно ниже ОДК. Таким образом, внесение в почву ФГ способствует снижению значений рН почвенного раствора и ведет к нейтрализации вредного действия солей в верхних слоях почвы.

Таблица 5

Содержание подвижных форм тяжелых металлов, мг/кг

№	Вариант опыта	Тяжелые металлы, мг/кг						
		Cd	Pb	Zn	Cu	Mn	Fe	Ni
1	Контроль	> 1,0	> 1,0	> 1,0	> 1,0	5,40	>5,0	> 1,0
2	Фон (N ₁₀₀ P ₁₀₀)	> 1,0	> 1,0	> 1,0	> 1,0	13,0	>5,0	> 1,0
3	Фон + ФГ 2 т/га	> 1,0	> 1,0	> 1,0	> 1,0	20,0	>5,0	> 1,0
4	Фон + ФГ 4 т/га	> 1,0	> 1,0	> 1,0	> 1,0	23,0	>5,0	> 1,0
5	Фон + ФГ 6 т/га	> 1,0	> 1,0	> 1,0	> 1,0	24,0	>5,0	> 1,0
6	Фон + ФГ 8 т/га	> 1,0	> 1,0	> 1,0	> 1,0	26,0	>5,0	> 1,0
7	Фон + ФГ 10 т/га	> 1,0	> 1,0	> 1,0	> 1,0	23,0	>5,0	> 1,0
	ПДК	0,5	6,0	23,00	3,00	140,0	-	4,0

Выявлено, что лук гибрида Коабо F1, в условиях достаточного увлажнения, на черноземных почвах, формирует достаточно высокую урожайность – на уровне 53,0 т/га (табл. 6).

Таблица 6

Урожайность лука, 2022 г.

№	Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
			т/га	%
1	Контроль	38,0	0	0
2	Фон (N ₁₀₀ P ₁₀₀)	52,0	14,0	26,9
3	Фон+ ФГ 2 т/га	55,5	17,5	31,6
4	Фон+ ФГ 4 т/га	57,3	19,3	33,6
5	Фон+ ФГ 6 т/га	55,0	17,0	30,9
6	Фон+ ФГ 8 т/га	57,5	19,5	33,9
7	Фон+ ФГ 10 т/га	55,8	17,8	31,8
	НСР ₀₅	0,98	-	-

Применение 2,0 т/г ФГ способствовало увеличению урожайности лука с 1 га на 17,5 % – до 31,6 т/га. Повышение нормы до 8,0 т/га обеспечило повышение урожая еще на 2% – до 57,5 т/га, прибавка составила 33,9%. Продуктивность культуры при внесении 4,0 т/га ФГ примерно одинакова в сравнении с вариантом с внесением 8,0 т/га.

Заключение. Внесение в почву ФГ на фоне применения минеральных удобрений достоверно обеспечивает прибавку урожая лука гибрида Коаба F1 на 14,0-19,5%, или 26,9-33,9 т/га, максимальный урожай был получен в варианте с внесением 8,0 т/га ФГ – 57,5 т/га. По результатам исследований выявлено, что внесение в почву ФГ в сочетании с минеральными удобрениями обеспечивает прибавку урожая лука гибрида Коаба F1 в пределах 14,0-19,5% или 26,9-33,9 т. При этом максимальный урожай лука был получен в варианте с внесением 8,0 т/га ФГ и составил 57,5 т/га.

Список источников

1. Колесников С. И., Азнаурьян Д. К. и др. Изучение возможности использования мочевины и фосфогипса в качестве мелиорантов нефтезагрязненных почв в модельном опыте // Агрехимия. 2011. № 9. С. 77–81.
2. Окорков В. В. Использование фосфогипса в земледелии // Владимирский земледелец. 2012. №4(62). С. 12–19.
3. Исайчев В. А., Андреев Н. Н. Влияние препаратов серии МЕГАМИКС на биометрические показатели и урожайность яровой пшеницы // Нива Поволжья. 2022. № 3(63). С. 1005.

4. Костин В. И., Дозоров А. В., Исайчев В. А. К вопросу о стимуляции сельскохозяйственных растений под действием физических и химических факторов при обработке семян // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2(42). С. 67–77.
5. Вильдфлуш И. Р. Агрохимия удобрения и их применение в современной земледелии. Горки : БГСХА, 2019. 405 с.
6. Чекмарев П. А., Обущенко С. В., Троц Н. М. Влияние системного применения минеральных удобрений на содержание гумуса в черноземе обыкновенном // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 4. С. 32–34.
7. Аканова Н. И., Троц Н. М., Троц В. Б. Агроэкологическая эффективность применения калийно-натриевого глинистого удобрения на посевах сельскохозяйственных культур в условиях Среднего Поволжья // Самара АгроВектор. 2021. № 1. С. 32–39. doi: 10.55170/77962_2021_1_1_32.
8. Троц Н. М., Боровкова Н. В., Соловьев А. А. Оценка эффективности фосфогипса в агроценозах ярового ячменя // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 3–11.
9. Кирейчева Л. В., Неведов А. В., Виноградов Д. В. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапропеля для повышения плодородия деградированных почв // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2016. № 3 (31). С. 12–17.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5 изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Троц В. Б., Троц Н. М., Обущенко С. В. Влияние фосфогипса на урожайность ярового ячменя // Стратегические направления развития агропромышленного комплекса : сборник трудов конференции. Караваево : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. С. 32–35.

References

1. Kolesnikov, S. I. & Aznauryan, D. K. et al. (2011). Studying the possibility of using urea and phosphogypsum as ameliorants of oil-contaminated soils in a model experiment. *Agrohimiya (Agrochemistry)*, 9, 77–81 (in Russ.).
2. Okorkov, V. V. (2012). The use of phosphogypsum in agriculture. *Vladimirskii zemledec (Vladimir agricolist)*, 4 (62), 12–19 (in Russ.).
3. Isaichev, V. A. & Andreev, N. N. (2022). Influence of preparations of the MEGAMIX series on biometric indicators and productivity of spring wheat. *Niva Povolzhia (Niva Povolzhya)*, 3(63), 1005. (in Russ.).
4. Kostin, V. I., Dozorov, A. V. & Isaichev, V. A. (2018). On the issue of stimulation of agricultural plants under the influence of physical and chemical factors during seed treatment. *Vestnik Uliianovskoi gosudarstvennoi seliskokhoziaistvennoi akademii (Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy)*, 2(42), 67–77 (in Russ.).
5. Wildflush, I. R. (2019). *Agrochemistry of fertilizers and their use in modern agriculture*. Gorki : Belarusian State Agricultural Academy (in Russ.).
6. Chekmarev, P. A., Obushchenko, S. V., Trots, V. B. & Trots, N. M. (2018). Influence of mineral fertilizers and biologically active substances on the productivity of wheat. *Dostizheniia nauki i tekhniki APK (Achievements of Science and Technology of AICis)*, 8, 28–31 (in Russ.).
7. Akanova, N. I., Trots, N. M. & Trots, V. B. (2021). Agro-ecological efficiency of the use of potassium-sodium clay fertilizer on crops in the conditions of the Middle Volga. *Samara AgroVector (Samara AgroVector)*, 1, 32–39. doi: 10.55170/77962_2021_1_1_32 (in Russ.).
8. Trots, N. M., Borovkova, N. V. & Soloviev, A. A. (2022). Evaluation of the effectiveness of phosphogypsum in agroecosystems of spring barley. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 3–11 (in Russ.).
9. Kireycheva, L. V., Nefedov, A. V. & Vinogradov, D. V. (2016). Substantiation of the use of a fertilizer-meliorating mixture based on peat and sapropel to increase the fertility of degraded soils. *Vestnik Riazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva (Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostycheva)*, 3 (31), 12–17 (in Russ.).
10. Dospikhov, B. A. (1985). *Methodology of field experience*. Moscow : Agropromizdat (in Russ.).
11. Trots, V. B., Trots, N. M. & Obushchenko, S. V. (2022). Effect of phosphogypsum on the yield of spring barley // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex '22: *proceedings of the conference*. (pp. 32–35). Karavaevo : Kostroma State Agricultural Academy (in Russ.).

Информация об авторах:

Н. И. Аканова – доктор биологических наук; профессор;
 Н. М. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
 Л. Н. Холомьева – начальник управления по реализации фосфогипса АО «Апатит»;
 А. А. Соловьев – аспирант.

Information about the authors:

N. I. Akanova – Doctor of Biological Sciences; Professor;

N. M. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

L. N. Kholomieva – Head of the Department for the implementation of phosphogypsum of JSC «Apatit»;

A. A. Solovyov – post-graduate student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 6.06.2023; одобрена после рецензирования 27.06.2023; принята к публикации 11.07.2023.

The article was submitted 6.06.2023; approved after reviewing 27.06.2023; accepted for publication 11.07.2023.

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья

УДК 633.174:631.52[631.527.56+575.133]

doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_11

**КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ СКРЕЩИВАНИЙ
ГИБРИДОВ F1 САХАРНОГО СОРГО ПО УРОЖАЙНОСТИ БИОМАССЫ**

Оксана Павловна Кибальник

Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Россия

kibalnik79@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1808-8974>

Цель исследований – оценка общей и специфической комбинационной способности изоядерных ЦМС-линий на основе стерильных цитоплазм А3, А4, 9Е и образцов сахарного сорго в системе тестерных скрещиваний. В настоящее время наиболее перспективным направлением селекции является создание гибридов F1 сахарного сорго, основанное на выявлении и подборе родительских форм с высокой комбинационной способностью. Исходный материал и гибриды F1 выращивали в засушливых условиях Саратовского Правобережья в 2016-2018 гг.: гидротермический коэффициент в периоды вегетаций составил 0,51-1,01. Оценка комбинационной способности компонентов скрещиваний проводили по методу топкросса. Гибриды F1 существенно различались по урожайности биомассы. Наиболее продуктивными оказались гибриды, у которых в качестве отцовской формы использовали линию Л-52/13 – 39,9-71,4 т/га. Анализ комбинационной способности компонентов скрещиваний на основе трехлетних результатов показал, что высокие эффекты ОКС отмечены у сортов Волжское 51 (1,91-11,31), Саратовское 90 (2,67-15,71) и линии Л-52/13 (2,38-5,54). Наибольшие дисперсии СКС выявлены у сорта Саратовское 90 (1,21-189,27) и линий Л-60/12 (9,98-14,53), Л-52/13 (30,43-54,83). Установлено, что тип стерильной цитоплазмы изоядерных ЦМС-линий не оказал существенного влияния на общую и специфическую комбинационную способность по урожайности биомассы. При этом, более высокие показатели эффектов ОКС (1,04-1,27) и дисперсий СКС (11,80-36,66) отмечены у 9Е Желтозерное 10 по сравнению с аналогами на стерильных цитоплазмах А3 и А4. Полученные сведения целесообразно использовать в селекционных программах по выведению высокопродуктивных гибридов сахарного сорго.

Ключевые слова: сорго, изоядерные ЦМС-линии, типы ЦМС, гибриды F1, эффекты ОКС, дисперсия СКС, урожайность биомассы.

Для цитирования: Кибальник О. П. Комбинационная способность компонентов скрещиваний гибридов F1 сахарного сорго по урожайности биомассы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3. С. 11–18. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_11

AGRICULTURE

Original article

**COMBINATIONAL ABILITY OF COMPONENTS CROSSES OF HYBRIDS F1
SUGAR SORGHUM ON BIOMASS YIELD**

Oksana P. Kibalnik

Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia

kibalnik79@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1808-8974>

The aim of the research is to evaluate the general (GCA) and specific combinational ability (SCA) of iso-nuclear CMS lines based on sterile cytoplasmas A3, A4, 9E and samples of sugar sorghum in the system of test crosses. Currently, the most promising direction of breeding is the creation of F1 hybrids of sugar sorghum, based on the identification and selection of parental forms with high combinational ability. The starting material and F1 hybrids were grown in the arid conditions of the Saratov Right Bank in 2016-2018: the hydrothermal coefficient during the growing season was

0.51-1.01. The evaluation of the combinational ability of the crossing components was carried out using the topcross method. F1 hybrids differed significantly in biomass yield. The most productive were hybrids, in which the line was used as the paternal form L-52/13 – 39,9-71,4 t/ha. The analysis of the combinational ability of the components of crosses based on three-year results showed that high effects of GCA were noted in the varieties Volzhskoe 51 (1.91-11.31), Saratovskoe 90 (2.67-15.71) and the line L-52/13 (2.38-5.54). The greatest SCA variances were found in the variety Saratovskoe 90 (1.21-189.27) and the lines L-60/12 (9.98-14.53), L-52/13 (30.43-54.83). It was found that the type of sterile cytoplasm of iso-nuclear CMS lines did not significantly affect the general and specific combinational ability of biomass yield. At the same time, higher rates of effects GCA (1.04-1.27) and dispersions SCA (11.80-36.66) were noted in 9E Zheltozyornoe 10 compared with analogues on sterile cytoplasmas A3 and A4. It is advisable to use the information obtained in breeding programs for the breeding of highly productive hybrids of sugar sorghum.

Keywords: sorghum, iso-nuclear CMS-lines, CMS types, F1 hybrids, effects GCA, dispersion SCA, biomass yield.

For citation: Kibalnik, O. P. (2023). Combinational ability of components crosses of hybrids F1 sugar sorghum on biomass yield. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 11–18 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_11

В настоящее время сахарное сорго является востребованной сельскохозяйственной культурой, способной произрастать в засушливых регионах мира. Эта культура отличается широкой адаптивной способностью, высокорослостью, содержанием водорастворимых сахаров в соке главного стебля до 20%. Вместе с тем, это растение обладает высокой фотосинтетической эффективностью и может за короткий срок сформировать мощную биомассу. Сахарное сорго широко используется в приготовлении сочных кормов, а также является альтернативным источником биотоплива и сахаросодержащей продукции [1-4].

Известно, что у гибридов F1 часто проявляется эффект гетерозиса по многим хозяйственным признакам, в том числе и по урожайности биомассы, который зависит от правильно подобранных родительских пар и активно используется селекционерами. Поэтому выявление компонентов скрещиваний с высокой комбинационной способностью – это основной этап в селекции на гетерозис. Как правило, в качестве материнской формы используют линии с цитоплазматической мужской стерильностью (ЦМС), а отцовской – сорта и линии [4-5].

У сорго обнаружено большое количество различных типов стерильных цитоплазм. Однако, наибольшее распространение в создании коммерческих гибридов получила A1 (*milo*). Для расширения генетического разнообразия гибридов первого поколения в практической селекции важно использовать новые типы стерильных цитоплазм (A2, A3, A4, A5, A6, 9E и др.) наряду с традиционной цитоплазмой A1 [6]. Влияние альтернативных типов ЦМС-индуцирующих цитоплазм у сорго на проявление селекционно-ценных признаков изучено не достаточно полно. В основном, в литературе встречаются сведения о цитоплазматических эффектах типов A1, A2, A3 [7-8]. Следует отметить, что аналогичные работы встречаются по таким сельскохозяйственным культурам как кукуруза [9], африканское просо [10], подсолнечник [11], рис [12] и др.

Цель исследований – оценка общей и специфической комбинационной способности изоядерных ЦМС-линий на основе стерильных цитоплазм A3, A4, 9E и образцов сахарного сорго в системе тестерных скрещиваний.

Задачи исследований – определение эффектов ОКС и дисперсий СКС компонентов скрещиваний по урожайности надземной биомассы.

Материал и методы исследований. Гибриды первого поколения (всего 39) и родительские формы сорго выращивали на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в 2016-2018 гг. (г. Саратов). Изоядерные ЦМС-линии зернового сорго (всего 3), используемые в качестве материнских форм – A3 Желтозерное 10, A4 Желтозерное 10 и 9E Желтозерное 10, различались только генетически различным типом стерильной цитоплазмы [13]. Отцовские формы (всего 13) – сорта и линии сахарного сорго (Волжское 51, Флагман, Чайка, Сахара, Саратовское 90, Камышинское 8, Кинельское 3, к-64, Л-60/12, Л-39/12, Л-42/13, Л-59/13, Л-52/13) – отличались между собой по основным хозяйственно-ценным признакам. Большинство образцов, участвующих в скрещиваниях, селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Исключение составили Камышинское 8 (ФГБНУ Федеральный

научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН), Саратовское 90 (ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»), Кинельское 3 (ФГБНУ Поволжский НИИ селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова) и коллекционный сортообразец к-64 (ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова). Почва опытного участка представлена черноземом южным среднесуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,5%. Посев проведен широкорядным способом с междурядьем 70 см во второй-третьей декаде мая. Повторность в опыте трехкратная. Размещение делянок площадью 7,7 м² рендомизированное. Густоту стояния растений устанавливали вручную – 100-150 тыс. раст./га. Учет урожайности биомассы проводили по методике государственного испытания сельскохозяйственных культур [14].

Статистическая обработка экспериментальных результатов исследований выполнена дисперсионным однофакторным анализом с помощью программы «Агрос 2.09». Комбинационную способность родительских форм определяли по методу топкросса [15].

Гидротермический коэффициент (ГТК) за период со второй декады мая по вторую декаду сентября составил в 2016 и 2018 гг. 0,51-0,68 (сумма активных температур – 2696-2702°C, количество осадков – 137,3-184,6 мм), что свидетельствует о засушливых условиях. Согласно ГТК (равен 1,01) наиболее влагообеспеченным оказался 2017 год (сумма активных температур – 2475°C и количество осадков – 248,9 мм).

Результаты исследований. Дисперсионным анализом подтверждены различия между ежегодно испытываемыми 39 гибридами F1 сахарного сорго по урожайности биомассы, которая варьировала в зависимости от условий года возделывания: в 2016 г. от 18,0 т/га (в скрещиваниях с линией Л-59/13) до 45,8 т/га (в скрещиваниях с сортом Волжское 51); в 2017 г. от 29,4 т/га (в скрещиваниях с линией Л-59/13) до 46,8 т/га (в скрещиваниях с линией Л-52/13); в 2018 г. от 30,6 т/га (в скрещиваниях с сортом Чайка) до 71,4 т/га (в скрещиваниях с линией Л-52/13) (рис. 1). Более высокую урожайность вегетативной массы гибриды F1 сформировали в 2018 г.: в комбинациях с сортами Флагман, Саратовское 90 – 62,0-67,6 т/га; линиями Л-39/12, Л-52-13 – 66,1-71,4 т/га.

Результаты статистического анализа комбинационной способности показали значимые различия между сортами и линиями сахарного сорго по ОКС ($F_{05} \geq F_{теор.}$) (табл. 1).

Таблица 1

Результаты дисперсионного анализа комбинационной способности компонентов скрещиваний (2016-2018 гг.)

Показатель	df	2016 г.		2017 г.		2018 г.	
		ms	F ₀₅	ms	F ₀₅	ms	F ₀₅
ОКС (образцов)	12	110,93	27,87*	46,95	2,74*	256,67	11,68*
ОКС (ЦМС-линий)	2	10,65	2,67	28,47	1,66	27,40	1,24
СКС	24	9,56	2,40*	16,70	0,97	40,66	1,85*
Случайное	76	3,97		17,11		21,95	

Примечание: * – $p \leq 0,05$.

Отношение среднеквадратических отклонений общей и специфической комбинационной способности по урожайности биомассы свидетельствует, что у сортов и линий, вовлеченных в систему тестерных скрещиваний, в генетическом контроле участвуют гены с аддитивным эффектом: $ms_{ОКС}/ms_{СКС} = 2,81-11,60$ (табл. 1).

Ежегодно положительные эффекты ОКС выявлены у сортов Волжское 51 (1,91-11,31), Саратовское 90 (2,28-5,54) и линии Л-52/13 (2,67-15,71) (табл. 2). Сорта Чайка и Кинельское 3, линии Л-60/12 и Л-59/13 в каждый год показывали низкую комбинационную способность в скрещиваниях с ЦМС-линиями с геномом Желтозерного 10 на основе А3, А4 и 9Е типов цитоплазм: эффекты ОКС составили -12,96...-1,40; -3,02...-0,16; -7,72...-1,00; -11,49...-6,76, соответственно.

Интересно отметить, что у некоторых отцовских форм отмечены различные эффекты ОКС в зависимости от гидротермических условий возделывания гибридов F1. В более засушливых условиях общая комбинационная способность линий Л-39/12 (в 2016 г.), Л-42/13 (в 2018 г.) оказалась ниже, о чем свидетельствуют отрицательные эффекты ОКС. С другой стороны, у сортов Флагман и Сахара более низкие значения эффектов ОКС отмечены в 2017 г., характеризующемся достаточной влагообеспеченностью.

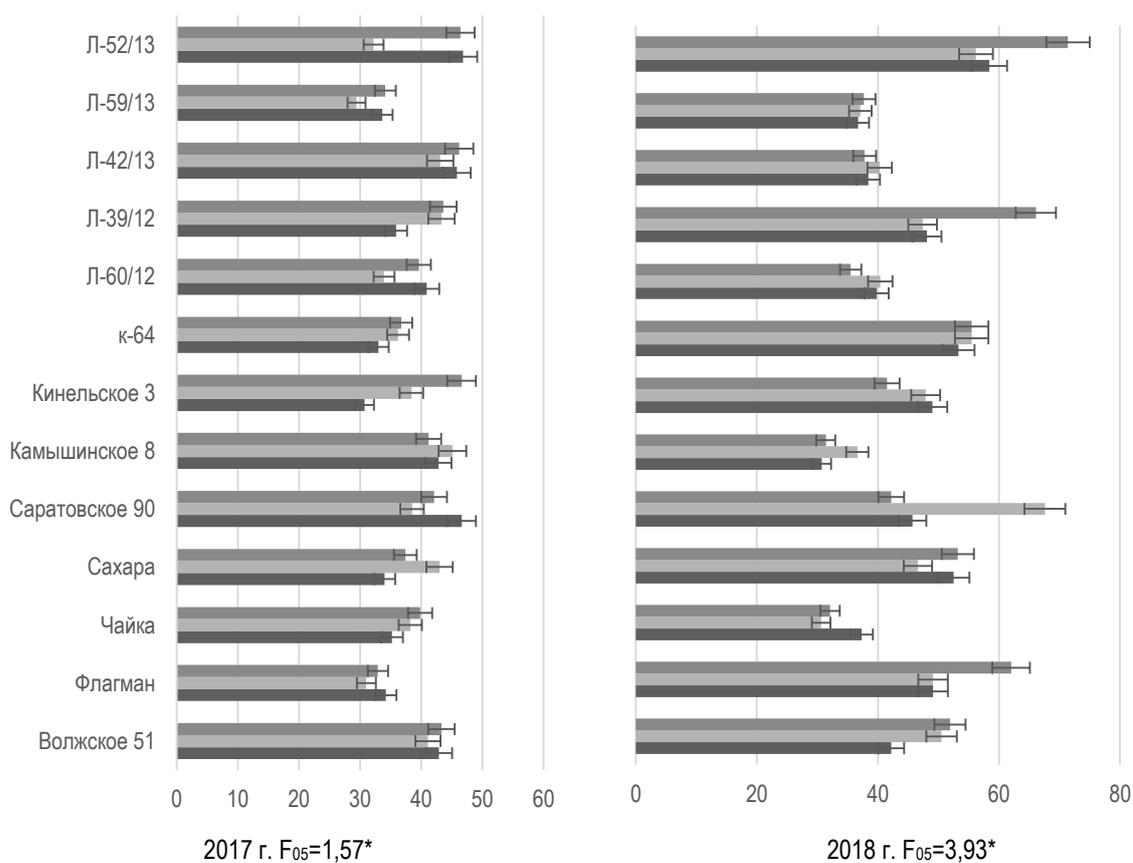
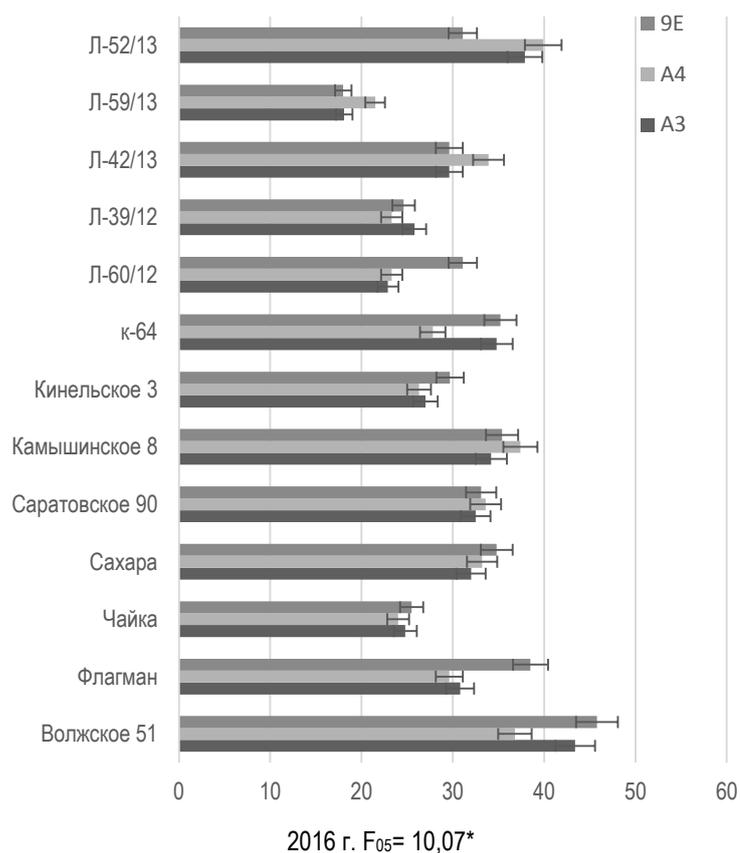


Рис. 1. Урожайность биомассы гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий с типами цитоплазм А3, А4 и 9Е, т/га (* – $p \leq 0,05$)

Таблица 2

Эффекты ОКС и дисперсии СКС сортов и линий сахарного сорго (2016-2018 гг.)

Сорт, линия	Эффекты ОКС			Дисперсии СКС		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Волжское 51	11,31	3,30	1,91	15,82	0,78	14,69
Флагман	2,28	-6,43	7,11	15,40	3,17	41,17
Чайка	-5,92	-1,40	-12,96	0,15	3,53	23,16
Сахара	2,65	-0,86	4,48	0,66	26,88	16,19
Саратовское 90	2,38	3,27	5,54	1,21	16,60	189,27
Камышинское 8	4,98	3,90	-13,39	4,24	11,40	9,78
Кинельское 3	-3,02	-0,56	-0,16	0,80	48,60	28,39
к-64	1,91	-3,83	8,48	13,23	3,84	0,24
Л-60/12	-4,92	-1,00	-7,72	13,96	9,98	14,53
Л-39/12	-6,12	1,80	7,58	2,02	17,13	91,80
Л-42/13	0,35	5,90	-7,46	9,74	1,19	3,99
Л-59/13	-11,49	-6,76	-9,12	7,07	3,08	0,97
Л-52/13	5,61	2,67	15,71	30,43	54,83	53,74

Стабильные значения дисперсий СКС по годам исследований выявлены у линии Л-60/12 и Л-52/13 – 9,98-14,53 и 30,43-54,83, соответственно (табл. 2). Причем, высокая специфическая комбинационная способность в 2016-2017 гг. установлена у линии Л-52/13, а в 2018 г. – у сорта Саратовское 90 и линии Л-39/12 (91,80-189,27). Следует отметить, что высокая комбинационная способность линий сахарного сорго селекции института установлена и в скрещиваниях с ЦМС-линиями на основе стерильной цитоплазмы А2 [5].

Изучение влияния различных стерильных цитоплазм на комбинационную способность изоядерных ЦМС-линий по селекционно-ценным признакам у сорго представляет не только фундаментальный, но и практический интерес. Включение в селекционный процесс альтернативных типов стерильных цитоплазм позволит избежать снижения выращивания гибридов в случае массовых поражений их болезнями или вредителями. В проводимых исследованиях тип стерильной цитоплазмы не оказывал значимого влияния на эффекты ОКС стерильных линий по урожайности биомассы ($F_{05} < F_{теор}$). Однако, ежегодно более высокие эффекты ОКС отмечены у ЦМС-линии 9Е Желтозерное 10 – 1,04-1,27. Наибольшие значения дисперсии СКС также установлены у материнской линии на цитоплазме 9Е – 11,80-36,66 (рис. 2).

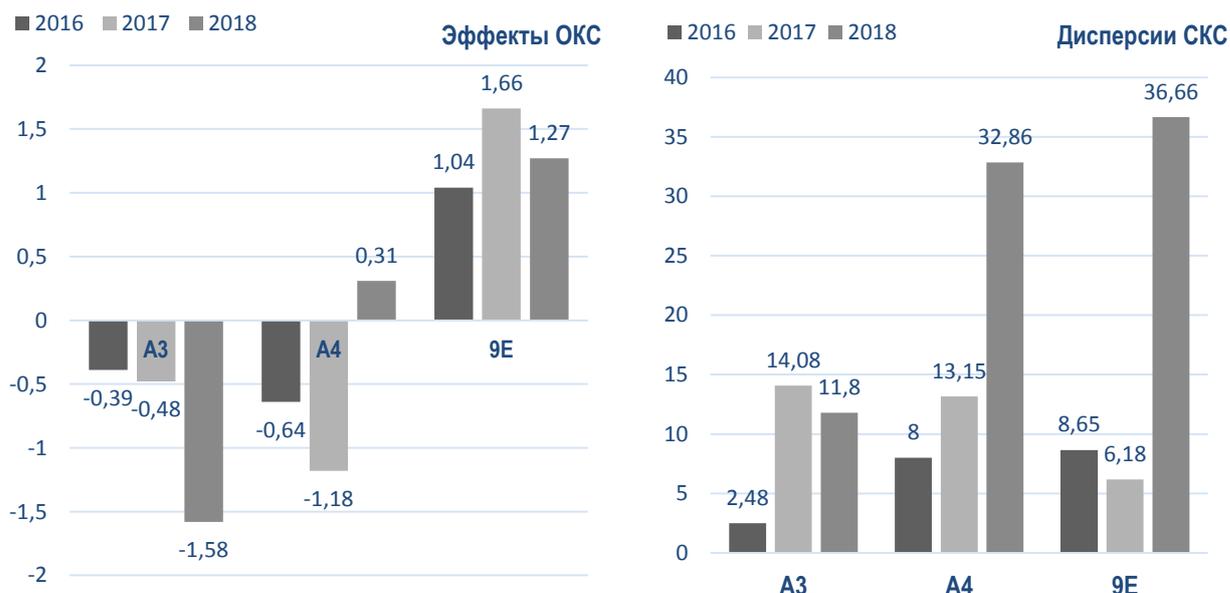


Рис. 2. Эффекты ОКС и дисперсии СКС изоядерных ЦМС-линий сорго на основе стерильных цитоплазм А3, А4 и 9Е (2016-2018 гг.)

Отношение среднеквадратических отклонений показало, что у материнских форм в генетическом контроле данного признака наблюдается преимущество аддитивных эффектов над неаддитивными в условиях 2016-2017 гг.: $ms_{OKC}/ms_{CKC} = 1,11-1,70$, за исключением 2018 г., когда $ms_{OKC}/ms_{CKC} = 0,67$.

Отсутствие влияния разных типов стерильных цитоплазм на комбинационную способность изоядерных ЦМС-линий по урожайности биомассы в скрещиваниях с образцами сахарного сорго отражены и в работах L. Hoffmann и W. L. Rooney [16]. Вместе с тем, в скрещиваниях этого же набора изоядерных ЦМС-линий на основе А3, А4 и 9Е цитоплазм с образцами зернового сорго отмечено существенное влияние цитоплазмы 9Е на комбинационную способность стерильных линий по формированию надземной биомассы, а также длины соцветия и длины наибольшего листа, особенно проявляющееся в засушливые сезоны [17-18].

Заключение. Анализ комбинационной способности родительских форм гибридов F1 сахарного сорго позволил выделить компоненты с высокой общей и специфической комбинационной способностью. Установлено, что в данных тестерных скрещиваниях генетический контроль урожайности биомассы сорго осуществляют гены с аддитивным эффектом. Высокопродуктивные гибриды F1 рекомендуется создавать с привлечением в качестве отцовского родителя сорго сортов Волжское 51 и Саратовское 90, линий Л-60/12 и Л-52/13. При этом, за период трехлетних исследований Волжское 51 характеризуется высокой общей КС, Л-60/12 – специфической КС, а Саратовское 90 и Л-52/13 отличаются значительными эффектами ОКС и дисперсиями СКС. В дальнейшей селекционной работе по созданию высокопродуктивных гибридов сахарного сорго в качестве альтернативного источника цитоплазматической мужской стерильности возможно использование стерильной цитоплазмы 9Е, характеризующейся высокими эффектами ОКС и дисперсиями СКС по изучаемому признаку – 1,04-1,27 и 11,80-36,66, соответственно.

Список источников

1. Володин А. Б., Капустин С. И., Саварцев М. А. Новые нетрадиционные источники сырья для производства пищевого и кормового сахара // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2016. №1. С. 305–308.
2. Аскарбеков Э. Б., Байгазиева Г. И., Мамаева Л. А. Разработка технологии спирта из сахарного сорго отечественной селекции // Новости науки в АПК. 2018. №1(11). С. 32–43.
3. de Oliveira T. C., de Oliveira A. J., da Almici M. S., dos Santos A. A. C., da Silva V. P., Pires A. S. C., Morais L. H. P., Rodrigues J. C. C., Barelli M. A. A., Tardin F. D. Yield components in sweet sorghum genotypes // Research, Society and Development. 2021. Vol. 10, № 6. P. e35310615965. doi: 10.33448/rsd-v10i6.15965.
4. Oliveira I. C. M., Marçal T. D. S., da Costa Bernardino K., de Oliveira Ribeiro P. C., da Costa Parrella R. A., Carneiro P. C. S., Schaffert R. E., de Souza Carneiro J. E. Combining Ability of Biomass Sorghum Lines for Agroindustrial Characters and Multitrait Selection of Photosensitive Hybrids for Energy Cogeneration // Crop Science. 2019. Vol. 59. P. 1554–1566. doi:10.2135/cropsci2018.11.0693.
5. Жужукин В. И., Горбунов В. С., Кибальник О. П., Семин Д. С., Гаршин А. Ю. Изучение комбинационной способности сортообразцов сахарного сорго по биохимическому составу биомассы и зерна // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. №5. С.11–14.
6. Кибальник О. П. Комбинационная способность ЦМС-линий зернового сорго на основе А1, А2, А3, А4, 9Е и М-35-1А типов цитоплазматической мужской стерильности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. №21(6). С. 651–656. doi 10.18699/VJ17.282.
7. Reddy B. V. S., Ramesh S., Reddy S. P., Ramaiah B. Combining ability and heterosis as influenced by male-sterility inducing cytoplasms in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] // Euphytica. 2007. Vol. 154. P. 153–164.
8. Aruna C., Shrotria P. K., Pahuja S. K., Umakanth A. V., Brat B. V., Devender A. V., Patil J. V. Fodder yield and quality in forage sorghum: scope for improvement through diverse male sterile cytoplasms // Crop & Pasture Science. 2012. Vol. 63. P. 1114–1123. doi 10.1071/CP12215.
9. Pal S., Zunjare R. U., Muthusamy V., Duo H., Gowda M. M., Bhowmick P. K., Kasana R., Hossain F. Influence of T-, C- and S-cytoplasms on male sterility and their utilization in baby corn hybrid breeding // Euphytica. 2020. Vol. 216. P. e146. Doi 10.1007/s10681-020-02682-y.
10. Pujjar M., Govindaraj M., Gangaprasad S., Kanatti A. Effect of isonuclear-alloplasmic cytoplasmic male sterility on grain yield in pearl millet // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2019. Vol. 79. P. 141–149. doi 10.31742/IJGPB.79S.1.3.

11. Tyagi V., Dhillon S. K. Cytoplasmic effect on combining ability for agronomic traits in sunflower under different irrigation regimes // *SABRAO Journal Breeding Genetics*. 2016. Vol. 48(3). P. 295–308.
12. Young J. B., Virmani S. S. Effect of cytoplasm on heterosis and combining ability for agronomic traits in rice (*Oriza sativa* L.) // *Euphytica*. 1990. Vol. 48. P. 177–188.
13. Эльконин Л. А., Кожемякин В. В., Ишин А. Г. Использование новых типов ЦМС-индуцирующих цитоплазм для создания скороспелых линий сорго с мужской стерильностью // *Доклады РАСХ*. 1997. №2. С. 7–9.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. М. : Госагропром, 1989. 194 с.
15. Савченко В. К. Метод оценки комбинационной способности генетически разнокачественных наборов родительских форм. Методики генетико-селекционного и генетического экспериментов. Минск : Наука и техника, 1973. 48 с.
16. Hoffmann L., Rooney W. L. Cytoplasm Has No Effect on the Yield and Quality of Biomass Sorghum Hybrids // *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*. 2013. Vol. 2. P. 129–134. doi 10.4236/JSBS.2013.32018.
17. Elkonin L., Kibalnik O., Zavalishina A., Gerashchenkov G. Genetic Function of Cytoplasm in Plants with Special Emphasis on Sorghum / In *Chloroplasts and Cytoplasm. Structure and Function*. Eds. C. Dejesus, L. Trask. New York : Nova Publ., 2018. P. 97–154.
18. Кибальник О. П., Эльконин Л. А. Влияние разных типов стерильных цитоплазм (A3, A4, 9E) на комбинационную способность ЦМС-линий сорго // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020. №24(6). С. 549–556. doi 10.18699/VJ20.648.

References

1. Volodin, A. B., Kapustin, S. I. & Savartsev, M. A. (2016). New non-traditional sources of raw materials for the production of food and feed sugar. *Novye i netradicionnye rasteniia i perspektivy ih ispolzovaniia (New and non-traditional plants and prospects for their use)*, 1, 305–308 (In Russ.).
2. Askarbekov, E. B., Baygazieva, G. I. & Mamaeva, L. A. (2018). Development of alcohol technology from sugar sorghum of domestic selection. *Novosti nauki i APK (Science news in the agro-industrial complex)*, 1(11), 32–43 (in Russ.).
3. de Oliveira, T. C., de Oliveira, A. J., da Almicci, M. S., dos Santos, A. A. C., da Silva, V. P., Pires, A. S. C., Moraes, L. H. P., Rodrigues, J. C. C., Barelli, M. A. A. & Tardin, F. D. (2021). Yield components in sweet sorghum genotypes. *Research, Society and Development*, 10, 6, 35310615965. doi: 10.33448/rsd-v10i6.15965.
4. Oliveira, I. C. M., Marçal, T. d. S., da Costa Bernardino, K., de Olivera Ribeiro, P. C., da Costa Parrella, R. A., Carneiro, P. C. S., Schaffert, R. E. & de Souza Carneiro, J. E. (2019). Combining Ability of Biomass Sorghum Lines for Agroindustrial Characters and Multitrait Selection of Photosensitive Hybrids for Energy Cogeneration. *Crop Science*, 59, 1554–1566. doi:10.2135/cropsci2018.11.0693.
5. Zhuzhukin, V. I., Gorbunov, V. S., Kibalnik, O. P., Semin, D. S. & Garshin, A. Yu. (2017). Study of the combinational ability of sugar sorghum cultivars according to the biochemical composition of biomass and grain. *Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka (Russian Agricultural Sciences)*, 43(6), 456 (in Russ.).
6. Kibalnik, O. P. (2017). Combinational ability of CMS lines of grain sorghum based on A1, A2, A3, A4, 9E and M-35-1A types of cytoplasmic male sterility. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii (Vavilov Journal of Genetics and Breeding)*, 21(6), 651–656. doi 10.18699/VJ17.282 (in Russ.).
7. Reddy, B. V. S., Ramesh, S., Reddy, S. P. & Ramaiah, B. (2007). Combining ability and heterosis as influenced by male-sterility inducing cytoplasm in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Euphytica*, 154, 153–164.
8. Aruna, C., Shrotria, P. K., Pahuja, S. K., Umakanth, A. V., Brat, B. V., Devender, A. V. & Patil, J. V. (2012). Fodder yield and quality in forage sorghum: scope for improvement through diverse male sterile cytoplasm. *Crop & Pasture Science*, 63, 1114–1123. doi 10.1071/CP12215.
9. Pal, S., Zunjare, R. U., Muthusamy, V., Duo, H., Gowda, M. M., Bhowmick, P. K., Kasana, R. & Hossain, F. (2020). Influence of T-, C- and S-cytoplasm on male sterility and their utilization in baby corn hybrid breeding. *Euphytica*, 216, 146. doi 10.1007/s10681-020-02682-y.
10. Pujjar, M., Govindaraj, M., Gangaprasad, S. & Kanatti, A. (2019). Effect of isonuclear-alloplasmic cytoplasmic male sterility on grain yield in pearl millet. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 79, 141–149. doi 10.31742/IJGPB.79S.1.3.
11. Tyagi, V. & Dhillon, S. K. (2016). Cytoplasmic effect on combining ability for agronomic traits in sunflower under different irrigation regimes. *SABRAO Journal Breeding Genetics*, 48(3), 295–308.
12. Young, J. B. & Virmani, S. S. (1990). Effect of cytoplasm on heterosis and combining ability for agronomic traits in rice (*Oriza sativa* L.). *Euphytica*, 48, 177–188.

13. Elkonin, L. A., Kozhemykin, V. V. & Ishin, A. G. (1997). The use of new types of CMS-inducing cytoplasmas to create precocious sorghum lines with male sterility. *Doklady RASHN* (Russian Agricultural Sciences), 2, 7–9 (in Russ.).
14. *Methods of state variety testing of agricultural crops* (1989). Moscow : Gosagroprom. Vol. 2. (in Russ.).
15. Savchenko, V. K. (1973). *A method for assessing the combinational ability of genetically heterogeneous sets of parental forms. Methods of genetic-selection and genetic experiments*. Minsk : Nauka i tekhnika (in Russ.).
16. Hoffmann, L. & Rooney, W. L. (2013). Cytoplasm Has No Effect on the Yield and Quality of Biomass Sorghum Hybrids. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 2, 129–134. doi 10.4236/JSBS.2013.32018.
17. Elkonin, L., Kibalnik, O., Zavalishina, A. & Gerashchenkov, G. (2018). *Genetic Function of Cytoplasm in Plants with Special Emphasis on Sorghum / In Chloroplasts and Cytoplasm. Structure and Function*. Eds. C. Dejesus, L. Trask. New York: Nova Publ.
18. Kibalnik, O. P. & Elkonin, L. A. (2020). Influence of different types of sterile cytoplasmas (A3, A4, 9E) on the combinational ability of CMS sorghum lines. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii* (Vavilov Journal of Genetics and Breeding), 24(6), 549–556. doi 10.18699/VJ20.648 (in Russ.).

Информация об авторах:

О. П. Кибальник – кандидат биологических наук.

Information about authors:

O. P. Kibalnik – Candidate of Biological Sciences.

Статья поступила в редакцию 26.05.2023; одобрена после рецензирования 17.06.2023; принята к публикации 1.07.2023.

The article was submitted 26.05.2023; approved after reviewing 17.06.2023; accepted for publication 1.07.2023.

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья

УДК 633.88 : 631.81

doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_19

ПОВЫШЕНИЕ БИОПРОДУКТИВНОСТИ АММИ БОЛЬШОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И МИКРОУДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Александр Николаевич Загорянский¹, Ольга Ивановна Никифорова², Виталий Николаевич Сетин³,
Оксана Петровна Кожевникова^{4✉}

^{1, 2, 3}Средне-Волжский филиал ФГБНУ ВИЛАР, Антоновка, Россия

⁴Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

¹svf_vilar@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4971-7788>

²svf_vilar@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1604-3753>

³svf_vilar@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4812-4681>

⁴kop.78@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0001-9469-0505>

Цель исследований – повышение урожайности и устойчивости к стрессовым факторам амми большой применением регуляторов роста и микроудобрений в условиях Среднего Поволжья. Получение стабильных урожаев, величина которых максимально соответствует биологическому потенциалу, является актуальной задачей современного лекарственного растениеводства. Нестабильность погодных условий и ухудшение общей экологической обстановки, оказывает негативное влияние на рост и развитие лекарственных культур, приводя к снижению устойчивости растений к стрессовым факторам и невозможности в полной мере реализовывать культивируемыми сортами свои потенциальные возможности. В связи с этим в лекарственном растениеводстве при разработке прогрессивных технологий выращивания большое внимание уделяется применению природных биорегуляторов для обработки семян и вегетирующих растений с разными действующими веществами. На территории коллекционного питомника Средне-Волжского филиала ФГБНУ ВИЛАР в 2020-2022 гг. проводился опыт по изучению влияния регуляторов роста Циркон, Альбит и микроудобрения Силиплант на устойчивость растений к неблагоприятным условиям произрастания, и повышение урожайности плодов амми большой. Закладка опыта и наблюдения проводились в соответствии с методическими указаниями. В годы исследований погодные условия были экстремальными с высокими температурами и отсутствием осадков. Стимулирование растений изучаемыми препаратами увеличивало высоту растений на 1,1-6,0 %, количество зонтиков на 5 %, массу плодов в одном зонтике на 7,1-22,0 %, урожайность на 10-26 %. За три года исследований на сырьевых участках в условиях Среднего Поволжья при закладке генеративных органов наиболее оптимальные условия сложились для растений амми большой, семена которых были обработаны регулятором роста Альбит в дозе 0,03 л/т. Урожай плодов на данном варианте составил 804 кг/га, что на 164 кг больше, чем в контрольном варианте.

Ключевые слова: амми большая, микроудобрения, регуляторы роста, Силиплант, Циркон, Альбит, некорневая обработка растений, урожайность.

Исследования проводились по теме НИР ФГБНУ ВИЛАР «Поиск и выявление перспективных видов дикорастущих растений, изучение их ресурсного потенциала, формирование высокопродуктивных агроценозов лекарственных и ароматических культур путем создания новых сортов и разработки интенсивных, экологически безопасных технологий их возделывания» (FGUU-2022-0009).

Для цитирования: Загорянский А. Н., Никифорова О. И., Сетин В. Н., Кожевникова О. П. Повышение биопродуктивности амми большой с применением регуляторов роста и микроудобрений в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 19–27. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_19

INCREASING THE BIOPRODUCTIVITY OF AMMI MAJUS WITH THE APPLICATION OF GROWTH REGULATORS AND MICROFERTILIZERS IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Alexander N. Zagoryansky¹, Olga I. Nikiforova², Vitaliy N. Setin³, Oksana P. Kozhevnikova⁴✉

^{1, 2, 3}Sredne-Volzhsky Branch of FSBI VILAR, Antonovka, Russia

⁴FSBEI HE Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

¹svf_vilar@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4971-7788>

²svf_vilar@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1604-3753>

³svf_vilar@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4812-4681>

⁴kop.78@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-9469-0505>

The aim of the research is to increase the yield and resistance to the stress factors of ammi majus with the application of growth regulators and microfertilizers in the conditions of the Middle Volga region. Obtaining stable yields, the value of which corresponds to the biological potential as much as possible, is an urgent task of modern medicinal crop production. The instability of weather conditions and the deterioration of the general environmental situation have a negative impact on the growth and development of medicinal crops, leading to a decrease in the resistance of plants to stress factors and the inability to fully realize their potential in cultivated varieties. In this regard, in medicinal crop production, in the development of progressive growing technologies, great attention is paid to the use of natural bioregulators for the treatment of seeds and vegetative plants with different active substances. On the territory of the collection nursery of the Central Volga branch of the Federal State Budgetary Institution VILAR in 2020-2022 the experiment was conducted to study the influence of Zircon, Albit and Siliplant growth regulators on the resistance of plants to unfavorable growing conditions, and an increase in the yield of ammi majus fruits. The experiment and observations were carried out in accordance with the methodological instructions. During the years of research, weather conditions were extreme with high temperatures and no precipitation. Stimulation of plants with studied preparations increased height of plants by 1.1-6.0%, number of umbrellas by 5%, weight of fruits in one umbrella by 7.1-22.0%, yield by 10-26%. Over three years of studies in raw materials in the Middle Volga region, when laying the generative organs, the most optimal conditions were developed for ammi majus, the large seeds of which were treated with the Albit growth regulator at a dose of 0.03 l/t. The fruit yield in this case was 804 kg/ha, which is 164 kg more than the control group.

Keywords: ammi majus, microfertilizers, growth regulators, Siliplant, Zircon, Albit, foliar treatment of plants, productivity.

The research was conducted on the topic of research All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants «Search and identification of promising species of wild plants, study of their resource potential, formation of highly productive agrocenoses of medicinal and aromatic crops by creating new varieties and developing intensive, environmentally friendly technologies for their cultivation» (FGUU-2022-0009).

For citation: Zagoryansky, A. N., Nikiforova, O. I., Setin, V. N. & Kozhevnikova, O. P. (2023). Increasing the bioproductivity of ammi majus with the application of growth regulators and microfertilizers in the conditions of the Middle Volga region. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 19–27 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_19

В сельском хозяйстве широко используются микроудобрения, иммуномодуляторы, биологические регуляторы роста растений для получения урожая заданного количества и качества [1, 2, 3]. Регуляторы роста растений повышают устойчивость сельскохозяйственных культур к стрессовым условиям произрастания, снижая негативное действие вредных факторов как природного, так и антропогенного происхождения [4, 5, 6]. Данные вещества применяют в очень низких дозировках, и они не представляют опасности для человека и окружающей среды [4].

Замачивание семян перед посевом в растворах различных регуляторов роста и микроэлементов является достаточно простым, но очень эффективным способом повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. В период прорастания растения обладают высокой пластичностью и

восприимчивы к любым изменениям условий окружающей среды, поэтому применение вышеназванных препаратов в это время может оказывать многофункциональное действие, активизируя ростовые процессы, повышая устойчивость к болезням различного происхождения [7, 8]. Также эффективным приемом их использования является некорневая подкормка. Некорневые подкормки микроудобрениями позволяют в несколько раз уменьшить дозу макроудобрений без снижения прибавок урожая. Преимущество такого способа внесения – возможность воздействия на растение в периоды наиболее острой потребности в том или ином элементе питания [9].

Применение природных регуляторов роста особенно важно при выращивании лекарственных культур, так как они отличаются низкой энергией прорастания семян, продолжительностью периода всходов, слабой ростовой реакцией на начальных этапах онтогенеза [10]. Использование регуляторов роста микро- и органоминеральных удобрений способствует усилению ростовых процессов новых интродуцируемых лекарственных растений, повышению адаптации к нестабильным погодным условиям и получению стабильных урожаев с высоким содержанием действующих веществ [11].

Самарская область занимает центральную часть Среднего Поволжья и расположена в пределах двух природно-климатических зон – лесостепной и степной. Территория Среднего Поволжья характеризуется умеренно-континентальным типом климата средних широт с теплым летом и сравнительно холодной и многоснежной зимой [12]. По данным самарских специалистов, сейчас наблюдаются изменения, направленные в сторону континентальности климата [13]. Он характеризуется стабильно жарким летом, морозной зимой и небольшим количеством осадков. Также территория Среднего Поволжья подвержена воздействию засух [12].

Среднегодовая температура воздуха в Самарской области составляет 2,9...3,9°C. Максимальная температура воздуха летом может достигать 40°C и даже выше, а зимой в отдельные годы минимальная температура воздуха опускается до -45°C и ниже. Территория Самарской области относится к зоне недостаточного увлажнения, и осадки распределяются неравномерно (среднее годовое количество осадков 469 мм) [12].

Основным фактором, лимитирующим успешное произрастание лекарственных растений, являются частые засухи в весенний и летний периоды, а также жаркая сухая погода, приводящая к нарушению процесса микро- и макрогаметогенеза в период цветения и образования семян [14, 15].

В 2020-2022 гг. на территории коллекционного питомника Средне-Волжского филиала ФГБНУ ВИЛАР был заложен опыт.

Цель исследований – повышение урожайности и устойчивости к стрессовым факторам амми большой применением регуляторов роста и микроудобрений в условиях Среднего Поволжья.

Задачи исследований – дать оценку особенностям роста, развития амми большой при применении регуляторов роста и микроудобрений; выявить наиболее эффективный препарат, повышающий устойчивость амми большой к неблагоприятным абиотическим факторам в период вегетации; дать оценку величины урожая амми большой при применении регуляторов роста и микроудобрений в период вегетации.

Амми большая (*Ammi majus* L.) из семейства сельдерейные Apiaceae (зонтичные Umbelliferae). Это однолетнее травянистое растение высотой до 140 см [16]. Корневая система стержневая, слабоветвистая, корни беловатые. Стебель ветвистый, мало облиственный, прямой, округлый, полый, бороздчатый [17]. Листья двояко или тройкоперисторассечённые. Дольки листа широкие ланцетовидные с зубчатым краем. Соцветие – сложный зонтик до 15 см диаметром [16]. Цветки белые, обоеполые, до 3 мм в диаметре. Плод (вислоплодник) – яйцевидная или продолговатая-яйцевидная, сжатая с боков, голая, гладкая двусемянка, распадающаяся на два слегка изогнутых, красновато-бурых, реже серовато-коричневых, с пятью продольными, более светлыми рёбрами полуплодика (мерикарпия) [17]. Семянки длиной 2,0-3,0 мм, шириной 0,6-1,0 мм, ребристые. Цветёт в июне – июле; плоды созревают в июле – августе. Запах плодов ароматный, вкус горьковато-пряный [16].

В медицинских целях используют плоды амми большой, в которых накапливаются кумарины, флавоноиды, фуранохинолиновые алкалоиды, жирные кислоты, сесквитерпены [17]. В России

из плодов амми большой производят препараты Аммифуруин (фотосенсибилизирующий) и Анмарин (противогрибковый) [4].

Материал и методы исследований. В опытах использовали следующие регуляторы роста и микроудобрения:

– Силиплант – это микроудобрение, которое содержит кремний. Обладает способностью повышать содержание гормонов – ауксинов и цитокининов, которые в свою очередь определяют ростовые процессы растений. Силиплант имеет антистрессовое действие;

– Циркон – природный регулятор негормонального происхождения. Получают из эхинацеи пурпурной. В его основе находится комплекс гидроксикоричных кислот и их производных, которые обладают стимулирующим действием на ростовые процессы, защищают растения от стрессовых факторов и формируют систему жизнеобеспечения растений;

– Альбит – естественный биополимер, поли-бета-гидроксимасляная кислота из почвенных бактерий *Bacillus megaterium*. В его состав также входят вещества, которые стабилизируют и усиливают эффект основных действующих веществ: магний сернокислый, калий фосфорнокислый, калий азотнокислый, карбамид и хвойный экстракт. В Российской Федерации препарат Альбит разрешён к применению как антидот, фунгицид и регулятор роста растений.

Опыт заложен на территории коллекционного питомника Средне-Волжского филиала в соответствии с методическими указаниями Б. А. Доспехова в 4-х повторностях [18]. Площадь делянок – 4 м², размещение – рендомизированное.

Схема опыта предусматривала шесть вариантов:

1. Контроль (обработка водой);
2. Силиплант, 0,45 л/га (обработка растений в фазу бутонизации);
3. Циркон, 0,03 л/га (обработка растений в фазу бутонизации);
4. Силиплант, 0,45 л/га + Циркон, 0,03 л/га (обработка растений в фазу бутонизации);
5. Альбит – 0,03 л/т (предпосевная обработка семян);
6. Альбит – 0,03 л/га (обработка растений в фазу первых настоящих листьев + в фазу начала цветения).

Расход рабочей жидкости при фолитарной обработке растений составил 300 л/га, обработке семян – 10 л/т.

Посев проводили вручную на глубину 2-3 см. Норма высева семян 5 кг/га с шириной междурядий 45 см. В 2020 г. опыт был заложен 27 апреля, в 2021 г. – 20 апреля, в 2022 г. – 4 мая. Первые всходы в 2020 г. появились 25 мая, в 2021 г. – 4 мая, в 2022 году – 18 мая. Сроки проведения обработки семян и растений амми большой регуляторами роста и микроудобрениями в 2020-2022 гг. представлены в таблице 1.

Таблица 1

Даты проведения обработки растений амми большой регуляторами роста и микроудобрениями, 2020-2022 гг.

Вариант опыта	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль (обработка водой)	6 июля	24 июня	16 июля
Силиплант, 0,45 л/га	6 июля	24 июня	16 июля
Циркон, 0,03 л/га	6 июля	24 июня	16 июля
Силиплант, 0,45 л/га + Циркон, 0,03 л/га	27 апреля	20 апреля	4 мая
Альбит, 0,03 л/т	5 июня и 14 июля	27 мая и 1 июля	21 июня и 24 июля

На посевах амми большой в период вегетации проведены три ручные прополки растений в рядах и рыхление междурядий. Фенологические наблюдения проводились по методике И. Н. Бейдемана [19]. Уборка амми большой на сырьё проводилась в период массового созревания путем срезки зонтиков.

Результаты исследований. Возделывание лекарственных культур и, в частности, амми большой определяется природно-климатическими условиями и её биологическими особенностями. Во время вегетации амми большой в 2020-2022 гг. складывались экстремальные климатические условия. Эти годы характеризовались повышенным температурным режимом с дефицитом осадков, особенно в период с июня по сентябрь.

Температурный режим, количество осадков за вегетацию культуры и сумма эффективных температур выше 5°C на конец вегетационного периода за 2020-2022 гг. представлены в таблице 2.

Таблица 2

Погодные условия, 2020-2022 гг.

Год	Температурный режим во время вегетации, °С		Сумма эффективных температур выше 5°C, °С		Количество осадков во время вегетации, мм	
	средняя температура воздуха	средне-многолетнее	на конец вегетационного периода	средне-многолетнее	сумма осадков	средне-многолетнее
2020	18,0	17,6	2234	1800	186,0	206
2021	20,7	17,0	2235	1800	189,9	201
2022	17,3	17,6	1827	1800	151,5	209

Средняя температура воздуха в 2020 и 2022 гг. во время вегетации амми большой была в пределах нормы и составляла 18,0 и 17,3°C, соответственно, при среднемноголетнем значении 17,6°C. В 2021 г. – 20,7°C, что было выше среднемноголетнего показателя на 3,4°C.

Сумма эффективных температур выше 5°C на конец вегетационного периода в 2020 и 2021 гг. составила 2234 и 2235°C, соответственно, что выше нормы на 24 %. В 2022 г. этот показатель составил 1827°C, что соответствует среднемноголетнему значению.

Сумма выпавших осадков за время вегетации изучаемой культуры в 2020 г. была 186,0 мм, что составило 90,3% от нормы. Основное количество осадков, около 65%, выпало в конце апреля, в мае и в начале июня. В 2021 г. около 81 % осадков пришлось на конец мая, начало июня и начало июля. Сумма осадков за вегетацию изучаемой культуры составила 189,9 мм или 95 % от нормы. В 2022 г. так же наблюдался дефицит осадков. За время вегетации их количество составило лишь 151,5 мм (72,5 % от нормы), а 82 % выпало в мае начале июня. В июле и августе осадков не было. Не было зафиксировано осадков в первой половине мая и августе 2021 года.

Фенологические наблюдения и сравнительные результаты по влиянию регуляторов роста и микроудобрений на биометрические и хозяйственные показатели амми большой за 2020-2022 гг. представлены в таблицах 3-6.

Посев амми большой проводился по мере прогревания почвы. Так, в 2020 г. опыт посеяли 27 апреля, в 2021 г. это стало возможным уже 20 апреля, что на 7 дней раньше, чем в предыдущий год исследований, в 2022 г. на 14 дней позже, чем в 2021 г. – 4 мая.

Таблица 3

Фенологические наблюдения за амми большой, 2020-2022 гг.

№	Фенологические фазы	2020 г.	2021 г.	2022 г.
1	Посев	27.04	20.04	04.05
2	Всходы начало массовые	25.05	04.05	18.05
		30.05	06.05	23.05
3	1-я пара настоящих листьев	05.06	18.05	06.06
4	3-4 настоящих листа	11.06	25.05	21.06
5	Бутонизация начало массовая	29.06	21.06	08.07
		06.07	24.06	15.07
6	Цветение начало массовое	14.07	01.07	21.07
		21.07	14.07	27.07
7	Техническая спелость семян	10.09	26.08	19.09
8	Вегетационный период (дней)	109	115	125

Третья декада апреля в 2020 г. была дождливой с невысокой температурой воздуха, поэтому всходы амми большой начали появляться через 28 дней после посева. В более благоприятных погодных условиях (2021 и 2022 гг.) всходы появились уже через 14 и 16 дней соответственно.

В 2021 г. в результате установившейся с первой декады мая жаркой погоды с дефицитом осадков, массовые всходы появились через 2 дня после начала всходов. В 2020 и 2022 гг. эта фаза развития растений наступала через 5 дней.

Начало фазы бутонизации на амми большой в 2020 г. отмечалось через 30 дней после появления массовых всходов, в 2021 и в 2022 гг. она наступала лишь через 46 дней.

Фаза цветения во все годы наблюдений начиналась в июле, но необходимо отметить, что в 2020 г. цветение наступило через 45 дней после фазы массовых всходов, в 2021 г. через 56 дней, а в 2022 г. – через 49 дней. Из-за высоких температур воздуха и дефицита осадков продолжительность периода от фазы начала цветения до технической спелости семян в 2020 и 2021 гг. составила 58 и 57 дней, соответственно. В 2022 г. этот период составил 61 день.

В среднем за годы исследований высота растений амми большой находилась в пределах 93,4...99,0 см. В 2022 г. растения были выше, чем в 2020-2021 гг. (табл. 4).

Таблица 4

Влияние регуляторов роста и микроудобрений на высоту растений амми большой, 2020-2022 гг.

Вариант опыта	Высота растений, см			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее
Контроль (обработка водой)	84,4	94,3	101,6	93,4
Силиплант, 0,45 л/га	84,8	96,9	105,5	95,7
Циркон, 0,03 л/га	80,7	95,6	106,8	94,4
Силиплант, 0,45 л/га + Циркон, 0,03 л/га	87,1	96,8	104,9	96,3
Альбит, 0,03 л/т	88,3	97,3	111,3	99,0
Альбит, 0,03 л/га	88,4	97,8	110,1	98,8

Самые низкие растения были на контроле, высота растений в среднем за годы исследований составила 93,4 см. В среднем по вариантам опыта на делянках с обработкой изучаемыми препаратами растения были выше на 1,1-6,0%. Необходимо отметить, что менее всего на данный показатель повлияла обработка препаратом Циркон, 0,03 л/га, а вот лучшими оказались варианты с предпосевной обработкой семян регулятором роста Альбит (на 5,6 см выше контроля) и двукратной обработкой растений этим же препаратом в фазу первых настоящих листьев и в фазу начала цветения (+5,4 см).

В среднем по вариантам опыта на каждом растении образовалось 7,75 зонтиков. Обладая хорошим потенциалом роста амми большая за сезон 2020 г. сформировала 7,2 соцветия, в 2021 г. – 10,9, а в 2022 г. – 5,2. По количеству зонтиков на одном растении в результате трёхлетних испытаний вариант с совместным применением препаратов Силиплант и Циркон в фазу бутонизации показал наилучшие результаты. Стимулирование растений изучаемыми препаратами увеличивало количество зонтиков на 0,4 шт. или на 5 % по сравнению с контролем. Самое низкое значение было на варианте обработки препаратом Циркон, 0,03 л/га – 7,0 шт. (табл. 5).

Необходимо отметить, что контроль не уступал некоторым вариантам с обработкой регуляторами роста и микроудобрениями, в среднем здесь сформировалось 7,9 зонтиков на одном растении, но из-за экстремальных погодных условий они были мелкие и сухие, что в свою очередь отразилось на массе плодов, массе 1000 семян и на урожайности в целом. На контрольных делянках масса плодов в одном зонтике в среднем за годы исследований составила 0,311 г. Необходимо отметить, что наибольшей масса плодов была в 2021 г, а наименьшей в 2020 г.

Таблица 5

Структура урожая амми большой, 2020-2022 гг.

Вариант опыта	Количество зонтиков на одном растении, шт.	Масса плодов в одном зонтике, г	Масса 1000 семян, г
Контроль (обработка водой)	7,9	0,311	0,93
Силиплант, 0,45 л/га	7,6	0,333	0,94
Циркон, 0,03 л/га	7,0	0,361	0,91
Силиплант, 0,45 л/га + Циркон, 0,03 л/га	8,3	0,343	0,97
Альбит, 0,03 л/т	7,8	0,378	0,97
Альбит, 0,03 л/га	7,9	0,367	0,93

Повышая устойчивость растений к стрессовым факторам, изучаемые препараты увеличивали завязываемость плодов в зонтике, что отразилось на их массе, которая составила 0,333...0,378 г. Примерно одинаковыми были показатели на вариантах обработки Цирконом, 0,03 л/га и двукратной обработкой Альбитом, 0,03 л/га – 0,361 и 0,367 г, соответственно. Лучшим по данному показателю оказался вариант с применением препарата Альбит в предпосевной обработке семян – 0,378 г, что на 22 % превышает контрольный вариант.

Масса 1000 семян оказалась более стабильным показателем, она составляла 0,93...0,97 г. По средним данным за 2020-2022 гг. лучшие показатели по массе 1000 семян были получены в вариантах с применением препарата Альбит в предпосевной обработке семян (0,97 г) и совместного применения микроудобрения Силиплант и регулятора роста Циркон в фазу бутонизации (фолиарная обработка растений (0,97 г)). Полученные значения в указанных вариантах превышают контрольный вариант на 4 %.

Наиболее благоприятные условия для формирования урожая плодов амми большой сложились для растений, которых стимулирование регуляторами роста и микроудобрениями. Их применение увеличивало урожай плодов на 10-26 % (табл. 6).

Таблица 6

Влияние регуляторов роста и микроудобрений на урожай плодов амми большой, 2020-2022 г.

Вариант опыта	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	среднее в % к контролю
Контроль – обработка водой	438,0	882,0	601,0	640	100
Силиплант, 0,45 л/га	440,0	1036,0	639,0	705	110
Циркон, 0,03 л/га	392,0	1027,0	736,0	718	112
Силиплант, 0,45 л/га + Циркон, 0,03 л/га	467,0	1121,0	707,0	765	119
Альбит, 0,03 л/т	529,0	1109,0	775,0	804	126
Альбит, 0,03 л/га	537,0	1061,0	702,0	767	120
НСР ₀₅	22,0	141,0	36,0	-	-

Менее отзывчивой амми большая оказалась на фолиарную обработку препаратом Силиплант в дозе 0,45 л/га. Наилучшие показатели по урожайности плодов (804 кг/га) в среднем за трёхлетний период наблюдений получены в варианте при обработке семян Альбитом (0,03 л/т), что выше контрольного варианта на 26 %.

Заключение. В результате испытаний регуляторов роста и микроудобрений на амми большой в среднем за 2020-2022 гг. в сложившихся экстремальных погодных условиях лучшие показатели по комплексу морфологических и хозяйственно-полезных признаков были получены на вариантах с применением регулятора роста Альбит в предпосевной обработке семян в дозе 0,03 л/т.

Обработка вышеуказанным препаратом способствовала усилению ростовых процессов растений. В среднем за три года исследований по высоте растений этот вариант превышает контрольный вариант на 6 %, по массе плодов с одного зонтика на 22 %. Урожай плодов амми большой превысил контрольное значение на 26% и составил 804 кг/га.

Список источников

1. Бобкова Ю. А., Сорокина М. В. Отзывчивость растений озимой пшеницы на применение микроудобрений и регуляторов роста // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : сб. науч. тр. Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2017. С. 263–266.
2. Маматкулова Ш. Х., Маматкулова Г. Ф., Камбурова В. С., Дарманов М. М., Латыпова Э. А. Влияние микробиологических биоудобрений на качество волокна хлопчатника и экспрессию генов, ответственных за развитие признака // Нива Поволжья. 2022. № 1 (61). С. 1004.
3. Бурунов А. Н., Васин В. Г., Новиков А. В. Продуктивность яровой пшеницы и ячменя при применении удобрений и стимуляторов роста // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1 (49). С. 20–25.
4. Литвинова А. Б., Литвинов Б. В. Эффективность применения регуляторов роста и микроэлементного комплекса цитовит при выращивании моркови на дерново-подзолистой почве // Агрехимия. 2019. № 4. С. 46–53.

5. Бушковская Л. М., Пушкина Г. П., Сидельников Н. И., Быков В. А. Перспективы использования регуляторов роста в системе защиты лекарственных культур от вредителей и болезней // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2012. № 1. С. 45–52.
6. Прусакова Л. Д., Малеванная Н. Н., Белоухов С. Л., Вакуленко В. В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами // Агрохимия. 2005. № 11. С. 76–86.
7. Карпова Г. А. Оптимизация продукционного процесса агрофитоценозов проса, яровой пшеницы и ячменя при использовании регуляторов роста и бактериальных препаратов в лесостепи Среднего Поволжья : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Пенза, 2009. 51 с.
8. Самсонова Н. Е., Козлов Ю. В., Зайцева З. Ф., Шупинская И. А. Эффективность соединений кремния при обработке семян и растений кукурузы (*Zea mays* L.) // Агрохимия. 2017. № 1. С. 12–18.
9. Морозов А. И. Агробиологические основы сортовой технологии возделывания мяты перечной (*Mentha piperita* L.) в Нечерноземной зоне России : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 2013. 42 с.
10. Бушковская Л. М., Пушкина Г. П., Быкова О. А. Новые подходы к защите лекарственных культур от вредителей и болезней // Фитосанитарное оздоровление экосистем : Материалы второго Всероссийского съезда по защите растений. СПб., 2005. Т. II. С. 513–514.
11. Сидельников Н. И., Ковалев Н. И., Хазиева Ф. М. Роль регуляторов роста и микроудобрений при введении лекарственных растений в культуру // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 3. С. 62–66.
12. Шерстюков Б. Г. и др. Климат Самарской области и его характеристики для климатозависимых отраслей экономики. Самара : Приволжское УГМС, 2006. 168 с.
13. Жарова В. С. Изменения климата на примере Самарской области // В мире научных открытий : сб. науч. тр. Ульяновск : Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, 2021. С. 302–306.
14. Minin A. N., Markovskaya G. K., Nechaeva E. Kh et al. Improving the adaptability of apricot to abiotic environmental factors // Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources : International Scientific-Practical Conference (FIES 2019). Kazan : EDP Sciences, 2020. P. 00030.
15. Suetin V. N., Nechaeva E. Kh., Nikiforova O. I. et al. Increasing the resistance of the drug calendula to abiotic environmental factors // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk : IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 848. P. 12105. DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012105.
16. Аникина А. Ю., Басалаева И. В., Бушковская Л. М. и др. Лекарственные и эфирномасличные культуры: особенности возделывания на территории Российской Федерации. М. : Всероссийский НИИ лекарственных и ароматических растений, 2021. 256 с.
17. АТЛАС лекарственных растений России. М. : Наука, 2021. 646 с.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
19. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск : Наука, 1974. 156 с.

References

1. Bobkova, U. A. & Sorokina, M. V. (2017). Responsiveness of winter wheat to microfertilization and growth regulators 17': *collection of scientific papers*. (pp. 263–266). Ryazan (in Russ.).
2. Mamatkulova, Sh. Kh., Mamatkulova, G. F., Kamburova, V. S., Darmanov, M. M. & Latypova, E. A. (2022). Effect of microbiological biofertilities on cotton fiber quality and expression of genes responsible for trait development. *Niva Povolzh'ia (Niva Povolzhya)*, 1 (61), 1004 (in Russ.).
3. Burunov, A. N., Vasin, V. G. & Novikov, A. V. (2020). Productivity of spring wheat and barley with fertilizers and growth stimulants. *Vestnik Ulyanovskoi gosudarstvennoi selskohozyaistvennoi akademii (Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy)*, 1 (49), 20–25 (in Russ.).
4. Litvinova, A. B. & Litvinov, B. V. (2019). Effectiveness of Growth Regulators and Micronutrient Cytovite Complex in Sod-Podzolic Carrots. *Agrokhimiya (Agrochemistry)*, 4, 46–53 (in Russ.).
5. Bushkovskaya, L. M., Pushkina, G. P., Sideln'nikov, N. I. & Bykov, V. A. (2012). Prospects for the use of growth regulators in the system of protection of medicinal cultures from pests and diseases. *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii (Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry)*, 1, 45–52 (in Russ.).
6. Prusakova, L. D., Malevannaya, N. N., Beloukhov, S. L. & Vakulenko, V. V. (2005). Plant growth regulators with anti-stress and immunoprotective properties. *Agrokhimiya (Agrochemistry)*, 11, 76–86 (in Russ.).
7. Karpova, G. A. (2009). Optimization of the production process of agrophytocenosis of millet, spring wheat and barley using growth regulators and bacterial preparations in the forest-steppe of the Middle Volga region. *Extended abstract of doctor's thesis*. Penza (in Russ.).

8. Samsonova, N. E., Kozlov, Yu. V., Zaitseva, Z. F. & Shupinskaya, I. A. (2017). Effectiveness of silicon compounds in the treatment of corn seeds and plants (*Zea mays* L.). *Agrohimiya (Agrochemistry)*, 1, 12–18 (in Russ.).
9. Morozov, A. I. (2013). Agrobiological basis of varietal technology of peppermint cultivation (*Mentha piperita* L.) in the Non-soil zone of Russia. *Extended abstract of doctor's thesis*. Moscow (in Russ.).
10. Bushkovskaya, L. M., Pushkina, G. P. & Bikova, O. A. (2005). New approaches to the protection of medicinal cultures from pests and diseases 05': *collection of scientific papers*. (pp. 513–514). Ryazan (in Russ.).
11. Sidel'nikov, N. I., Kovalev, N. I. & Haziyeva, F. M. (2018). Role of Growth and Microfertilization Regulators in the Introduction of Medicinal Plants into Crop. *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki (Vestnik of Russian Agricultural Science)*, 3, 62–66 (in Russ.).
12. Sherstyukov, B. G. (2006). *Climate of the Samara region and its characteristics for climate-dependent sectors of the economy*. Samara : Volga Region Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring (in Russ.).
13. Zharova, V. S. (2021). Climate change on the example of the Samara region 21': *collection of scientific papers*. (pp. 302–306). Ryazan (in Russ.).
14. Minin, A. N., Markovskaya, G. K. & Nechaeva, E. Kh. et al. (2020). Improving the adaptability of apricot to abiotic environmental factors. *Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources : International Scientific-Practical Conference (FIES 2019)*. (P. 00030). Kazan : EDP Sciences.
15. Suetin, V. N., Nechaeva, E. Kh. & Nikiforova, O. I. et al. (2021). Increasing the resistance of the drug calendula to abiotic environmental factors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (P. 12105). Krasnoyarsk : IOP Publishing Ltd. Vol. 848. DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012105.
16. Anikina, A. Yu., Basalaeva, I. V. & Bushkovskaya, L. M. et al. (2021). *Medicinal and ethereal-oil crops: peculiarities of cultivation in the Russian Federation*. Moscow (in Russ.).
17. *ATLAS of Medicinal Plants of Russia* (2021). Moscow : Nauka (in Russ.).
18. Dosphehov, B. A. (1985). *Field experiment methodology (with basics of statistical processing of research results)*. Moscow : Agropromizdat (in Russ.).
19. Bejdeman, I. N. (1974). *Methodology for the Study of Plant Phenology and Plant Communities*. Novosibirsk : Nauka (in Russ.).

Информация об авторах:

А. Н. Загорянский – научный сотрудник;
 О. И. Никифорова – старший научный сотрудник;
 В. Н. Сетин – директор, научный сотрудник;
 О. П. Кожевникова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors:

A. N. Zagoryansky – Research associate;
 O. I. Nikiforova – Senior Research Associate;
 V. N. Setin – Director, Research Associate;
 O. P. Kozhevnikova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
 The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 1.06.2023; одобрена после рецензирования 20.06.2023; принята к публикации 7.07.2023.

The article was submitted 1.06.2023; approved after reviewing 20.06.2023; accepted for publication 7.07.2023.

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья

УДК 631.425.2

doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_28

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЧВЕННО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Анна Владимировна Человечкова^{1✉}, Ирина Валерьевна Комиссарова², Наталья Владимировна Мирошниченко³

¹Курганский государственный университет, Курган, Россия

^{2, 3}Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева – филиал ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», Курган, Россия

¹chelovechkova_2011@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0003-0236-9402>

²ir.komissarova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9106-5509>

³natalya.mir79@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7064-6929>

Цель проводимых исследований – разработка математической модели влагопереноса в почвах. Исследования проводились на черноземе выщелоченном слабогумусированном среднесиловом легкосуглинистом. Для построения модели были взяты основные физические свойства почвы (гранулометрический состав, плотность, пористость). На первоначальном этапе работы построение основной гидрофизической характеристики было проведено лабораторным и расчетным методами. Поскольку стоимость получения почвенно-гидрофизической информации, особенно с учетом пространственно-временной изменчивости, обычно велика, актуальной задачей является упрощение и удешевление получения почвенно-гидрофизической информации. Поэтому для сокращения затрат времени была разработана программно-аппаратная методика построения изучаемых графиков основной гидрофизической характеристики. Из полученных графиков были определены почвенно-гидрологические константы. Значения основных физических свойств почвы и полученных почвенно-гидрологических констант позволили сделать выборку данных для работы над прогнозной моделью с помощью искусственного интеллекта. В результате прогнозирования с помощью фреймворка TensorFlow при однослойной линеаризации были получены прогнозные значения для максимальной гигроскопичности почвы $W_{мг}$, максимальной молекулярной влагоемкости $W_{ммв}$, наименьшей влагоемкости $W_{нв}$, для значения предела текучести $W_{пт}$ и пористости ϵ . По полученным результатам можно отметить, что для параметра максимальной молекулярной влагоемкости модель предсказывает достаточно хорошо прогнозируемый параметр. Используемая функция потерь позволяет увидеть, что полученные значения параметра $W_{мг}$ близки к тестовым данным. Большинство значений центрируются вокруг значения ноль, становясь больше или меньше примерно с равной вероятностью. В случае с параметром $W_{ммв}$, функция потерь принимает постоянное значение, начиная с 75 эпохи. Наблюдение незначительных выбросов позволяет говорить о достоверности прогнозной модели параметра. В случае с пористостью ϵ , следует отметить большой разброс прогнозируемых значений. Это может быть связано с тем, что была определена общая пористость без учета изменения в профиле активных пор, занятых капиллярной водой и пор аэрации.

Ключевые слова: моделирование, гранулометрический состав, основная гидрофизическая характеристика, влагоперенос, плотность, пористость.

Для цитирования: Человечкова А. В., Комиссарова И. В., Мирошниченко Н. В. Прогнозирование почвенно-гидрологических параметров с помощью искусственного интеллекта // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 28–36. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_28

FORECASTING OF SOIL-HYDROLOGICAL PARAMETERS WITH THE HELP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Anna V. Chelovechkova^{1✉}, Irina V. Komissarova², Natalya V. Miroshnichenko³

¹Kurgan State University, Kurgan, Russia

^{2, 3}Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev – branch of the Kurgan State University, Kurgan, Russia

¹chelovechkova_2011@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-0236-9402>

²ir.komissarova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9106-5509>

³natalya.mir79@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7064-6929>

The purpose of the study is the development of a mathematical model of moisture transfer in soils. The studies were carried out on leached, low-humus, medium-thick, light loamy chernozem. To build the model, the main physical properties of the soil (granulometric composition, density, porosity) were taken. At the initial stage of the work, the construction of the basic hydrophysical characteristic was carried out by laboratory and calculation methods. Since the cost of obtaining soil-hydrophysical information, especially taking into account spatiotemporal variability, is usually high, the urgent task is to simplify and reduce the cost of obtaining soil-hydrophysical information. Therefore, in order to reduce the time spent, a hardware-software technique for constructing the studied graphs was developed. Soil-hydrological constants were determined from the obtained graphs. The values of the main physical properties of the soil and the obtained soil-hydrological constants made it possible to select data for working on a predictive model using artificial intelligence. As a result of forecasting using the TensorFlow framework with single-layer linearization, predictive values were obtained for the maximum soil hygroscopicity W_{mg} , the maximum molecular water capacity W_{mw} , the lowest water capacity W_{nv} , for the value of the yield strength W_{pt} and porosity ϵ . Based on the results obtained, it can be noted that for the parameter of maximum molecular water capacity, the model predicts a fairly well predictable parameter. The loss function used makes it possible to see that the obtained values of the W_{mg} parameter are close to the test data. Most of the values center around the value zero, getting bigger or smaller with about equal probability. In the case of the W_{mv} parameter, the loss function takes on a constant value starting from epoch 75. Observation of minor outliers allows us to speak about the reliability of the predictive model of the parameter. In the case of porosity ϵ , a large spread of predicted values should be noted. This may be due to the fact that the total porosity was determined without taking into account the change in the profile of active pores occupied by capillary water and aeration pores.

Keywords: modeling, granulometric composition, basic hydrophysical characteristics, moisture transfer, density, porosity.

For citation: Chelovechkova, A. V., Komissarova, I. V. & Miroshnichenko, N. V. (2023). Forecasting of soil-hydrological parameters with the help of artificial intelligence. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 28–36 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_28

В последнее время математическое моделирование превращается в мощный инструмент познания реального мира. Происходит это в связи с развитием компьютерных технологий и программного обеспечения. Необходимость в математических моделях возникает, когда объект недоступен для изучения ввиду его отдаления в пространстве и времени, ввиду его опасности, когда эксперимент может быть подвержен непредвиденным последствиям [1].

Почвенная математика – научное направление, которое возникло как необходимость фундаментального изучения физических, химических и биологических процессов и их взаимодействия в почвенных системах. Если раньше математика использовалась в почвоведении только в статистических методах и вероятностных гипотезах, то в настоящее время для решения различных задач используется как численный анализ, так и математическое моделирование. На сегодняшний день моделирование является неотъемлемым компонентом в почвоведении. Разработка математической

модели важна для изучения процессов глобальной биосферы, неотъемлемой частью которой является почва [2].

Анализ современных разработок на российском рынке и за рубежом показывает, что при использовании информационных технологий очень актуальными становятся геоинформационные системы, а также базы данных, которые хорошо обеспечивают работу со множеством различных показателей свойств почвы [3, 4].

Очень интересной является также работа с системами в режиме реального времени. Как правило, они используются для прогнозирования контроля урожайности, опасности эрозийных процессов, наблюдения за деградацией почв. Мониторинг процессов орошения также требует реального знания о количестве осадков [5].

Основным предметом нашего изучения является процесс влагопереноса в почвах. Но так как в водном растворе почв всегда присутствуют различные катионы и анионы почвенного поглощающего комплекса (ППК), то мы имеем дело не только с влагопереносом, но и солепереносом. Определение параметров процесса солепереноса имеет важное значение. Формирующийся водный режим при длительном орошении, а так же и при естественных условиях с учетом грунтовых вод, может способствовать выносу солей на поверхность почвы и наблюдается засоление почв [6, 7].

Цель исследований – разработка математической модели влагопереноса в почвах с использованием искусственного интеллекта.

Задачи исследований – экспериментальное исследование гидрофизических и физических свойств почв, которые необходимы для количественного описания процесса влагопереноса и расчета педорансферных функций (ПТФ); определение численных значений параметров выбранной функции, при которых задача влагопереноса решается наилучшим образом; построение прогнозной модели для почвенно-гидрологических констант (ПГК).

Полученные значения почвенно-гидрологических констант были использованы для расчетов активного слоя почвы при землевании, разработки методики по определению норм и сроков полива. Также данные по ПГК позволяют моделировать искусственные почвогрунты.

Материал и методы исследований. Основным объектом исследований стал чернозем выщелоченный слабогумусированный среднемощный легкосуглинистый. Отбор почвенных образцов проводился в летний период 2020 г. В полевых условиях закладывались почвенные разрезы, были определены морфологические свойства почвы и плотность, отобраны образцы для определения физических свойств. Гранулометрический состав (табл. 1), плотность твердой фазы определялись в лабораторных условиях.

Таблица 1

Гранулометрический состав чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка, 2020 г.

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций (%) при размерах, мм						
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
А	0-10	6,38	65,22	3,99	1,62	7,98	14,81	24,41
	10-20	6,26	65,10	4,10	1,76	8,13	14,65	24,54
	20-30	5,86	64,50	4,30	1,86	8,92	14,56	25,34
АВ	30-40	8,71	59,68	8,67	2,04	8,66	12,24	22,94

Исследования проводились на территории Курганской области, расположенной на юго-западной окраине Западно-Сибирской низменности, в бассейне реки Тобол. Курганская область, в силу своего положения в центре Евразийского континента, отличается континентальным климатом. Территория области отгорожена Уральским хребтом от влажных и теплых воздушных масс с запада, но легко доступна холодным арктическим и сухим южным воздушным вторжениям, что обуславливает жесткость климата и неустойчивость метеорологических условий. Важнейшими характеристиками агрометеорологических условий является характер атмосферных засух и суховеев. Повторяемость лет с интенсивными суховеями составляет 70%, это значит, что из 10 лет суховеи имели место в 7 годах. Часто летние осадки, выпадая в виде кратковременных, преимущественно ливневых дождей, попадают под действие суховеев и высоких температур и усиленно испаряются. Осенне-зимние осадки в виде снега при быстром повышении температуры во время снеготаянья

переходят в талые воды, которые в большей своей массе стекают в отрицательные формы рельефа, частично испаряются и не успевают полностью и глубоко проникнуть в еще не оттаявшую почву. Поэтому процессом почвообразования охвачен верхний слой небольшой мощности, так как корневая система из-за дефицита влаги, а часто и тепла концентрируется близко к поверхности в маломощном слое [8].

Для построения модели в работе использовались основные физические свойства почвы (гранулометрический состав, плотность, пористость). По полученным значениям указанных характеристик была построена кривая водоудержания – основная гидрофизическая характеристика почв (ОГХ). На первоначальном этапе работы построение ОГХ было проведено лабораторным и расчетным методами [9, 10]. В качестве инструментального метода определения основной гидрофизической характеристики в работе в области rF от 4,4 до 6,5 (область адсорбированной прочносвязанной и пленочной влаги) мы использовали метод десорбции паров воды над насыщенными растворами солей. Для определения основной гидрофизической характеристики в области высоких давлений, rF до 3 (область пленочно-капиллярной и капиллярной влаги), в нашей работе использовался метод, приближенный к методу тензиостатов. В основу расчетного метода была положена концепция, развитая А. Д. Ворониным, согласно которой каждой почвенно-гидрологической константе на кривой водоудерживания соответствует давление влаги, определяемое одним из уравнений:

пористость $\varepsilon \Rightarrow P=0$;

предел текучести $W_{пт} \Rightarrow rF=2,17$;

наименьшая влагоемкость $W_{нв} \Rightarrow rF=2,17 + W_{нв}$;

максимальная молекулярная влагоемкость $W_{ммв} \Rightarrow rF=2,17 + 3 \cdot W_{ммв}$;

максимальная гигроскопичность почвы $W_{мг} \Rightarrow rF=4,45$.

Далее для сокращения затрат времени на построение ОГХ была разработана программно-аппаратная методика построения изучаемых графиков ОГХ [11]. Она позволила снизить трудоемкость и увеличить наглядность проводимых расчетов [12, 13] (рис. 1).

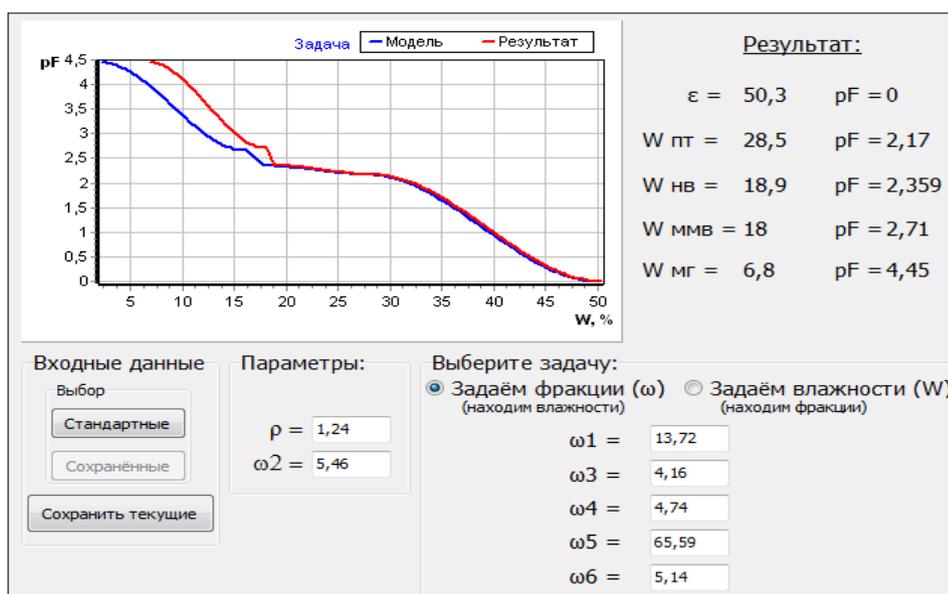


Рис. 1. Нахождение значений влажностей по заданным фракциям гранулометрического состава почвы

Из построенных графиков кривой водоудержания были получены почвенно-гидрологические константы. Эти значения вместе со значениями основных физических свойств почвы использовались для работы над прогнозной моделью.

Помимо чернозема выщелоченного прогнозная модель была построена для солонцов, которые занимают второе место после черноземов и солодей Курганской области. Результаты работы модели были проверены на большом количестве архивных данных.

Результаты исследований. Поскольку получение почвенно-гидрофизической информации, особенно с учетом пространственно-временной изменчивости, обычно велико, актуальной задачей является упрощение и удешевление работы с такими данными. Программно-аппаратные методы позволяют снизить трудоемкость и увеличить наглядность проводимых расчетов. Для исследования кривой водоудержания были определены гранулометрический состав, плотность почвы, ее порозность и почвенно-гидрологические составляющие, отвечающие за характеристику содержания почвенной влаги в почве. На рисунке 2 приведен пример выборки данных, с которыми работает нейронная сеть. Набор состоял из выборки 140 экспериментальных параметров для заданного типа почвы.

	A	B	C	D	E	F	G
1	w6,w5,w4,w3,w2,w1,rho,epsilon,WPIc,,WPSPi,WPjPjPI,WPjPi						
2	8.32,64.12,4.92,3.44,5.78,13.42,1.11,53.82,29.84,18.6,18.88,6.61						
3	6.4,64.96,5.33,5.31,5.52,12.48,1.33,48.7,28.94,18.93,16.78,5.71						
4	5.58,68.79,5.72,4.34,4.38,11.19,1.39,47.1,39.6,20.87,22.66,7.1						
5	2.29,64.75,5.98,3.04,6.14,17.8,1.13,52.62,30.64,20.19,19.27,7.55						
6	2.11,55.3,8.34,3.52,9.02,21.71,1.39,47.7,38.7,21.56,22.37,7.8						
7	1.07,70.88,1.88,0.88,5.15,20.14,1.21,50.14,29.45,19.47,18.26,8.39						
8	0.81,65.51,3.63,3.63,13.81,12.61,1.26,53.3,30.11,27.12,25.45,5.23						
9	3.81,60.66,3.83,0.48,8.37,22.85,1.62,52.07,39.06,23.16,26.26,5.67						
10	2,78.48,5.85,0.94,1.41,11.32,1.42,47.81,37.73,23.16,25.56,5.67						

Рис. 2. Пример выборки данных

Синаптические связи нейрона имеют весовые коэффициенты, которые подбираются в процессе обучения модели. Функция сумматора S выполняет сложение входных сигналов x_i , помноженных на значения весовых коэффициентов a_i , в один сигнал для передачи его функции активации нейрона:

$$S = \sum_{i=1}^n a_i x_i + b,$$

где n – количество входных сигналов нейрона, b – коэффициент смещения.

Коэффициент смещения выполняет роль константы линейной функции.

Целью обучения нейронной сети является такой подбор весовых коэффициентов для синаптических связей, при котором ошибка выдаваемых сетью результатов будет минимальной. Для этого входные данные были разбиты на обучающие и тестовые (валидационные). В нашем случае на обучение сети пошло 20% выборки, 80% выборки использовалось для прогноза оценивания. В качестве входных данных использовались гранулометрический состав и плотность почвы. Выходные параметры – это прогнозируемые почвенно-гидрологические составляющие. Прогнозирование проводилось с помощью TensorFlow – фреймворка для машинного обучения, который использует различные методы оптимизации для эффективного вычисления. Данная библиотека используется для программирования потока данных. При выборе метода оптимизации используется комбинация линейных и нелинейных функций. При этом TensorFlow хорошо работает с выражениями математики и может поддерживать глубокие нейронные сети. После выполнения обучения выбранных моделей нейронной сети была проведена оценка результатов.

В результате построения данных прогнозной модели с помощью нейронной сети при линеаризации (функция Linear) и использовании одного слоя были получены следующие данные. Для параметра максимальной гигроскопичности почвы – W_m (рис. 3), для параметра максимальной молекулярной влагоемкости – W_{mm} (рис. 4).

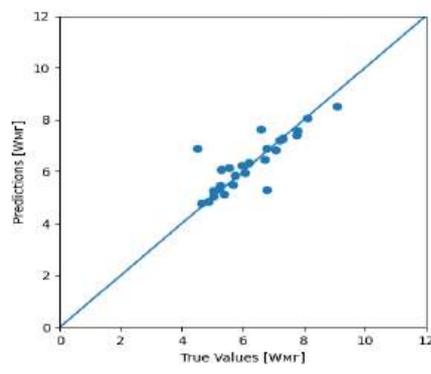
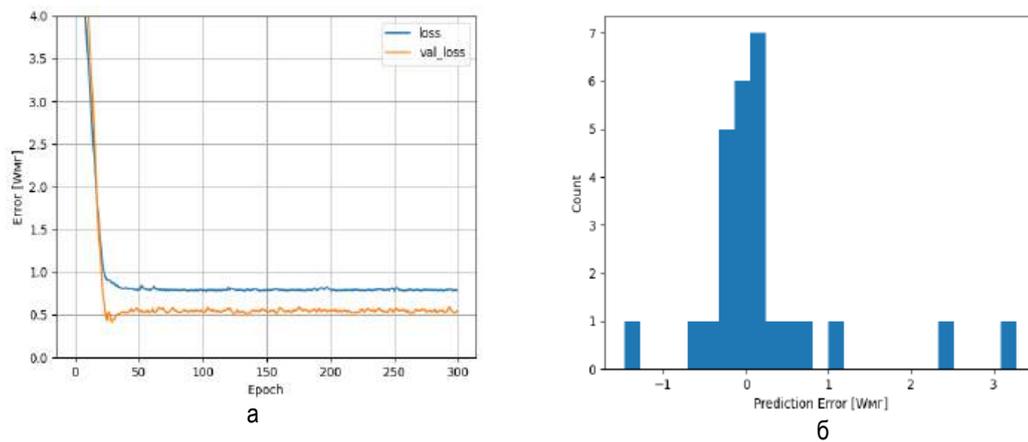


Рис. 3. Результаты прогнозирования функцией Linear параметра W_{mr}

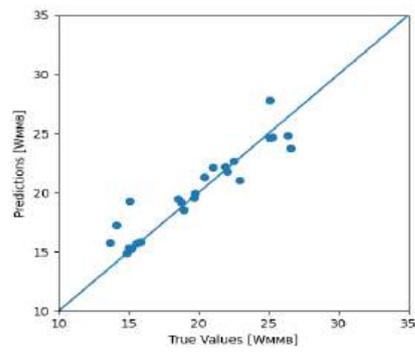
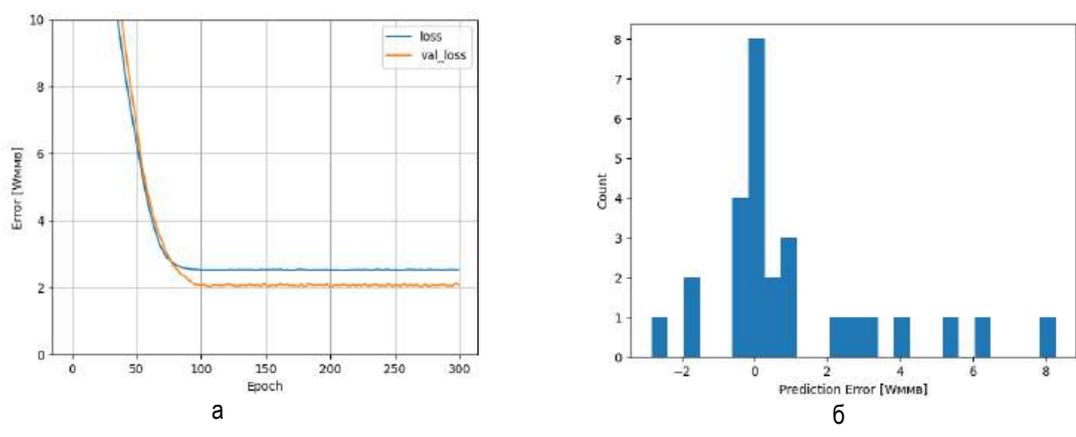


Рис. 4. Результаты прогнозирования функцией Linear параметра W_{mv}

Валидационная кривая, позволяющая проверять работоспособность модели в графическом виде, задает контроль функции потерь (loss). Для минимизации ошибки прогнозирования почвенно-гидрологических параметров была использована функция потерь (рис. 3а), которая позволила увидеть, что после 25 эпох получаем для параметра $W_{\text{мг}}$ значения, близкие к тестовым данным. На рисунке 3б наблюдается количество весов, инициализированных с использованием распределения с нулевым центром, которые лежат в диапазоне значений от -0,8 до 0,8. На рисунке 3в видно, что большинство значений центрируются вокруг значения ноль, становясь больше или меньше примерно с равной вероятностью. Модель предсказывает достаточно хорошо прогнозируемый параметр.

В случае с параметром $W_{\text{ммв}}$, функция потерь принимает постоянное значение, начиная с 75 эпохи (рис. 4а). На рисунке 4б мы видим, что количество весов, с распределением нулевого центра, лежат в диапазоне значений от -0,5 до 1,0. Следовательно, разброс полученных данных небольшой в пределах допустимых ошибок. На рисунке 4в при сравнении прогнозируемых данных со значениями, полученными в результате обучения сети, наблюдаются незначительные выбросы, но основные показатели центрируются вокруг значения ноль. Это говорит о достоверности прогнозной модели данного параметра.

Аналогичный анализ был проведен для параметров наименьшей влагоемкости $W_{\text{нв}}$ и для значения предела текучести $W_{\text{пт}}$.

В случае с пористостью ε (рис. 5) следует отметить большой разброс прогнозируемых значений (рис. 5б, в). В данном случае количество весов, которые распределяются около нулевого центра, лежат в диапазоне значений от -2 до 2.

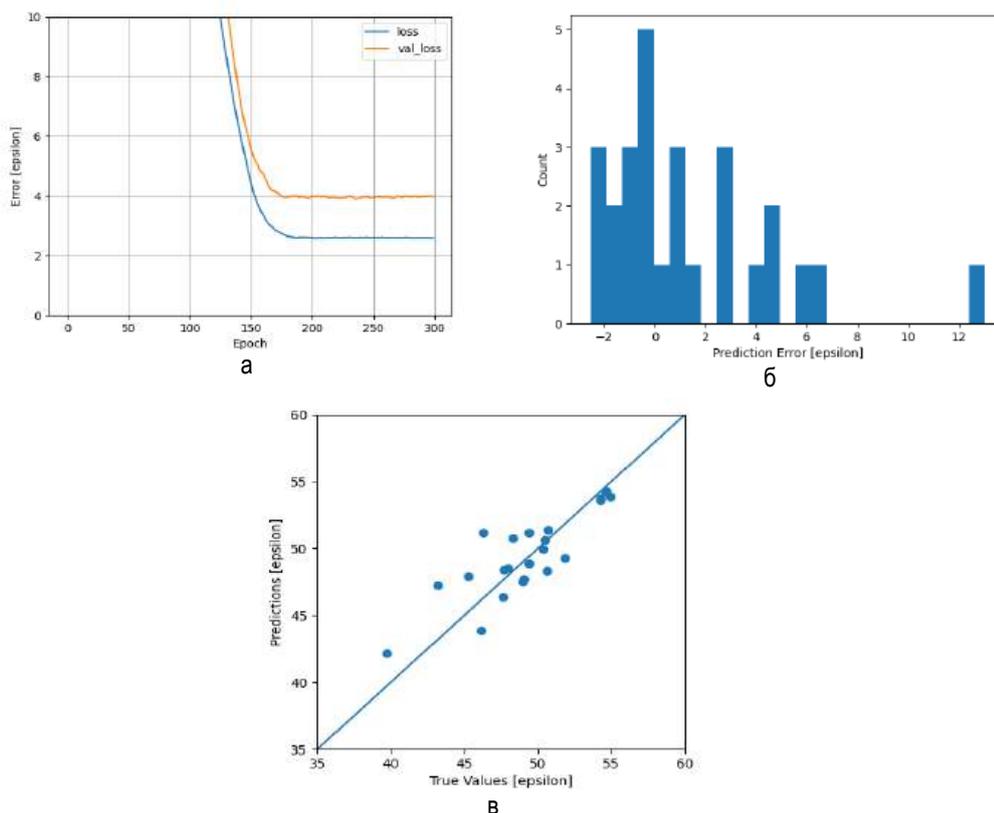


Рис. 5. Результаты прогнозирования функцией Linear параметра ε

Большинство значений не центрируются вокруг значения ноль. Это может быть связано с тем, что была определена общая пористость без учета изменения в профиле активных пор, занятых капиллярной водой, и пор аэрации. Но начиная со 125 эпохи, результат обучения принимает значения ошибки, меньшей, чем валидационная выборка. Поэтому можно говорить о достоверности прогнозирования параметра.

Заключение. По результатам анализа полученной модели можно говорить о том, что для вычисления и прогнозирования гидрофизических параметров почвы возможно применение современных вычислительных средств, в частности нейронных сетей. В зависимости от характеристик, которые необходимо аппроксимировать, выбирается функция активации нейронной сети с учетом подходов быстрого обучения, который приведет к наилучшему результату. Достоверное прогнозирование почвенных параметров получается при использовании функции Linear с одним скрытым слоем. При этом следует отметить, что в случае нейронных сетей для решения задачи прогнозирования требуются дополнительные характеристики для конкретизации входных данных, а также наложение и учет внешних условий при влагопереносах. В этом случае результат аппроксимации будет зависеть от правильности и обоснованности выбора методов, а также учета всех условий, в том числе граничных и начальных, оказывающих влияние на почвенно-гидрологические параметры и их изменение. Предлагаемая методика расчетов удобна для работы в районах со сложными геологическими условиями. Позволяет проводить анализы архивных материалов физических свойств почв. Это дает возможность оценивать состав и характеристики грунта для правильного применения агротехнических мер, которые позволят снизить затраты при обработках.

Список источников

1. Кабаков З. К., Кабаков П. З. Применение математического моделирования при освоении новых технологий и в образовании // *Успехи современного естествознания*. 2005. № 6. С. 85–86.
2. Михайлов Ф. Д. Моделирование некоторых почвенных процессов // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2014. № 7(117). С. 59–64.
3. Савин И. Ю., Жоголев А. В., Прудникова Е. Ю. Современные тренды и проблемы почвенной картографии // *Почвоведение*. 2019. №5. С. 517–528. doi: 10.1134/S0032180X19050101.
4. Tiwari S., Saha S., Kumar S. Prediction modeling and mapping of soil carbon content using artificial neural network, hyperspectral satellite data and field spectroscopy // *Advances in Remote Sensing*. 2015. Vol. 4. P. 63–72. doi: 10.4236/ars.2015.41006.
5. Рыбальский Н. Н., Иванов А. В. Цифровая модель почвы. М. : Издательские решения, 2020. 237 с.
6. Михайлов Ф. Д. Прямые и обратные задачи модели солепереноса в условиях стационарного водно-солевого режима почвогрунтов // *Пермский аграрный вестник*. 2014. № 3(7). С. 52–59.
7. Golovanov A. I., Sotneva N. I. Mathematical simulation of water and salt transfer in geosystems of solonchic soils in the northern caspian region // *Eurasian Soil Science*. 2009. T. 42, Vol. 3. P. 251–266. doi: 10.1134/S1064229309030028.
8. Егоров В. П., Кривонос Л. А. Почвы Курганской области. Курган : Изд-во Зауралье, 1995. 174 с.
9. Человечкова А. В. Построение кривых водоудерживающей способности выщелоченных черноземов Зауралья инструментальным и расчетным методами // *Аграрный вестник Урала*. 2014. № 3 (121). С. 13–18.
10. Человечкова А. В., Комиссарова И. В. Основная гидрофизическая характеристика выщелоченных черноземов Зауралья // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи : сборник статей по материалам V Всероссийской научно-практической заочной конференции молодых ученых. Курган, 2013. С. 22–24.
11. Человечкова А. В. Использование гидрофизических свойств для характеристики почв Курганской области : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Курган, 2022. 23 с.
12. Chelovechkova A. V., Komissarova I. V., Eremin D. I. Forecasting Water Saturation of Fill Grounds in Urban Infrastructure Conditions by Mathematical Modeling Based on the Main Hydrophysical Characteristic // *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2018. T. 9, Vol. 3(27). P. 485–490. doi: 10.14505/jemt.v9.3(27).08.
13. Chelovechkova A. V., Komissarova I. V., Eremin D. I. Using Basic Hydrophysical Characteristics of Soils in Calculating Capacity of Water-Retaining Fertile Layer in Recultivation of Dumps of Mining and oil Industry // *Earth and Environmental Science. LOP Conference Series*. Saint-Petersburg Mining University. 2018. Vol. 194, Iss. 9. 092004. doi: 10.1088/1755-1315/194/9/092004.

References

1. Kabakov, Z. K. & Kabakov, P. Z. (2005). Application of mathematical modeling in the development of new technologies and in education. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya (The successes of modern natural science)*, 6, 85–86 (in Russ).
2. Mikayilov, F. D. (2014). Modeling of some soil processes. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of the Altai State Agrarian University)*, 7(117), 59–64 (in Russ).

3. Savin, I. Yu., Zhogolev, A. V. & Prudnikova, E. Yu. (2019). Modern trends and problems of soil cartography. *Pochvovedenie (Edaphology)*, 5, 517–528. doi: 10.1134/S0032180X19050101 (in Russ).
4. Tiwari, S., Saha, S. & Kumar, S. (2015). Prediction modeling and mapping of soil carbon content using artificial neural network, hyperspectral satellite data and field spectroscopy. *Advances in Remote Sensing*, 4, 63–72. doi: 10.4236/ars.2015.41006.
5. Rybalsky, N. N. & Ivanov, A. V. (2020). *Digital soil model*. Moscow: Publishing Solutions (in Russ).
6. Mikayilov, F. D. (2014). Direct and inverse problems of the salt transfer model under conditions of stationary water-salt regime of soils. *Permskii agrarnii vestnik (Perm Agrarian Journal)*, 3(7), 52–59 (in Russ).
7. Golovanov, A. I. & Sotneva, N. I. (2009). Mathematical simulation of water and salt transfer in geosystems of solonetzic soils in the northern caspian region. *Eurasian Soil Science*, 42, 3, 251–266. doi: 10.1134/S1064229309030028.
8. Egorov, V. P. & Krivonos, L. A. (1995). *Soils of the Kurgan region*. Kurgan: Zauralie Publishing House (in Russ).
9. Chelovechkova, A. V. (2014). Construction of curves of water-holding capacity of leached chernozems of the Trans-Urals by instrumental and calculation methods. *Agramyi vestnik Urala (Agrarian Bulletin of the Urals)*, 3 (121), 13–18 (in Russ).
10. Chelovechkova, A. V. & Komissarova, I. V. (2013). The main hydrophysical characteristics of the leached chernozems of the Trans-Urals. Development of scientific, creative and innovative activities of youth '13: collection of articles based on the materials of the V All-Russian scientific and practical correspondence conference of young scientists. (pp. 22–24). Kurgan (in Russ).
11. Chelovechkova, A. V. (2022). The use of hydrophysical properties to characterize the soils of the Kurgan region. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kurgan (in Russ).
12. Chelovechkova, A. V., Komissarova, I. V. & Eremin, D. I. (2018). Forecasting Water Saturation of Fill Grounds in Urban Infrastructure Conditions by Mathematical Modeling Based on the Main Hydrophysical Characteristic. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 9, 3(27), 485–490. doi: 10.14505/jemt.v9.3(27).08.
13. Chelovechkova, A. V., Komissarova, I. V. & Eremin, D. I. (2018). Using Basic Hydrophysical Characteristics of Soils in Calculating Capacity of Water-Retaining Fertile Layer in Recultivation of Dumps of Mining and oil Industry. *Earth and Environmental Science. LOP Conference Series*. Saint-Petersburg Mining University, 194, 9, 092004. doi: 10.1088/1755-1315/194/9/092004.

Информация об авторах:

А. В. Человечкова – кандидат биологических наук;
 И. В. Комиссарова – кандидат биологических наук;
 Н. В. Мирошниченко – кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors:

A. V. Chelovechkova – Candidate of Biological Sciences;
 I. V. Komissarova – Candidate of Biological Sciences;
 N. V. Miroshnichenko – Candidate of Agricultural Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
 The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 1.06.2023; одобрена после рецензирования 23.06.2023; принята к публикации 9.07.2023.

The article was submitted 1.06.2023; approved after reviewing 23.06.2023; accepted for publication 9.07.2023.

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 631.51.013

doi: 10.55471/19973225_2023_8_3_37

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАДЕЛКИ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ПОЧВЫ
ЯРУСНЫМИ ПЛУГАМИ**

Максим Павлович Ерзамаев^{1✉}, Дмитрий Сергеевич Сазонов², Евгений Иванович Артамонов³, Евгений Сергеевич Нестеров⁴

^{1, 2, 3}Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

⁴Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия

¹Erzamaev_MP@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-2843-3513>

²Sazonov_DS@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5119-8614>

³artamonov.evgenij.ivanovich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0093-8213>

⁴nesterov21@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0870-7516>

Цель исследований – повышение качества заделки верхнего горизонта при ярусной обработке почвы. В работе исследуется качество заделки верхнего слоя почвы ярусными плугами: серийным плугом ПНЯ-4-42 и комбинированным плугом с безземешным корпусом нижнего яруса. Для определения профиля борозды в начале опыта выбирался ровный участок поля. На этом участке поля производился один рабочий ход агрегата. Затем для создания системы координат на поле устанавливались четыре стойки, две (бороздовые стойки) на обработанной части и две (полевые стойки) – на необработанной части поля. На бороздовые и полевые стойки были уложены и зафиксированы рейки со шкалой, образуя координаты в продольном направлении. Для определения координат перемещения верхнего и нижнего слоев почвы использовалась разработанная частная методика закладки пронумерованных фишек. Фишки размером до 0,02 м располагались в двух уровнях: первый уровень на поверхности почвы, второй – на глубине 0,08...0,10 м. Закладывалось 8 рядов по 6 фишек в ряду. Сравнительный анализ обработки почвы ярусными плугами подтверждает эффективность орудий в борьбе с сорняками за счет качественной заделки семян сорной растительности с транспортировкой верхнего слоя почвы в борозду на заданную глубину обработки почвы. При этом обработка плугом ПНЯ-4-42 позволяет заделать на глубину более 0,2 м 86,1% семян сорной растительности, а экспериментальная ярусная обработка комбинированным плугом позволяет заделать на глубину более 0,2 м 96,6 % семян, что лучше по качеству заделки специальным серийным ярусным плугом. Комбинированный плуг позволяет обеспечить более качественную заделку верхнего слоя с содержащимися в нем семенами сорных растений, что может повысить эффективность борьбы с сорной растительностью, а также найти свое применение в технологиях, предусматривающих заделку органических и минеральных удобрений в корнеобитаемый слой.

Ключевые слова: почва, плуг, заделка, растительные остатки, ярусная обработка.

Для цитирования: Ерзамаев М. П., Сазонов Д. С., Артамонов Е. И., Нестеров Е. С. Исследование качества заделки верхнего слоя почвы ярусными плугами // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 37–44. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_37

Original article

INVESTIGATION OF THE QUALITY OF EMBEDDING THE TOPSOIL WITH TIERED PLOWS

Maxim P. Erzamaev^{1✉}, Dmitry S. Sazonov², Evgeniy I. Artamonov³, Evgeniy S. Nesterov⁴

^{1, 2, 3}Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia

⁴Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹Erzamaev_MP@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-2843-3513>

²Sazonov_DS@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5119-8614>

³artamonov.evgenij.ivanovich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0093-8213>

⁴nesterov21@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0870-7516>

The purpose of the study is to improve the quality of embedding of the upper horizon during tier tillage. The work examines the quality of topsoil embedding with tiered plows: a serial PNYa-4-42 plow and a combined plough with a frictionless lower-tier hull. To determine the profile of the furrow at the beginning of the experiment, an even section of the field was selected. In this area of the field, one working stroke of the unit was carried out. Then, to create a coordinate system, four posts were installed on the field, two (furrow posts) on the treated part and two (field posts) on the untreated part of the field. Racks with a scale were laid and fixed on furrow and field posts, forming coordinates in the longitudinal direction. To determine the coordinates of movement of the upper and lower soil layers, a developed private technique for laying numbered chips was used. Chips up to 0.02 m in size were located in two levels the first level on the soil surface, the second at a depth of 0.08...0.10 m. 8 rows of 6 chips in a row were laid. Comparative analysis of soil tillage by tiered plows confirms the effectiveness of tools in weed control due to high-quality filling of weed vegetation seeds with transportation of the topsoil to the furrow to the specified depth of tillage. At the same time, treatment with a plow PNYA-4-42 allows embedding to a depth of more than 0.2 m 86.1% of the seeds of weed vegetation, and experimental tier tillage with a combined plow allows embedding to a depth of more than 0.2 m 96.6% of the seeds which is better in the quality of embedding with a special serial tiered plow. Combined plow makes it possible to provide better embedding of topsoil with contained seeds of weed plants, which can increase efficiency of weed vegetation control, as well as find its application in technologies providing embedding of organic and mineral fertilizers into root layer.

Keywords: soil, plow, embedding, plant residues, tier tillage.

For citation: Erzamaev, M. P., Sazonov, D. S., Artamonov, E. I. & Nesterov, E. S. (2023). Investigation of the quality of embedding the topsoil with tiered plows. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 37–44 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_37

Ярусный плуг обрабатывает почву на разных уровнях, что позволяет улучшить структуру почвы, дренаж и доступность питательных веществ, уменьшить ее плотность [1, 2]. Качественная заделка верхнего слоя почвы позволяет вести эффективную борьбу с сорной растительностью механической обработкой верхнего горизонта [3-6].

На данный момент наиболее известным из серийно выпускаемых ярусных плугов считается ПНЯ-4-42. Он может применяться на различных типах почв, включая легкую и среднюю глину, чернозем и серозем. Способен работать на участках с уклоном до 8 градусов и обрабатывать почву на глубину до 27 см [1].

Основной недостаток ярусных плугов, применяемых для глубокой обработки почвы, состоит в больших энергетических затратах на выполнение технологического процесса, а также в образовании «плужной подошвы» лезвиями лемехов, что снижает урожайность сельскохозяйственных культур [7].

Повысить эффективность основной глубокой обработки почвы можно за счет объединения технологического процесса двухъярусной вспашки почвы с рыхлением подпахотного горизонта [8, 9].

Конструктивно-технологическая схема разработанного комбинированного плуга состоит из корпуса верхнего яруса, выполняющего подрезание и оборот верхнего слоя почвы, и безлемешного корпуса нижнего яруса, долото которого выполняет рыхление подпахотного горизонта и нижнего слоя почвы с последующим оборотом нижнего слоя почвы отвальной поверхностью корпуса нижнего яруса [8, 9].

Цель исследований – повышение качества заделки верхнего горизонта при ярусной обработке почвы.

Задачи исследований – оценить степень заделки верхнего слоя почвы по глубине при ее обработке ярусными плугами.

Материал и методы исследований. Для проведения исследований в качестве энергетического средства применялся трактор ХТЗ-16131, который агрегатировался с серийным плугом ПНЯ-4-42 и комбинированным плугом.

Для определения профиля борозды в начале опыта выбирался ровный участок поля. На этом участке поля производился один рабочий ход агрегата. В обработанную часть поля устанавливалась стойка (бороздная стойка) с учетом того, чтобы при контрольном проходе пахотного агрегата она не помешала корпусам плуга. Противоположно ей на расстоянии 3,4 м на необработанный участок была установлена другая стойка (полевая стойка). На расстоянии 1,5 м от полученных стоек, по ходу движения агрегата, устанавливались дополнительно две стойки (бороздная и полевая). Место бороздовых стоек определялось таким образом, чтобы при следующем проходе экспериментального плуга они не мешали его корпусам. В результате в горизонтальной проекции четыре стойки образовали собой прямоугольник со сторонами 3 и 1,5 м. На бороздовые и полевые стойки уложены и зафиксированы рейки со шкалой, образуя координаты в продольном направлении (рис. 1).

При помощи прибора с уровнем все четыре стойки были выведены в горизонтальную плоскость. Соединяя начала координат, на рейки была уложена передвижная линейка для снятия координат в поперечном направлении. Затем при помощи отвеса производились замеры профиля поля до и после прохода почвообрабатывающего агрегата. Шаг замеров составлял 5 см по всей длине поперечной линейки. Затем отвес прикладывался к контрольной линейке для получения вертикальной координаты.

Для обеспечения беспрепятственного прохода агрегата снималась поперечная линейка и продольные рейки. После прохода агрегата рейки и линейка возвращались на исходные позиции.



Рис. 1. Определение профиля дневной поверхности почвы

После прохода экспериментального плуга производился замер профиля. Для замера профиля дна борозды снимался верхний рыхлый слой почвы до уплотненного ложа. Затем производился замер профиля дна борозды (рис. 2).



Рис. 2. Профилирование дна борозды

Для определения координат перемещения верхнего и нижнего слоев почвы использовалась разработанная частная методика закладки пронумерованных фишек. Фишки размером до 0,02 м располагались в двух уровнях: первый уровень на поверхности почвы, второй – на глубине 0,08...0,10 м. Закладывалось 8 рядов по 6 фишек в ряду.

Расстояние между фишками в ряду 0,05 м. Ряды закладывались с учетом того, что фишки из этих рядов будут захватываться первым и вторым корпусом верхнего яруса (по четыре ряда на корпус). Ширина одного корпуса 0,45 м, поэтому расстояние между 5 и 6 рядами 0,15 м, а между остальными рядами 0,10 м. Первый ряд заложен на расстоянии 0,05 м от носка верхнего яруса предыдущего прохода, для этого борозда была расчищена и определен след от носка предыдущего прохода. Заделка фишки на глубину 0,08 м осуществлялась при помощи приспособления, представляющего собой «рукоятку» с загнутой частью, равной 0,08 м (рис. 3).



Рис. 3. Закладка фишек на глубину

Предварительно в почве при помощи приспособления выполнялись отверстия на глубину 0,08 м, затем в отверстия опускалась и доставлялась на дно фишка. После закладки всех фишек отверстия засыпались, а на поверхности устанавливалась фишка верхнего уровня.

Для определения конечных координат фишек удалялся верхний рыхлый слой почвы (рис. 4) до появления фишек и определялись их конечные координаты. Для наиболее точного определения места расположения фишек почва удалялась под углом 45°. Качество укладки верхнего пласта почвы также оценивалось и по полноте заделки растительных и стерневых остатков и семян сорняков, находящихся изначально на поверхности поля. Данные показатели определялись по количеству оставшихся растительных остатков на поверхности поля.



Рис. 4. Профилирование дна борозды

Результаты исследований. Реализация ярусной вспашки комбинированным плугом обеспечивает агротехнически требуемое качество крошения (размер фракций до 50 мм) в обрабатываемом слое почвы не менее 75% на различных глубинах обработки 0,3...0,45 м в диапазоне рабочих скоростей 1,5...2,5 м/с (рис. 5).

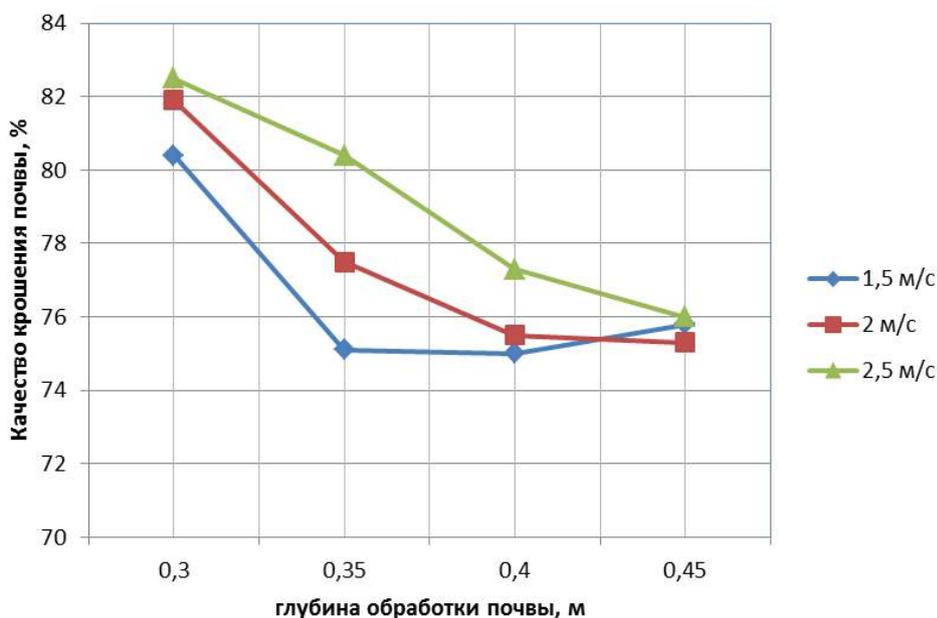


Рис. 5. Качество крошения почвы от глубины ее обработки комбинированным плугом

При рабочих скоростях движения 1,5; 2,0 и 2,5 м/с и глубине обработки почвы 0,3 м качество крошения составило 80,4; 81,9 и 82,5% соответственно, при рабочей глубине обработки – 0,35 м составляло 75,1; 77,5 и 80,4%, при глубине рыхления 0,40 м – 75,0; 75,5 и 77,3% и при глубине 0,45 м –

75,8, 75,3 и 76,0%. Приведенные экспериментальные данные показывают, что с увеличением глубины обработки почвы, качество ее крошения незначительно снижается, но при этом лучшие результаты достигаются при более высоких рабочих скоростях движения. После предлагаемой ярусной обработки комбинированным плугом количество заделанных растительных и стерневых остатков и семян сорняков составило 97,7...98,8%, что объясняется наличием длинностебельных сорняков. При этом глубина заделки верхнего слоя почвы (пожнивных растительных и стерневых остатков и семян сорняков) изменялась в зависимости от глубины обработки и практически не изменялась в зависимости от скорости движения (рис. 6) [8].

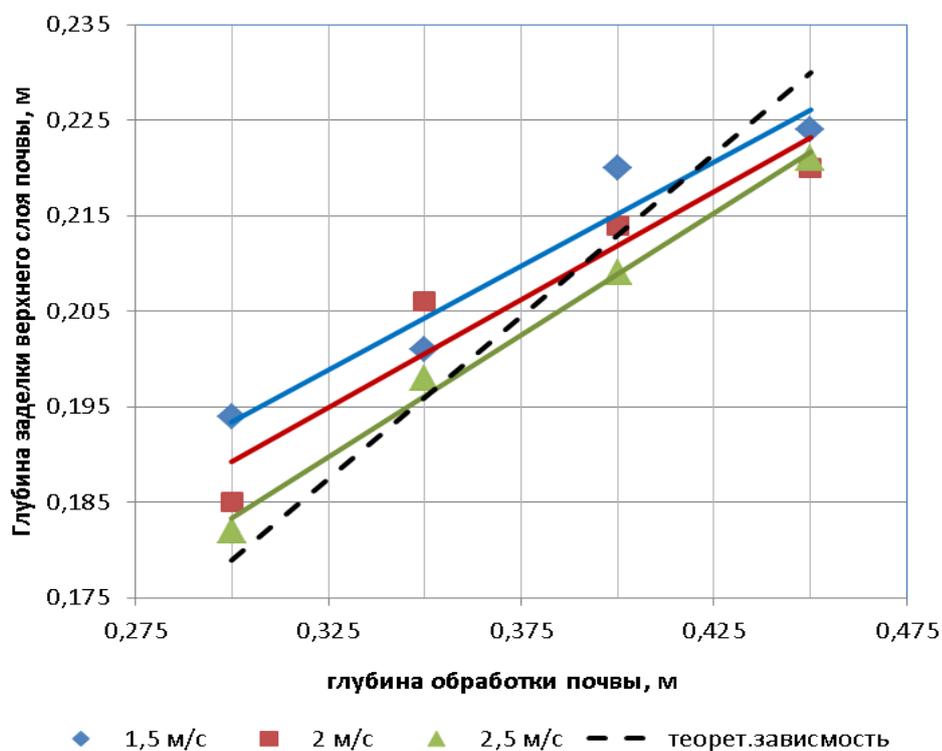


Рис. 6. Зависимость глубины заделки верхнего слоя почвы от глубины обработки

Результаты исследований распределения фишек по глубине горизонта почвы (рис. 7) подтверждают эффективность ярусной обработки почвы в борьбе с сорной растительностью за счет заделки семян сорной растительности с транспортировкой верхнего слоя почвы в борозду на заданную глубину обработки почвы.

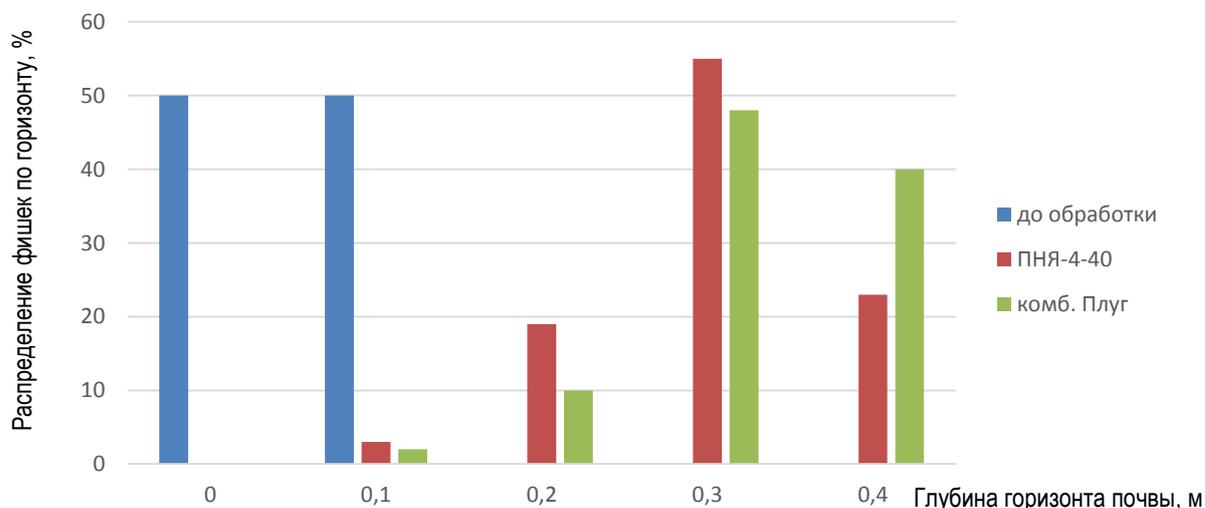


Рис. 7. Распределение фишек по глубине горизонта почвы

При этом обработка плугом ПНЯ-4-42 позволяет заделать на глубину более 0,2 м – 86,1% фишек, а экспериментальная ярусная обработка комбинированным плугом позволяет заделать на глубину более 0,2 м – 96,6 % фишек, что лучше по качеству заделки специальным серийным ярусным плугом.

Приведенные данные показывают высокое качество предлагаемой обработки комбинированным плугом, так как известно, что заделка верхнего слоя почвы с семенами сорняков на глубину 0,18 м обеспечивает снижение засоренности поля до 90 % [3, 5, 6, 9].

Заключение. Комбинированный плуг позволяет обеспечить более качественную заделку верхнего слоя с содержащимися в нем семенами сорных растений, что может повысить эффективность борьбы с сорной растительностью, а также найти свое применение в технологиях, предусматривающих заделку органических и минеральных удобрений в корнеобитаемый слой.

Список источников

1. Касьянов А. В., Ишков А. С., Белоусов Н. И. Анализ конструкций рабочих органов плугов // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей. Курск : Университетская книга, 2023. Т. 1. С. 223–227.
2. Борисенко И. Б., Доценко А. Е. Технические и технологические особенности комбинированного рабочего органа // Нива Поволжья. 2015. № 3 (36). С. 89–96.
3. Никифорова Е. Н. и др. Повышение эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения // Нива Поволжья. 2018. № 4 (49). С. 83–90.
4. Табаков П. А., Федоров Д. И. Производственно-полевые испытания ротационного плуга с механическим приводом // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. № 2 (42). С. 32–37.
5. Темиров И. Г. Результаты экспериментальных исследований двухъярусного плуга для вспашки почв из-под хлопчатника // Вестник науки и образования. 2022. № 10-1 (130). С. 26–28.
6. Тойгильдин А. Л. и др. Оценка эффективности обработки почвы и защиты растений на зерновых бобовых культурах в условиях лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (53). С. 68–73.
7. Канаев М. А., Карпов О. В., Васильев С. А., Фатхутдинов М. Р. Теоретическое исследование взаимодействия ножевидного деформатора с почвой // Известия Самарской государственной академии. 2017. №3. С. 19–23. doi: 10.12737/17448.
8. Ерзамаев М. П., Сазонов Д. С., Мустякимов Р. Н., Стрельцов С. В. Влияние основных параметров рабочих органов комбинированного плуга на качество ярусной обработки // Известия Самарской государственной академии. 2017. №3. С. 29–34. doi: 10.12737/17450.
9. Erzamaev M. P. et al. Development of multistage plowing method that involves subsurface loosening // BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2021. Т. 37. P. 00044.

References

1. Kasyanov, A. V., Ishkov, A. S. & Belousov, N. I. (2023). Analysis of the designs of the working bodies of plows. *Electric power industry today and tomorrow '23: collection of scientific articles*. (pp. 223–227). Kursk : Universitetskaya kniga (in Russ.).
2. Borisenko, I. B. & Dotsenko, A. E. (2015). Technical and technological features of the combined working body. *Niva Povolzhia (Niva Povolzhya)*, 3 (36), 89–96 (in Russ.).
3. Nikiforova, E. N., Rassypnova, Yu. Yu., Bekreneva, N. N. & Gurianova, N. M. (2018). Increasing the efficiency of agricultural land use. *Niva Povolzhia (Niva Povolzhya)*, 4 (49), 83–90 (in Russ.).
4. Tabakov, P. A. & Fedorov, D. I. (2018). Production and field tests of a rotary plow with a mechanical drive. *Vestnik Uliianovskoi gosudarstvennoi seliskokhoziaistvennoi akademii (Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy)*, 2 (42), 32–37 (in Russ.).
5. Temirov, I. G. (2022). Results of experimental studies of a two-tier plow for plowing soil from under cotton. *Vestnik nauki i obrazovaniya (Science and Education Bulletin)*, 10-1(130), 26–28 (in Russ.).
6. Toygildin, A. L., Podsevalov, M. & Mustafina, R. A. (2021). Evaluation of the efficiency of tillage and plant protection on grain legumes in the conditions of the forest-steppe zone of the Volga region. *Vestnik Uliianovskoi gosudarstvennoi seliskokhoziaistvennoi akademii (Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy)*, 1 (53), 68–73 (in Russ.).
7. Kanaev, M. A., Karpov, O. V., Vasiliev, S. A. & Fathutdinov, M. R. (2017). Theoretical research of the scaffold and soil interaction. *Izvestia Samarskoi gosudarstvennoi seliskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 19–23. (in Russ.). doi: 10.12737/17448.

8. Erzamaev, M. P., Sazonov, D. S., Mustakimov, R. N. & Streltsov, S. V. (2017). Influence of plough working bodies key parameters for the quality of tiered plowing. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 29–34. (in Russ.). doi: 10.12737/17450.

9. Erzamaev, M. P., Sazonov, D. S., Kurmanova, L. S., Nesterov, E. S. & Shlykov, A. E. (2021). Development of multistage plowing method that involves subsurface loosening. *BIO Web of Conferences. EDP Sciences*, 37, 00044.

Информация об авторах:

М. П. Ерзамаев – кандидат технических наук, доцент;

Д. С. Сазонов – кандидат технических наук, доцент;

Е. И. Артамонов – кандидат технических наук, доцент;

Е. С. Нестеров – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

M. P. Erzamaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

D. S. Sazonov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

E. I. Artamonov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

E. S. Nesterov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.04.2023; одобрена после рецензирования 25.06.2023; принята к публикации 2.07.2023.

The article was submitted 11.04.2023; approved after reviewing 25.06.2023; accepted for publication 2.07.2023.

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 631.361.022

doi: 10.55471/19973225_2023_8_3_45

**ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ
ДРОБИЛОК ЗЕРНА**

**Валерий Евгеньевич Чуйков¹, Владимир Викторович Коновалов^{2✉}, Марина Владимировна Донцова³,
Светлана Станиславовна Петрова⁴**

^{1, 2, 3}Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

⁴Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

¹ernz@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-5172-1811>

²konovalov-penza@rambler.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-5011-5354>

³dontmv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2915-0881>

⁴svetychsa1368@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0243-8992>

Цель исследований – обоснование перспективного направления совершенствования дробилок зерна. Эффективное использование кормового сырья требует его измельчения для повышения усвояемости и, в результате, роста продуктивности выращиваемых животных. Продукты измельчения должны соответствовать зоотехническим требованиям. Процесс измельчения кормов весьма энергозатратен. Совершенствование устройств для измельчения кормов имеет важное народно-хозяйственное значение. Рассмотрены конструкции различных молотковых дробилок, а также дробилок с лопастными, ножевыми и «разгонными» билами. Проведенный анализ работы дробилок зерна по величине энергозатрат позволил выявить перспективность измельчителей скалывающего принципа действия по сравнению с молотковыми и бильными дробилками, работающими по принципу удара. Дробилки скалывающего типа подразделяются: на центробежно-роторные дробилки с пальцевыми (штифтовыми) рабочими органами; вальцовый постав с рифлями; конусные инерционные дробилки с зубчатыми конусами по типу вальцового постава с внутренним контактом зубчато-рифлевых вальцов. Среди указанных видов измельчителей, в силу возможности самоочистки, наиболее перспективными являются конусные инерционные дробилки с зубчатыми конусами, которые позволяют расширять рабочую зону по влажности и измельчению зерна масличных культур. В процессе пробных испытаний лабораторного образца конусной инерционной дробилки конструкции ПензГТУ и ООО «ФОРМАДЕЛ» подтвердилась величина энергозатрат 4,6 кВт·ч/т. Для снижения энергоемкости измельчения зерна, повышения производительности устройства и качества продукта требуется провести дополнительные интерполяционные и оптимизационные исследования по обоснованию оптимальных значений частоты вращения конического ротора и зазора между рабочими органами.

Ключевые слова: измельчитель зерна, дробилка, скалывание зерна, зубчатый конус.

Для цитирования: Чуйков В. Е., Коновалов В. В., Донцова М. В., Петрова С. С. Обоснование направления совершенствования конструкций дробилок зерна // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 45–55. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_45

Original article

JUSTIFICATION OF THE IMPROVING DIRECTION DESIGN OF GRAIN CRUSHERS

Valery E. Chuikov¹, Vladimir V. Konovalov^{2✉}, Marina V. Dontsova³, Svetlana S. Petrova⁴

^{1, 2, 3}Penza State Technological University, Penza, Russia

⁴Samara State Agrarian University, Ust'-Kinelsky, Russia

¹epnz@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-5172-1811>

²konovalov-penza@rambler.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-5011-5354>

³dontmv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2915-0881>

⁴svetychsa1368@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0243-8992>

The purpose of the research is to substantiate a promising direction for improving grain crushers. The effective use of feed raw materials requires its grinding to increase the digestibility and, as a result, increase the productivity of reared animals. The grinding products must meet the zootechnical requirements. The process of feed grinding is very energy-consuming. The improvement of devices for grinding feed is of great national and economic importance. The designs of various hammer crushers, as well as crushers with blade, knife and «acceleration» bills are considered. The analysis of the work of grain grinders by the amount of energy consumption allowed to identify the prospects of crushers of the chipping principle of action in comparison with hammer and bill crushers operating on the principle of impact. Chipping type crushers are divided into: centrifugal-rotary crushers with finger (pin) working bodies; roller delivery with ruffles; cone inertial crushers with toothed cones according to the type of roller delivery with internal contact of toothed-riffle rollers. Among these types of grinders, due to the possibility of self-cleaning, the most promising are cone inertial crushers with toothed cones, which allow to expand the working area for humidity and grinding of oilseeds. In the process of trial tests of a laboratory sample of a cone inertial crusher of the design of PenzSTU and FORMADEL LLC, the value of energy consumption of 4.6 kWh/t was confirmed. In order to reduce the energy consumption of grain grinding, increase the productivity of the device and the quality of the product, additional interpolation and optimization studies are required to justify the optimal values of the rotational speed of the conical rotor and the gap between the working bodies.

Key words: grain grinder, crusher, grain chipping, toothed cone.

For citation: Chuikov, V. E., Konovalov, V. V., Dontsova, M. V. & Petrova, S. S. (2023). Justification of the improving direction design of grain crushers. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 45–55 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_45

Эффективное использование кормового сырья требует его измельчения для повышения усвояемости и роста продуктивности выращиваемых животных. Чем мельче продукты измельчения, тем выше наблюдаются привесы животных [1]. Однако, в случае переизмельчения (образования пылевидной фракции), кормовая пыль попадает в дыхательный тракт (способствует легочным заболеваниям), а сухой мучнистый продукт плохо смачивается слюной, что способствует желудочно-кишечным заболеваниям [2]. Тем самым, продукты измельчения должны соответствовать зоотехническим требованиям [3]. Сам процесс измельчения кормов весьма энергоемок, а учитывая большие объемы перерабатываемых кормов, кормоизмельчение требует высокого расхода энергии. Поэтому совершенствование устройств для измельчения кормов имеет важное народно-хозяйственное значение [2, 4].

Цель исследований – обоснование перспективного направления совершенствования дробилок зерна.

Задачи исследований – провести аналитический обзор конструкций зерновых измельчителей; выявить по величине энергозатрат перспективность измельчителей скалывающего принципа действия по сравнению с молотковыми и бильными дробилками, работающими по принципу удара.

Методика и результаты исследований. Согласно ГОСТ 14916-82 «Дробилки. Термины и определения» разрушение твердого кускового материала (каким и являются семена сельскохозяйственных растений) носит название «дробление», а поэтому машины для измельчения называются

«дробилками». Согласно ГОСТ 14916-82 различают: конусные, щековые, валковые, молотковые и роторные дробилки [5]. Используются различные способы нагружения (измельчения) частиц зерна. К широко известным применяемым способам относятся измельчение зерновок ударом, раскалыванием, раздавливанием (истиранием), сжатием, распиливанием (у стебельных кормов). Меньшей энергоемкостью обладают перспективные способы нагружения материала частиц (дробления): изгиб, скол, срез, растяжение [6-8].

Традиционно распространен способ измельчения ударом влет [6-8]. Он производителен, конструкция дробилки достаточно надежная и отработанная. Однако отмечается наличие завышенных значений пылевидного продукта. Анализ литературы последних двух десятилетий позволил заключить, что совершенствуется как дробильный аппарат, так и система сепарации измельченного продукта [9]. Недоизмельченные частицы дробятся вновь, что увеличивает долю пылевидной фракции. Конструкции молотков могут быть различны, как и дековые и сепарирующие элементы дробильного аппарата.

Примером подобных дробильных аппаратов является измельчитель Орловского ГАУ с переменным зазором между шарнирно подвешенными молотками и решетом [8]. В указанном материале выявлено влияние диаметра отверстий решет и увеличения радиуса спирали на энергоемкость получения дерти.

Недостатком роторных дробилок с рабочим органом в виде била (роторно-бильные дробилки) является отсутствие предохранительных элементов в случае попадания частиц металла или камня в дробильный аппарат. Это может привести к заклиниванию или поломке дробилки. В этом отношении молотковые дробилки (рис. 1) более надежны – шарнирно установленные молотки предотвращают заклинивание рабочих органов [8]. Используются дробилки как с лопастными [10-12], так и с ножевыми билами [13-15].

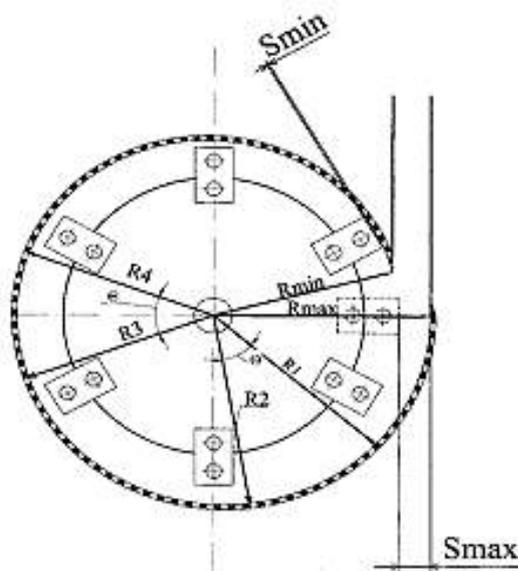


Рис. 1. Схема молотковой дробилки со спиральным решетом [8]

Примером бильных лопастных дробилок является конструкция (рис. 2) с отогнутыми повернутыми лопастями [10, 11]. В отличие от предыдущего рисунка, отвод измельченного продукта не только периферийный, но и боковой – с торца ротора. Поворот лопастей способствует лучшему отведению продуктов измельчения.

Известны конструкции бильных дробильных аппаратов с ножевым лопастным рабочим органом (рис. 3) [14]. Ножи способствуют скалыванию частиц, что несколько уменьшает расход энергии на дробление.

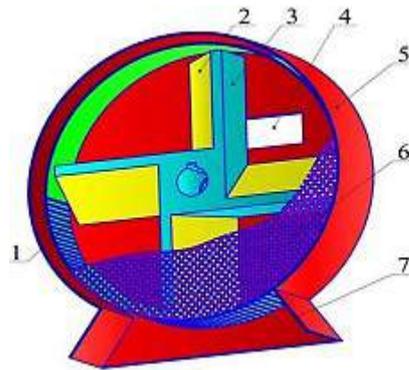


Рис. 2. Схема дробилки зерна с билами:
1 – решет; 2 – лопастное било; 3 – ротор; 4 – загрузочное окно; 5 – корпус дробилки; 6 – решет торцевое;
7 – окно выгрузное [11]

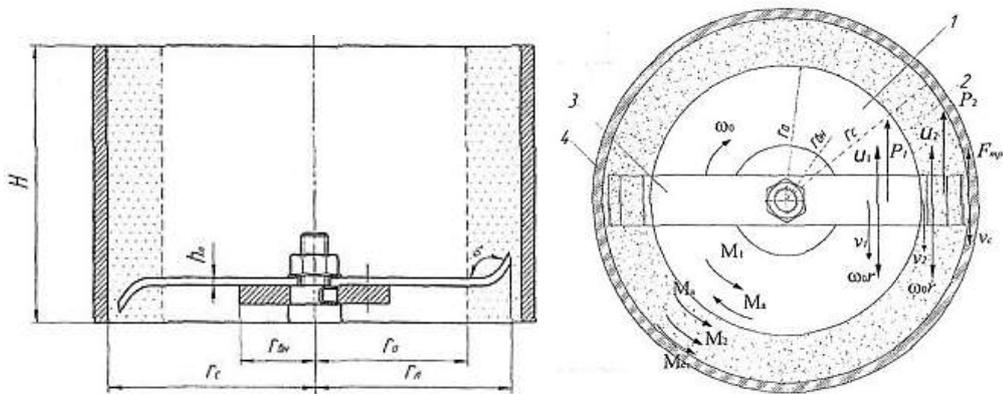


Рис. 3. Схема дробильного аппарата:
1 – центральная зона; 2 – воздушно-продуктовый поток в периферийной зоне; 3 – лопасть рабочего органа;
4 – корпус дробильной камеры [14]

Разработаны также дробилки, у которых ротор выполнен в виде радиально-отогнутых трубчатых каналов («разгонные» била) с подачей материала у оси вращения ротора [16, 17]. В данном случае разогнанные частицы выходят из трубчатых отверстий ротора (рис. 4) с высокой скоростью и ударяются о решет, выполненные в виде цилиндра вокруг вращающегося ротора. При ударе о грани отверстий решет зерновки дробятся, при этом часть частиц подается на выгрузку, а часть – отражается от решет. По отраженным частицам ротор ударяет трубчатыми направляющими как билами, и процесс измельчения продолжается. В результате часть материала дробится ударом влет, а часть – скалыванием.

Большое количество сравнительных экспериментов измельчителей различных типов показали преимущество дробления за счет скалывания. Данный способ нагружения материала (дробления) зерновок менее энергоемок [18-20]. Рассматривая конструкции дробилок, реализующих данный способ измельчения, можно выделить три направления развития конструкции: центробежно-роторные дробилки с пальцевыми (штифтовыми) рабочими органами; вальцовый постав с рифлями; конусные инерционные дробилки с зубчатыми конусами по типу вальцового постава с внутренним контактом зубчато-рифленых вальцов.

Выявлены конструкции центробежно-роторных дробилок с пальцевыми (штифтовыми) рабочими органами ФГНЦ СВ им. Н. В. Рудницкого и Вологодской ГМА им. Н. В. Верещагина, Челябинского ГАУ, Омского ГАУ и др., обеспечивающие измельчение зерновок скалыванием [21-25]. Их основой является штифтовый (пальцевый) дробильный аппарат [21] различной конструкции (рис. 5), где зерновки проходят через ряды встречно движущихся штифтов (пальцев, ножей). За счет

высокоскоростного заклинивания зерновок происходит скол их частей. Чрезмерно высокая взаимная скорость ножей (штифтов) способствует образованию мучнистой фракции. При малых скоростях растёт вероятность прохода крупных частиц. Достоинством данных аппаратов является отсутствие мелких пазов, способствующих «засаливанию», забиванию продуктовой массой. Однако, сложность изготовления рабочих органов ограничивает применение подобных измельчителей.

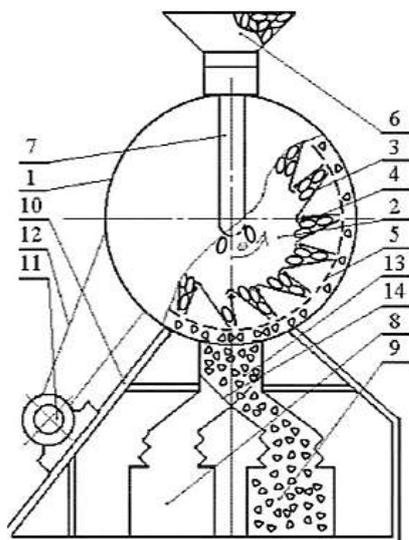


Рис. 4. Схема центробежной дробилки зерна:

- 1 – корпус дробильной камеры; 2 – ротор; 3 – неподвижная лопасть ротора; 4 – подвижная лопасть ротора; 5 – решето; 6 – загрузочный бункер; 7 – канала загрузочный; 8, 9 – емкость измельченного продукта; 10 – рама; 11 – электродвигатель; 12 – клиноремённая передача; 13 – выгрузная горловина; 14 – направляющая пластина [17]

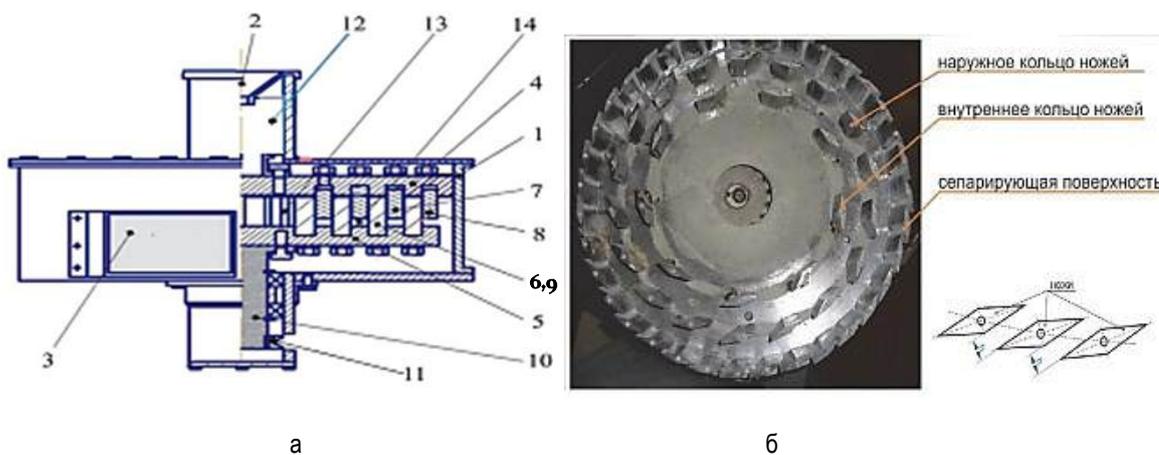


Рис. 5. Схема центробежно-роторного дробильного аппарата:

- а – конструктивная схема; 1 – корпус дробилки; 2 – патрубок загрузочный; 3 – патрубок выгрузной; 4 – статор (верхний диск); 5 – ротор (нижний диск); 6 – кольцевые каналы; 7 – ножи; 8 – наружный ряд ножей; 9 – сквозные пазы; 10 – приводной вал; 11 – шкив; 12 – горловина загрузная; 13 – окна радиальные; 14 – рабочая камера; б – общий вид верхнего диска измельчителя с сепарирующей поверхностью и установленными ножами и схема контроля открытия сепарирующей поверхности [21]

Вальцовые поставы с рифлеными вальцами широко используются в мукомольном производстве. Зерновки заклинивается перед вальцами, а рифлями как фрезой срезается слой частиц. Изменяя соотношение скоростей и направление режущей кромки взаимодействующих вальцов, меняют крупность помола муки [22, 23]. Недостатком является наличие пылевидных частиц.

Вариант конструкции вальцовых измельчителей с внутренним зацеплением приведен на рисунке 6, где дека статора, по сути, выполняет роль вальца [7, 23]. Проблемным является момент

забивания межзубового пространства измельченным продуктом, что снижает производительность дробилки и этим повышает энергозатраты.

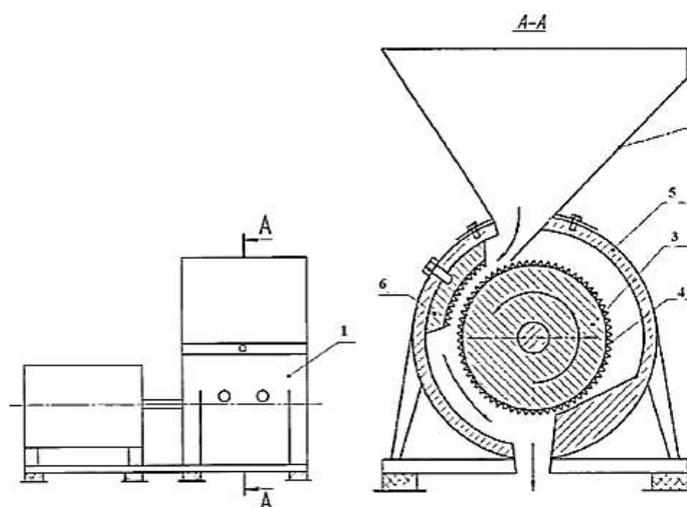


Рис. 6. Схема роторного измельчителя скалывающего типа:
1 – корпус; 2 – бункер; 3 – ротор; 4 – зубья ротора; 5 – кожух камеры измельчения; 6 – дека зубчатая [7]

В этом отношении более совершенны конструкции инерционных дробилок с зубчатыми конусами, которые позволяют при дальнейшем совершенствовании их конструкции обеспечить самоочистку межзубьевых каналов по типу взаимодействия бороздок жерновых поставов. Тем самым, расширяется область применения за счет повышения влажности продукта и возможной обработки семян масличных культур.

Известны конструкции конусных инерционных дробилок с зубчатыми конусами Ставропольского ГАУ [20, 24], Пензенской ГСХА [25, 26] и Пермской ГСХА [27, 28]. Их принцип действия, по сути, достаточно схожий. В конструкции Ставропольского ГАУ на конусах нанесены винтовые каналы с разнонаправленной навивкой (рис. 7). Сравнительные испытания указанной конической дробилки с молотковыми дробилками показали ее преимущество [20].

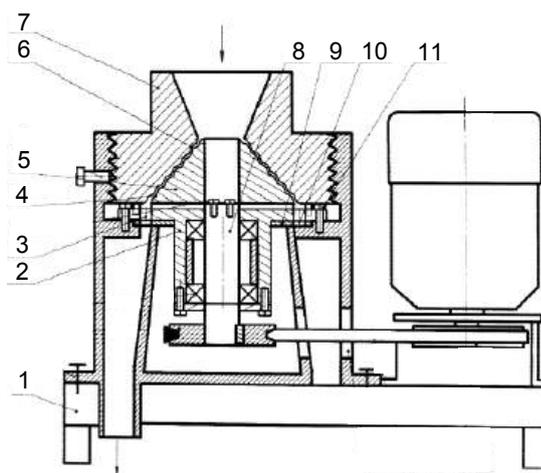


Рис. 7. Конусная инерционная дробилка:
1 – корпус; 2 – пластина-дозатор с технологическим отверстием; 3 – технологическое отверстие; 4 – правая навивка внутреннего конуса; 5 – внутренний конус; 6 – левая навивка наружного конуса;
7 – наружный конус; 8 – вал приводной; 9 – прокладка;
10 – технологическое отверстие; 11 – регулирующая пластина [24]

В конструкции конусной инерционной дробилки с зубчатыми конусами (рис. 8) Пензенского ГСХА [25] пазы расположены ближе к вертикали и, по мере увеличения диаметра конуса, сделаны новые пазы. Исследован высокоскоростной режим работы рабочих органов.

У конусного инерционного измельчителя с зубчатыми конусами Пермской ГСХА [27] рабочий режим среднескоростной, а угол между рабочими кромками внутреннего и наружного конусов существенно больше (рис. 9). Использован наклонный вариант установки рабочих органов.

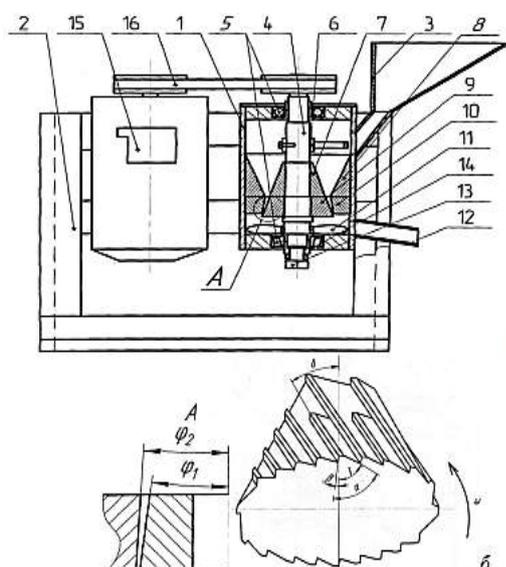


Рис. 8. Конусная инерционная дробилка кусковых материалов:
 а – схема дробилки; б – схема пазов рабочего конуса; 1 – корпус; 2 – рама; 3 – загрузочная горловина; 4 – вал;
 5 – подшипниковая опора; 6 – воршитель; 7 – распределительный конус; 8 – коническая втулка; 9 – рабочий конус;
 10 – коническая втулка с пазами; 11 – выгрузной скребок; 12 – выгрузной лоток; 13 – винт; 14 – гайка;
 15 – электродвигатель; 16 – клиноременная передача [25]

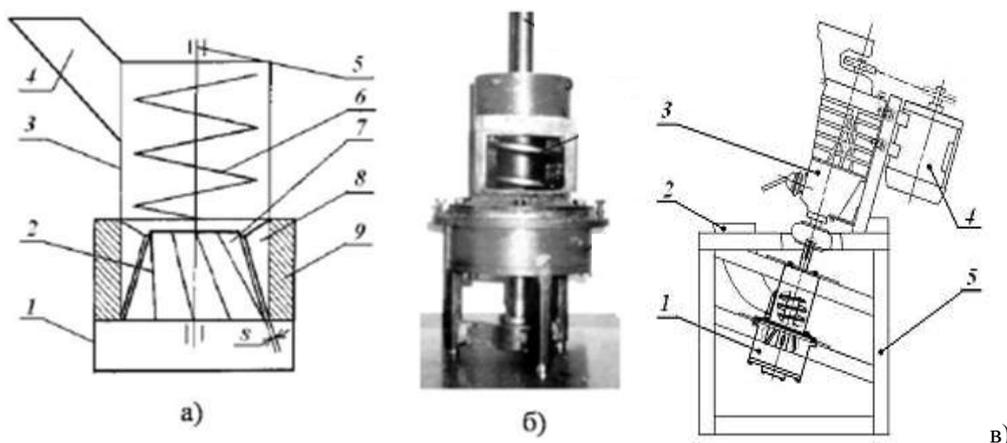


Рис. 9. Конусная инерционная дробилка фуражного зерна:
 а – схема измельчающего аппарата; S – кольцевой зазор; 1 – выгрузная камера; 2 – лезвия ножевого конуса;
 3 – загрузочная камера; 4 – загрузочный бункер; 5 – приводной вал; 6 – подающий шнек; 7 – ножевой конус;
 8 – противорезающие элементы корпуса; 9 – корпус измельчителя; б – общий вид измельчающего аппарата;
 в – схема установки: 1 – измельчающий узел; 2 – загрузочный бункер; 3 – редуктор; 4 – электродвигатель; 5 – рама [27]

У вальцовых плющилок и дробилок энергозатраты составляют около 3,7 кВт·ч/т, у бичевых – около 3,2 кВт·ч/т [29]. В то же время, по данным [19], среди всех типов дробилок наименее энергоемки измельчители, реализующие резание и скалывание зерна (центробежно-роторные измельчители) с энергозатратами 4,5-6,5 кВт·ч/т. Подобные энергозатраты наблюдаются и у конусных

инерционных дробилок [28]. Согласно данным Ставропольского ГАУ [20], конусные инерционные дробилки обеспечивают существенное улучшение качества измельчения (83,4% соответствия крупности помола нормам, по сравнению с 44,7% у молотковых дробилок) и расход энергии составляет 0,4-1,0 кВт·ч/т. С уменьшением помола резко растут энергозатраты, или на 58% меньше, чем у молотковых дробилок при сопоставимом помоле [20].

В процессе пробных испытаний лабораторного образца конусной инерционной дробилки конструкции ПензГТУ и ООО «ФОРМАДЕЛ» подтвердилась величина энергозатрат 4,6 кВт·ч/т. Для снижения энергоёмкости измельчения зерна, повышения производительности устройства и качества продукта требуется провести дополнительные интерполяционные и оптимизационные исследования по обоснованию оптимальных значений частоты вращения конического ротора и зазора между рабочими органами.

Заключение. Проведенный анализ дробилок зерна по величине энергозатрат позволил выявить перспективность измельчителей скалывающего принципа действия по сравнению с молотковыми и бильными дробилками, работающими по принципу удара.

Дробилки скалывающего типа подразделяются: на центробежно-роторные дробилки с пальцевыми (штифтовыми) рабочими органами; вальцовый постав с рифлями; конусные инерционные дробилки с зубчатыми конусами по типу вальцового постава с внутренним контактом зубчато-рифлевых вальцов. Среди указанных видов измельчителей, в силу возможности самоочистки, наиболее перспективными являются конусные инерционные дробилки с зубчатыми конусами.

Конструктивно-кинематические параметры лабораторной конусной инерционной дробилки требуют дополнительных экспериментальных исследований.

Список источников

1. Есаулова Л. А., Харламова Е. А. Влияние размера частиц корма на эффективность роста откормочного поголовья свиней // Эффективное животноводство. 2022. № 5 (180). С. 35–37.
2. Коновалов В. В. Обоснование технических средств приготовления и выдачи кормов в свиноводстве. Пенза : ПГСХА, 2005.
3. НТП-АПК 1.10.12.001-02. Нормы технологического проектирования предприятий по хранению и обработке картофеля и плодоовощной продукции. М. : Гипронисельпром, 2002.
4. Сергеев Н. С. Центробежно-роторные измельчители фуражного зерна : дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 2008.
5. ГОСТ 14916-82. Дробилки. Термины и определения. М., 1982.
6. Курманов А. К., Камышева Н. А. К вопросу динамики ударного измельчения // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. 2019. № 1. С. 119–124.
7. Шумский А. А. Повышение долговечности измельчителей зерновых материалов роторного типа : дис. ... канд. техн. наук. Ставрополь, 2019.
8. Коношин И. В. Совершенствование процесса измельчения и обоснование конструктивно-режимных параметров молотковой дробилки с решетом спиралевидной формы : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2004.
9. Сысуев В. А., Алешкин А. В., Савиных П. А. Кормоприготовительные машины. Теория, разработка, эксперимент. В 2 т. Киров : Зональный НИИСХ Северо-Востока. 2008. Т. 1.
10. Булатов С. Ю., Нечаев В. Н., Миронов К. Е. Исследование взаимодействия зерна с лопастями ротора дробилки закрытого типа // Вестник НГИЭИ. 2017. № 8 (75). С. 26–34.
11. Миронов К. Е., Оболенский Н. В., Гоева В. В., Гришин Н. Е. Разработка и исследование рабочего процесса измельчения зерна дробилки ударно-отражательного действия // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14, № 1. С. 100–106.
12. Колобов, М. Ю. Энергосберегающая технология и технические средства центробежного действия для обработки дисперсных материалов сельскохозяйственного назначения : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Рязань, 2010.
13. Вендин С. В., Саенко Ю. В. К расчёту конструктивных параметров ножей для измельчения пророщенного зерна // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2018. № 1. С. 16–32.
14. Кобылкин Д. С. Исследование процесса измельчения зерна при изменении давления воздуха в рабочей камере дробилки ударно-истирающего действия : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2009.

15. Кишкилёв С. В., Попов В. П., Антимонов С. В., Ганин Е. В., Зинюхин Г. Б. Разработка дробилки для измельчения охлаждённого сырья при производстве кормов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 169–172.
16. Волхонов М. С., Абалихин А. М., Крупин А. В. Анализ эффективности работы нового измельчителя фуражного зерна // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. №3 (60). С. 124–131. DOI 10.24411/2078-1318-2020-13124.
17. Солнцев Р. В. Центробежный измельчитель зерна // Вестник Алтайского ГАУ. 2010. №4 (66). С. 76–80.
18. Шагдыров И. Б. Технология и параметры многоступенчатых измельчителей фуражного зерна с внутренней сепарацией : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Новосибирск, 2013.
19. Нанка О. В. Способы механического воздействия при измельчении фуражного зерна и их энергетическая оценка // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1 (1). С. 204–209.
20. Лебедев А. Т., Искендеров Р. Р., Шумский А. С., Жевора Ю. И. Сравнительная оценка затрат при измельчении зерновых материалов // Наука в центральной России. 2019. № 1. С. 50–55.
21. Исупов А. Ю., Иванов И. И., Плотникова Ю. А., Сухопаров А. И. Исследование показателей работы роторно-центробежного измельчителя // Агротехнология. 2021. №3(108). С. 90–99.
22. Иванов Ю. А., Сыроватка В. И., Сергеев Н. С., Запелалов М. В. Центробежно-роторное измельчение фуражного зерна и рапса // Техника и оборудование для села. 2009. №2. С. 20–21.
23. Сабиев У. К., Сергеев Н. С. Универсальный измельчитель для сельскохозяйственного производства // Вестник Омского ГАУ. 2019. № 4 (36). С.168–174.
24. Щербаков Д. А. Устройство для приготовления концентрированных кормов // Young Science. 2014. Т. 1, № 4. С. 53–55.
25. Сабиев У. К., Садов В. В. Показатели эффективности измельчителей фуражного зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (200). С. 93–99.
26. Шило И. Н., Савиных В. Н., Воробьев Н. А., Гуд А. В. Определение пропускной способности дробилки с рифленной рабочей поверхностью вальцов // Агропанорама. 2011. № 3 (85). С. 2–5.
27. Абрамов, А. А. Обоснование параметров и режимов работы измельчителя зерна скалывающего типа : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 2006.
28. Пат. 2476269 РФ. С1. Конусная инерционная дробилка / Лебедев А. Т., Павлюк Р. В., Макаренко Д. И., Лебедев П. А., Магомедов Р. А., Каа А. В., Марьин Н. А. заявл. 28.10.2011 ; опубл. 27.02.2013. № 2011143842/13.
29. Пат. 2536623 РФ. С1. Измельчитель фуражного зерна / Коновалов В. В., Чириков А. П., Терюшков В. П., Чупшев А. В., Терехин М. А. заявл. 31.05.2013 ; опубл. 27.12.2014. № 2013125410/13.
30. Коновалов В. В., Чупшев А. В., Терюшков В. П., Чириков А. П., Родионов Ю. В. Исследование устройства измельчения сыпучих материалов скалывающего типа // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. № 2 (30). С. 57–63.
31. Пат. 66979 РФ. МПК В02С 18/08. Измельчитель фуражного зерна / Анисимов В. А., Перетягин Е. Н. заявл. 26.04.2007 ; опубл. 10.10.2007. № 2007115984/22, Бюл. № 28.
32. Перетягин Е. Н., Анисимов В. А. Обоснование параметров измельчителя зерна режущего типа // Пермский аграрный вестник. 2018. №2 (22). С. 9–15.
33. Дашков В. Н., Воробьев Н. А., Дрозд С. А. Анализ энерго- и ресурсоемкости оборудования для измельчения зерна // НИРС 2011 : Сборник научных работ студентов Республики Беларусь. Минск : БГАТУ, 2011. С. 73–77.

References

1. Esaulova, L. A. & Kharlamova, E. A. (2022). The effect of feed particle size on the growth efficiency of fattening pigs. *Effektivnoe zhivotnovodstvo (Efficient animal husbandry)*, 5 (180), 35–37 (in Russ.).
2. Konovalov, V. V. (2005). *Justification of technical means of preparation and distribution of feed in pig breeding*. Penza : PGSHA (in Russ.).
3. *Norms of technological design of enterprises for the storage and processing of potatoes and fruit and vegetable products* (2002). Moscow : Giproniselprom (in Russ.).
4. Sergeev, N. S. Centrifugal rotary feed grain grinders. *Doctor's thesis*. Chelyabinsk, 2008 (in Russ.).
5. *Crushers. Terms and definitions* (1982). Moscow (in Russ.).
6. Kurmanov, A. K. & Kamysheva, N. A. (2019). On the dynamics of impact grinding. *Vestnik Vostochno-Kazahstanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. D. Serikbaeva (Vestnik of D. Serikbaev EKTU)*, 1, 119–124 (in Russ.).
7. Shumsky, A. A. (2019). Increasing the durability of grain shredders of rotary type. *Candidate's thesis*. Stavropol (in Russ.).

8. Konoshin, I. V. (2004). Improvement of the grinding process and justification of design-mode parameters of a hammer crusher with a spiralshaped sieve. *Extended abstract of candidate's thesis*. Voronezh (in Russ.).
9. Sysuev, V. A., Aleshkin, A. V. & Savinykh, P. A. (2008). *Feed preparation machines. Theory, development, experiment*. In 2 v. Kirov : Zonal Research Institute of the North-East. Vol. 1 (in Russ.).
10. Bulatov, S. Yu., Nechaev, V. N. & Mironov, K. E. (2017). Investigation of grain interaction with rotor blades of a closedtype crusher. *Vestnik NGIEI (Bulletin NGIEI)*, 8 (75), 26–34 (in Russ.).
11. Mironov, K. E., Obolensky, N. V., Goeva, V. V. & Grishin, N. E. (2019). Development and research of the working process of grain crushing of impact-reflective crusher. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Vestnik of Kazan State Agrarian University)*, 14, 1, 100–106 (in Russ.).
12. Kolobov, M. Yu. (2010). Energysaving technology and technical means of centrifugal action for processing dispersed materials for agricultural purposes. *Extended abstract of doctor's thesis*. Ryazan (in Russ.).
13. Vendin, S. V. & Saenko, Yu. V. (2018). To the calculation of design parameters of knives for grinding sprouted grain. *Innovacii v APK: problemy i perspektivy (Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives)*, 1, 16–32 (in Russ.).
14. Kobylkin, D. S. (2009). Investigation of the grain grinding process when the air pressure changes in the working chamber of the impactabrasion crusher. *Extended abstract of candidate's thesis*. Orenburg (in Russ.).
15. Kishkilev, S. V., Popov, V. P., Antimonov, S. V., Ganin, E. V. & Zinyukhin, G. B. (2018). Development of a crusher for grinding chilled raw materials in the production of feed. *Izvestiia Orenburgskogo GAU (Izvestia Orenburg SAU)*, 4 (72), 169–172 (in Russ.).
16. Volkonov, M. S., Abalikhin, A. M. & Krupin, A. V. (2020). Analysis of the efficiency of the new shredder of coarse grain. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University)*, 3 (60), 124–131. DOI 10.24411/2078-1318-2020-13124 (in Russ.).
17. Solntsev, R. V. (2010). Centrifugal grain shredder. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of Altai State Agrarian University)*, 4 (66), 76–80 (in Russ.).
18. Shagdyrov, I. B. (2013). Technology and parameters of multistage feed grain grinders with internal separation. *Extended abstract of doctor's thesis*. Novosibirsk (in Russ.).
19. Nanka, O. V. (2014). Methods of mechanical action during milling of feed grain and their energy assessment. *Agrotehnika i energoobespechenie (Agrotechnics and energy supply)*, 1 (1), 204–209 (in Russ.).
20. Lebedev, A. T., Iskenderov, R. R., Shumsky, A. S. & Zhevara, Yu. I. (2019). Comparative assessment of costs in the milling of grain materials. *Nauka v centralnoi Rossii (Science in the central Russia)*, 1, 50–55 (in Russ.).
21. Isupov, A. Yu., Ivanov, I. I., Plotnikova, Yu. A. & Sukhoparov, A. I. (2021). Investigation of the performance indicators of a rotary centrifugal shredder. *Agroekoinzheneriya (Agro eco engineering)*, 3(108), 90–99 (in Russ.).
22. Ivanov, Yu. A., Syrovatka, V. I., Sergeev, N. S. & Zapevalov, M. V. (2009). Centrifugalrotary grinding of feed grain and rapeseed. *Tekhnika i oborudovanie dlia sela (Machinery and equipment for the village)*, 2, 20–21 (in Russ.).
23. Sabiev, U. K. & Sergeev, N. S. (2019). Universal shredder for agricultural production. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of Omsk State Agrarian University)*, 4 (36), 168–174 (in Russ.).
24. Shcherbakov, D. A. (2014). Device for the preparation of concentrated feeds. *Young Science*, 1, 4, 53–55 (in Russ.).
25. Sabiev, U. K. & Sadv, V. V. (2021). Efficiency indicators of feed grain grinders. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of Altai State Agrarian University)*, 6 (200), 93–99 (in Russ.).
26. Shilo, I. N., Savinykh, V. N., Vorobyev, N. A. & Gud, A. V. (2011). Determination of the throughput capacity of a crusher with a corrugated working surface of rollers. *Agropanorama (Agropanorama)*, 3 (85), 2–5 (in Russ.).
27. Abramov, A. A. (2006). Justification of parameters and modes of operation of a grain shredder of the chipping type. *Extended abstract of candidate's thesis abstract*. Rostov-na-Donu (in Russ.).
28. Lebedev, A. T., Pavlyuk, R. V., Makarenko, D. I., Lebedev, P. A., Magomedov, R. A., Kaa, A. V. & Maryin, N. A. (2013). Cone inertia crusher. *Patent 2476269, Russian Federation, 2011143842/13 (in Russ.)*.
29. Konovalov, V. V., Chirikov, A. P., Teryushkov, V. P., Chupshev, A. V. & Terekhin, M. A. (2014). Feed grain shredder. *Patent 2536623, Russian Federation, 2013125410/13 (in Russ.)*.
30. Konovalov, V. V., Chupshev, A. V., Teryushkov, V. P., Chirikov, A. P. & Rodionov, Yu. V. (2016). Investigation of the device for grinding bulk materials of the chipping type. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoiashchego plyus (XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present plus)*, 2 (30), 57–63 (in Russ.).
31. Anisimov, V. A. & Peretyagin, E. N. (2007). Feed grain shredder. *Patent 66979, Russian Federation, 2007115984/22 (in Russ.)*.
32. Peretyagin, E. N. & Anisimov, V. A. (2018). Substantiation of parameters of a grain shredder of cutting type. *Permskii agrarnii vestnik (Perm Agrarian Journal)*, 2 (22), 9–15 (in Russ.).

33. Dashkov, V. N., Vorobyov, N. A. & Drozd, S. A. (2011). Analysis of energy and resource intensity of equipment for grain milling. NIRS 2011 '11: *Collection of scientific papers of students of the Republic of Belarus*. (pp. 73–77). Minsk : BSATU (in Russ.).

Информация об авторах:

В. Е. Чуйков – аспирант;
В. В. Коновалов – доктор технических наук, профессор;
М. В. Донцова – кандидат технических наук, доцент;
С. С. Петрова – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

V. E. Chuikov – postgraduate student;
V. V. Konovalov – Doctor of Technical Sciences, Professor;
M. V. Dontsova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
S. S. Petrova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 17.03.2023; одобрена после рецензирования 10.05.2023; принята к публикации 20.05.2023.

The article was submitted 17.03.2023; approved after reviewing 10.05.2023; accepted for publication 20.05.2023.

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 633.152.47

doi: 10.55471/19973225_2023_8_3_56

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСКОВОГО СОШНИКА
С КАНАВКАМИ В ВИДЕ ЭПИЦИКЛОИДЫ ПО КОНТУРУ**

Владислав Александрович Сипунов^{1✉}, Василий Викторович Шумаев², Елена Васильевна Фудина³

^{1, 2, 3}Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия

¹derton.bad@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0009-4271-1752>

²shumaev.v.v@pgau.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6912-084X>

³fudina.e.v.@pgau.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5372-4764>

Цель исследований – повышение качества посева зерновых культур разработкой и применением сошника пневматической сеялки, позволяющего повысить равномерность распределения семян по глубине посева. Известные конструкции лаповых, однодисковых и двухдисковых сошников имеют существенные тяговые характеристики, однако не могут обеспечить подходящее копирование рельефа поля, образуя обширную борозду, которую нелегко заделать. Всё вышеперечисленное сказывается отрицательно на равномерности распределения семян зерновых и зернобобовых культур как по длине рядка, так и по глубине заделки. Установлено, что многообещающим направлением повышения показателей работы посевной машины или агрегата является оснащение зерновых сеялок дисковыми сошниками, по контуру которых имеются канавки в виде эпициклоиды. В статье представлена конструкция дискового сошника, разработанного на кафедре механизации технологических процессов в АПК Пензенского ГАУ, имеющая новизну, подтвержденную экспертизой, в связи с чем принято решение о выдаче патента на полезную модель №215855. Диск сошника имеет канавки в виде эпициклоиды по контуру для качественного процесса бороздообразования и крошения почвы, содержащей большое количество пожнивных остатков и почвенных элементов крупных фракций. Получено графическое изображение, по которому установлено, что целесообразно выбирать диск сошника с радиусом 225-250 мм – при этом возможно работать с почвенными элементами до 30-32 мм, но в случае появления на поверхности поля более крупных почвенных элементов они будут разрушаться благодаря наличию канавок по контуру, выполненных в виде эпициклоиды.

Ключевые слова: зерновая сеялка, теоретические исследования, дисковый сошник, глубина посева, распределения семян, почва.

Для цитирования: Сипунов В. А., Шумаев В. В., Фудина Е. В. Теоретические исследования дискового сошника с канавками в виде эпициклоиды по контуру // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 56–62. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_56

TECHNOLOGY, MEANS OF MECHANIZATION AND POWER EQUIPMENT
IN AGRICULTURE

Original article

**THEORETICAL STUDIES OF A DISC COULTER WITH GROOVES IN THE FORM
OF AN EPICYCLOID ALONG THE CONTOUR**

Vladislav A. Sipunov^{1✉}, Vasily V. Shumaev², Elena V. Fudina³

^{1, 2, 3}Penza State Agrarian University, Penza, Russia

¹derton.bad@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0009-4271-1752>

²shumaev.v.v@pgau.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6912-084X>

³inter@pgau.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5372-4764>

The purpose of the research is to improve the quality of sowing grain crops by developing and using a pneumatic seeder coulter, which allows to increase the uniformity of seed distribution over the sowing depth. The well-known designs of foot, single-disc and double-disc coulters have significant traction characteristics, however, they cannot provide a suitable copy of the terrain of the field, forming an extensive furrow that is not easy to close up. All of the above has a negative effect on the uniformity of the distribution of seeds of grain and leguminous crops both along the length of the row and in the depth of the embedding. It has been established that a promising direction for improving the performance of a sowing machine or unit is to equip grain seeders with disc coulters, along the contour of which there are grooves in the form of an epicycloid. The article presents the design of a disc coulter developed at the Department of Mechanization of Technological Processes in the Agro-Industrial Complex of the Penza State Agrarian University, which has a novelty confirmed by an expert examination, in connection with which a decision was made to grant a patent for utility model №215855. The coulter disc has grooves in the form of an epicycloid along the contour for a qualitative process of furrowing and crumbling of soil containing a large number of crop residues and soil elements of large fractions. A graphic image was obtained, according to which it was found that it is advisable to choose a coulter disc with a radius of 225-250 mm – at the same time it is possible to work with soil elements up to 30-32 mm, but if larger soil elements appear on the surface of the field, they will collapse due to the presence of grooves along the contour made in the form of an epicycloid.

Keywords: grain seeder, theoretical studies, disc coulter, sowing depth, seed distribution, soil.

For citation: Sipunov, V. A., Shumaev, V. V. & Fudina, E. V. (2023). Theoretical studies of a disc coulter with grooves in the form of an epicycloid along the contour. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 56–62 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_56

Обеспечение лучшей урожайности зерновых и зернобобовых культур во многом зависит от качества своевременно выполненных посевных работ. Для создания благоприятных условий семенам при посеве необходимо обеспечить их равномерное распределение по глубине заделки и площади. В настоящее время на современных пневматических зерновых сеялках используются лаповые, однодисковые или двухдисковые сошники для заделки семян. Однодисковые и двухдисковые сошники имеют существенные тяговые характеристики, однако не могут обеспечить подходящее копирование рельефа поля, образуя обширную борозду, которую нелегко заделать. Всё вышеперечисленное сказывается отрицательно на равномерности распределения семян зерновых и зернобобовых культур как по длине рядка, так и по глубине заделки. Установлено, что наиболее многообещающим направлением повышения подходящих показателей работы посевной машины или агрегата является оснащение зерновых сеялок дисковыми сошниками, по контуру которых имеются канавки в виде эпициклоиды [1].

Цель исследований – повышение качества посева зерновых культур разработкой и применением сошника с копирующим колесом пневматической сеялки, позволяющего повысить равномерность распределения семян по глубине посева.

Задачи исследований – обосновать и разработать конструктивно-технологическую схему и конструкцию сошника пневматической сеялки, для посева семян зерновых культур с учетом их физико-механических свойств; выполнить теоретические исследования технологического процесса посева семян зерновых культур экспериментальным сошником.

Материал и методы исследований. Теоретические методы исследования основывались на принципах классической механики, математического анализа, моделирования и математической статистики, теории почвенных элементов, рабочих процессов посевных и посадочных машин и др. По результатам аналитического обзора современных конструкций сошников и на основе литературных источников определили, что для укладки и заделки семян зерновых культур и гранул минеральных удобрений при их внесении, для качественного посева в наибольшей степени подходят дисковые сошники, по контуру которых имеются канавки в виде эпициклоиды. Однако они имеют ряд недостатков, к которым относятся: низкое качество измельчения глыбистой почвы и низкая равномерность распределения семян по глубине посева на полях с большим количеством пожнивных остатков, что приводит к снижению урожайности. Всё это снижает качество посева, что приводит к снижению урожайности культуры и повышению себестоимости продукции. Для улучшения оценочных показателей качества укладки и заделки семян зерновых культур при их внесении дисковыми

сошниками, по контуру которых имеются канавки в виде эпициклоиды, необходимо учесть недостатки [2].

На кафедре механизации технологических процессов в АПК Пензенского ГАУ изготовлен дисковый сошник (Патент №215855 РФ. Дисковый сошник. Шумаев В. В., Сипунов В. А.) (рис. 1), содержащий кронштейн 5, на оси которого расположен плоский диск 1, по контуру которого имеются канавки в форме эпициклоиды 6. Ниже оси кронштейна 5 установлен клапан 2 и накладка 3, выше оси – обтекатель 4.

Дисковый сошник работает следующим образом. При перемещении дискового сошника плоский диск 1 с канавками по контуру в форме эпициклоиды 6 разрушает крупные почвенные элементы, разрезает пожнивные и корневые остатки растений и сорняков, одновременно раздвигая их в стороны, образуя бороздку на заданной глубине. У дискового сошника предусмотрена накладка 3, которая плотно прилегает к плоскому диску 1 и служит для очистки прилипшей почвы, пожнивных и корневых остатков. Семена из высевающего аппарата, поступающие по семяпроводу сеялки, через обтекатель 4 попадают на клапан 2 и скатываются на дно бороздки. После перемещения плоского диска 1 стенки бороздок осыпаются и закрывают высеянные семена. Так как данный сошник применен впервые, то в задачу теоретических исследований входит определение необходимых конструктивных параметров [3, 4].

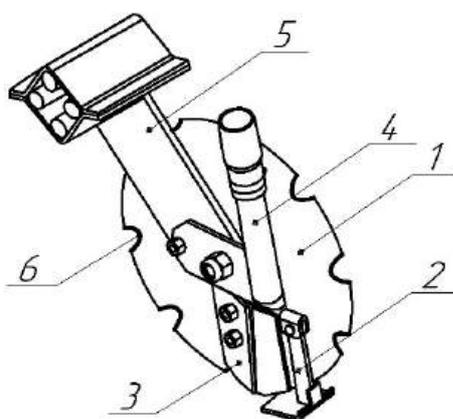


Рис. 1. Дисковый сошник:

1 – плоский диск; 2 – клапан; 3 – накладка; 4 – обтекатель; 5 – кронштейн; 6 – канавки по контуру в форме эпициклоиды

Результаты исследований. Диск сошника имеет канавки в виде эпициклоиды. В процессе взаимодействия с почвой диск должен разрушать крупные почвенные элементы, разрезать пожнивные и корневые остатки растений, одновременно раздвигая их в стороны, образуя бороздку заданной глубины [5].

При встрече с крупными почвенными элементами диск сошника должен перекатываться через них и не образовывать впереди себя свала. При перекатывании через почвенный элемент давление диска сошника концентрируется на линии контакта, и почвенный элемент разрушается или вдавливается в почву без образования свала [6, 7, 8]. Характер взаимодействия диска сошника с почвой зависит от его диаметра и размеров почвенных элементов (например, перед тяжелым катком небольшого диаметра образуется высокий почвенный валик, в результате чего почвенные элементы перемещаются вперед) [9, 10].

Если диск сошника встречает расположенный на поверхности поля достаточно крупный почвенный элемент (рис. 2), то от действия силы давления P диска сошника возбуждаются сила трения F_2 между диском сошника и почвенным элементом и сила трения F_1 между почвенным элементом и поверхностью почвы. Защемление почвенного элемента между диском сошника и поверхностью поля происходит при условии:

$$P_2 \leq F_1 + F_2 \cos \delta. \quad (1)$$

Однако

$$P_2 = P \sin \delta, \quad (2)$$

$$F_2 = P \operatorname{tg} \varphi_2, \quad (3)$$

$$F_1 = N \operatorname{tg} \varphi_1, \quad (4)$$

где φ_1 – угол трения почвы о почву; φ_2 – угол трения почвы о диск сошника.

$$N = PB + F_2 \sin \delta = P \cos \delta + P \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \delta. \quad (5)$$

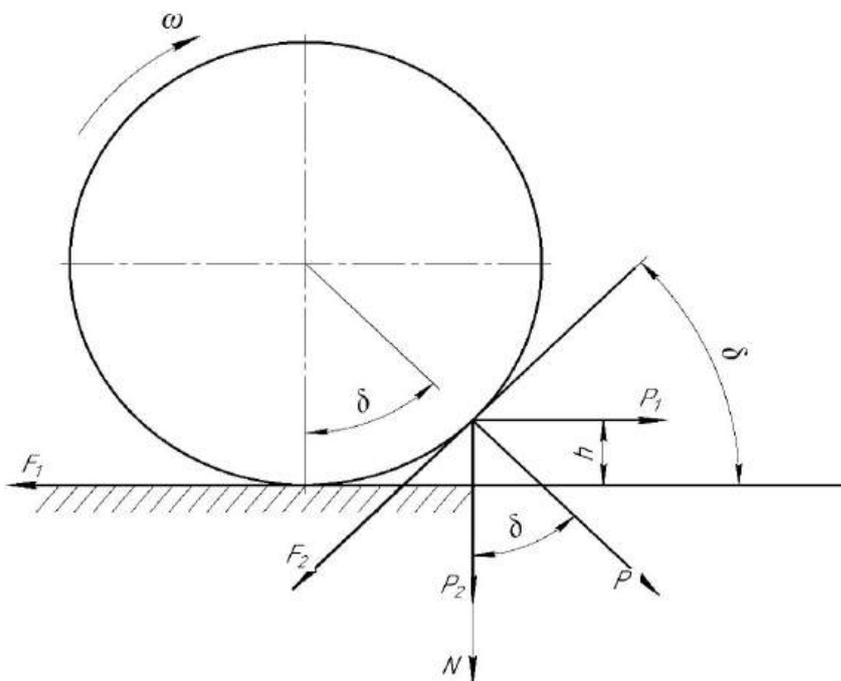


Рис. 2. Схема сил при взаимодействии дискового сошника с комком почвы:

P – сила давления диска сошника; F_1 – сила трения между почвенным элементом и поверхностью почвы;

F_2 – сила трения между диском сошника и почвенным элементом; h – глубина борозды; ω – угловая скорость диска сошника; P_1 – горизонтальная составляющая силы давления диска сошника; P_2 – вертикальная составляющая силы действия диска сошника; δ – угол между вертикалью и точкой контакта диска сошника с почвенным элементом;

N – вертикальная составляющая реакции

Предельным является случай, когда почвенный элемент имеет форму шара (рис. 3) [11].

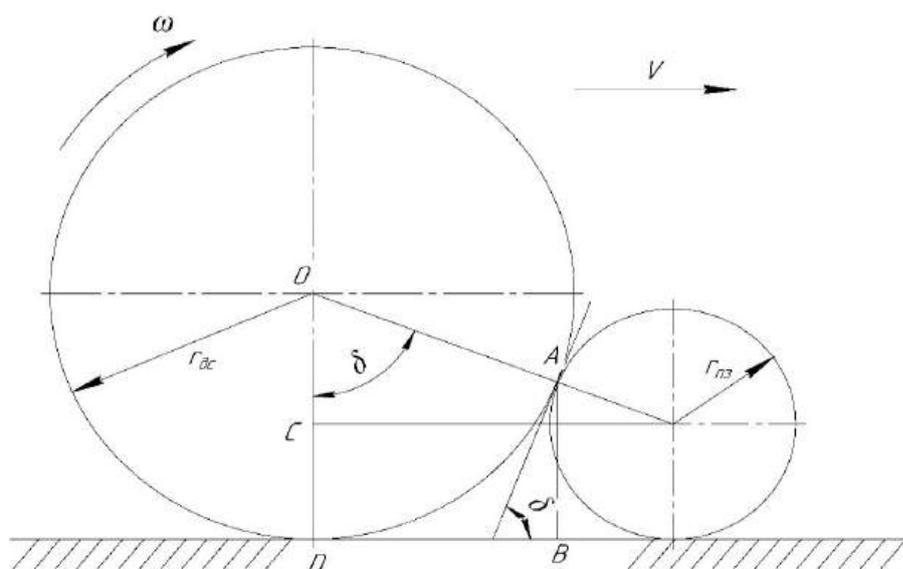


Рис. 3. Схема к определению условий перекатывания:

$r_{дс}$ – радиус диска сошника; $r_{пэ}$ – радиус почвенного элемента; v – линейная скорость перемещения дискового сошника

При этом

$$AB = r_{пэ} + r_{пэ} \cos \delta = r_{дс} - r_{дс} \cos \delta$$

или

$$r_{пэ} (1 + \cos \delta) = r_{дс} (1 - \cos \delta).$$

Решив полученное выражение относительно $r_{пэ}$, получим максимальный радиус почвенного элемента, который будет защемляться и в дальнейшем разрушаться или вдавливаться в почву диском сошника радиусом $r_{дс}$ без перемещения вперед:

$$r_{пэ \max} = r_{дс} (1 - \cos \delta) / (1 + \cos \delta) = r_{дс} \operatorname{tg}^2 (\delta / 2). \quad (6)$$

Выразив $r_{дс}$ через $r_{пэ}$, получим минимальный радиус диска сошника, обеспечивающий защемление почвенного элемента радиусом $r_{пэ}$ [11, 12]:

$$r_{дс \max} = r_{пэ} \operatorname{ctg}^2 (\delta / 2). \quad (7)$$

Для наглядного представления взаимосвязи размера диска сошника и свойств почвы построим графическое изображение (рис. 4), полагая что радиус диска сошника $r_{дс}$ должен находиться в диапазоне от 225 до 405 мм, при этом угол между вертикалью и точкой контакта диска сошника с почвенным элементом δ будет находиться в диапазоне от 20° до 40° (полагаем, что дисковый сошник изготовлен из углеродистой стали, взаимодействует со среднесуглинистой почвой с влажностью от 10 до 20%, при этом $\delta \leq \varphi_1 + \varphi_2$, где угол φ_1 находится в диапазоне от 14° до 42° , а φ_2 находится в диапазоне от 17° до 22°). Представленные значения подставим в формулу (6). Результаты обрабатывали, используя программу Mathcad 14.0.

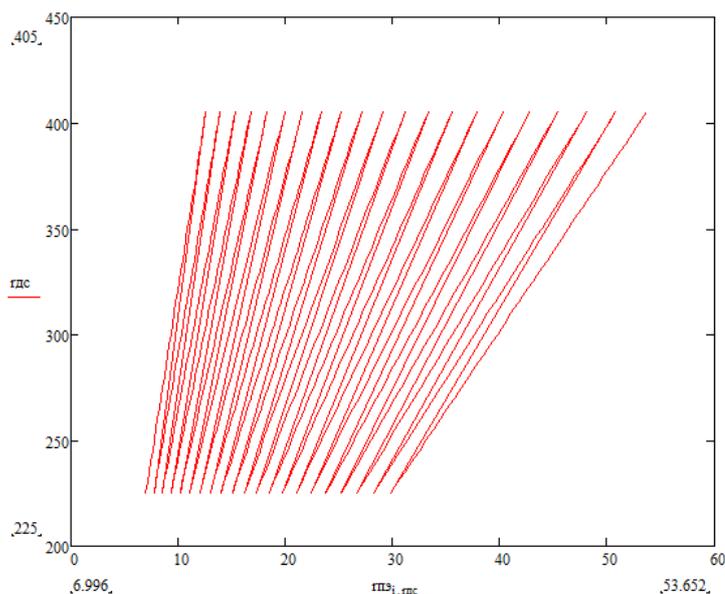


Рис. 4. График зависимости радиуса диска сошника ($r_{дс}$) от радиуса почвенного элемента ($r_{пэ}$)

Из графика зависимости видно, что при минимальном радиусе диска сошника 225 мм возможно защементировать почвенный элемент радиусом до 30 мм без образования свала перед сошником. Более крупные фракции почвенных элементов будут незначительно перемещаться вперед до момента западания в канавку диска сошника, выполненного в виде эпициклоиды (в результате чего происходит защемление почвенного элемента, его разрушение или перекачивание через него). При выборе диска сошника максимального радиуса 405 мм возможно работать на почвах, где присутствуют почвенные элементы радиусом до 53,6 мм (необходимо отметить, что в соответствии с агротехническими требованиями почвенные элементы данного размера должны отсутствовать).

Заключение. Получены аналитические зависимости, позволяющие определить радиус почвенного элемента при определённом диаметре диска сошника. Установлено, что целесообразно

выбрать диск сошника с радиусом 225-250 мм для работы с почвенными элементами до 30-32 мм, в случае появления на поверхности поля более крупных почвенных элементов они будут разрушаться благодаря наличию канавок по контуру, выполненных в виде эпициклоиды. Диск сошника обеспечивает наилучшее разрезание пожнивных остатков, крошение глыбистой почвы, что способствует повышению равномерности распределения семян по глубине посева и, как следствие, увеличению урожайности зерновых культур.

Список источников

1. Ларюшин Н. П., Мачнев А. В., Шумаев В. В. и др. Посевные машины. Теория, конструкция, расчёт. М. : Росинформагротех, 2010. 292 с.
2. Zubarev A., Larushin N., Kukharev O. Innovative working bodies of openers for seeding grain crops // SCIENTIFIC PAPERS. SERIES A. AGRONOMY. 2020. Т. 63, № 1. С. 148–152.
3. Пат. 215855 Российская Федерация. МПК А01С 7/00. Диск сошник / Шумаев В. В., Сипунов В. А. № 2022126983. заявл. 17.10.2022 ; опубл. 29.12.2022, Бюл. № 1. 6 с.
4. Сипунов В. А., Шумаев В. В. Исследование конструктивных схем сошников зерновых сеялок. Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы : сборник статей. Пенза : РИО ПГАУ, 2021. С. 107–110.
5. Kukharev O. N., Semov I. N., Rylyakin E. G. The technical solution for a laminated coating on a rounded surfaces // Contemporary Engineering Sciences. 2015. Vol. 8, № 9, P. 481–484.
6. Ларюшин Н. П., Мачнев А. В., Шумаев В. В. Теоретические исследования сошника с бороздообразующим рабочим органом // Нива Поволжья. 2010. № 1. С. 58–61.
7. Kuczewski I. Soil parameters for predicting the draught of model plough bodies // J. agr. Egr. Res. 1981. № 3. P. 193–201.
8. Летошнев М. Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытания. М. : Сельхозгиз, 1955. 788 с.
9. Емельянов П. А., Сибирев А. В., Аксенов А. Г. Сошник посадочной машины // Сельский механизатор. 2015. № 4. С. 11.
10. Gumarov G. S., Konovalov V. V., Mendalieva S. I., Rakhimov A. A., Jaschin A. V. Mathematical modeling to determine a radius for a watering-place used by flocks of sheep in distant arid grazinglands // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Russian Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness. Stavropol, 2019. Vol. 488. P. 12–19.
11. Бутенин Н. В., Лунц Я. Л., Меркин Д. Р. Курс теоретической механики : учебное пособие. В 2 т. Т. 1. Статика и кинематика. Т. 2. Динамика. – СПб. : Лань, 2009. Т. 1. 272 с. Т. 2. 544 с.
12. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. М. : Машиностроение, 2006. Т. 1. 928 с.

References

1. Laryushin, N. P., Machnev, A. V. & Shumaev, V. V. et al. (2010). *Sowing machines. Theory, design, calculation*. Moscow : Rosinformagrotech (in Russ.).
2. Zubarev, A., Larushin, N. & Kukharev, O. (2020). Innovative working bodies of openers for seeding grain crops. *SCIENTIFIC PAPERS. SERIES A. AGRONOMY*, 63, 1, 148–152.
3. Shumaev, V. V. & Sipunov, V. A. (2022). Disc coulter. *Patent 215855, Russian Federation*. №2022126983 (in Russ.).
4. Sipunov, V. A. & Shumaev, V. V. (2021). Research of design schemes of coulters of grain seeders. *Agro-industrial complex: state, problems, prospects '21: collection of articles*. (pp. 107–110). Penza : PC PSAU (in Russ.).
5. Kukharev, O. N., Semov, I. N. & Rylyakin, E. G. (2015). The technical solution for a laminated coating on a rounded surfaces. *Contemporary Engineering Sciences*, 8, 9, 481–484.
6. Laryushin, N. P., Machnev, A. V. & Shumaev, V. V. (2010). Theoretical studies of a coulter with a furrow-shaped working body. *Niva Povolzh'ia (Niva Povolzhya)*, 1, 58–61 (in Russ.).
7. Kuczewski, I. (1981). Soil parameters for predicting the draught of model plough bodies. *J. agr. Egr. Res.*, 3, 193–201.
8. Letoshnev, M. N. (1955). *Agricultural machines. Theory, calculation, design and testing*. Moscow : Selkhozgiz (in Russ.).
9. Emelyanov, P. A., Sibirev, A. V. & Aksenov, A. G. (2015). A coulter of a planting machine. *Selskiy mekhanizator (Selskiy Mechanizator)*, 4, 11 (in Russ.).
10. Gumarov, G. S., Konovalov, V. V., Mendalieva, S. I., Rakhimov, A. A. & Jaschin, A. V. (2019). Mathematical modeling to determine a radius for a watering-place used by flocks of sheep in distant arid grazinglands. *IOP*

Conference Series: Earth and Environmental Science. Russian Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness '19. (pp. 12–19). Stavropol.

11. Butenin, N. V., Lunts, Ya. L. & Merkin, D. R. (2009). Course of theoretical mechanics: textbook. In 2 Vol. St. Petersburg : Lan'. Vol. 1. 272 p. Vol. 2. 544 p. (in Russ.).

12. Anuryev, V. I. (2006). Handbook of a machine-building designer. Moscow : Mechanical engineering. Vol. 1. 928 p.

Информация об авторах:

В. А. Сипунов – аспирант;

В. В. Шумаев – кандидат технических наук, доцент;

Е. В. Фудина – кандидат экономических наук, доцент.

Information about the authors:

V. A. Sipunov – postgraduate student;

V. V. Shumaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

E. V. Fudina – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 11.03.2023; одобрена после рецензирования 11.05.2023; принята к публикации 20.05.2023.

The article was submitted 11.03.2023; approved after reviewing 11.05.2023; accepted for publication 20.05.2023.

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 621.436

doi: 10.55471/19973225_2023_8_3_63

**РАБОТА ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ НА БИОНЕФТЯНОМ ТОПЛИВЕ
В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА**

Александр Петрович Уханов^{1✉}, Евгений Алексеевич Сидоров², Лилия Ильдаровна Сидорова³

¹Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия

^{2, 3}Ульяновский государственный аграрный университет, Ульяновск, Россия

¹dispgau@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0006-2210-5294>

²sidorovevgeniy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6470-941X>

³lis.ulgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8693-6090>

Цель исследований – выполнить экспериментальную оценку технико-экономических и экологических показателей атмосферного тракторного дизеля Д-243 при его работе в безнагрузочном режиме самостоятельного холостого хода на дизельном смесевом бионефтяном топливе, растительным компонентом которого является редечное масло. В процессе эксплуатации двигатель автотракторной техники до 35% сменного времени работает в безнагрузочном режиме самостоятельного холостого хода. Из-за малых цикловых подач топлива у дизеля наблюдается ухудшенное протекание рабочего процесса, что негативно сказывается на его технико-экономических и экологических показателях. В условиях перехода работы тракторной техники с традиционных видов моторного топлива на возобновляемые источники энергии возникает необходимость проведения экспериментальных исследований дизелей при их работе на альтернативных видах топлива. Одним из видов альтернативного моторного топлива является дизельное смесевое бионефтяное топливо, в котором редечное масло выполняет одновременно функции растительного компонента и биологической добавки. Техничко-экономические и экологические показатели двигателя оценивались на примере тракторного атмосферного дизеля Д-243 в условиях стендовых испытаний на тормозной установке. По сравнению с работой двигателя на товарном нефтяном дизельном топливе установлено улучшение экологических показателей при некотором ухудшении топливно-экономических показателей дизеля. В частности, наилучшие экологические показатели получены при работе дизеля на дизельном смесевом бионефтяном топливе с соотношением растительного и нефтяного компонентов – 50% редечное масло : 50% дизельное топливо. Обработка дизельного смесевого бионефтяного топлива ультразвуком позволяет улучшить технико-экономические и экологические показатели дизеля по сравнению с необработанным ультразвуком дизельным смесевым бионефтяным топливом.

Ключевые слова: дизель, режим самостоятельного холостого хода, редечное масло, нефтяное дизельное топливо, дизельное смесевое бионефтяное топливо, показатели.

Для цитирования: Уханов А. П., Сидоров Е. А., Сидорова Л. И. Работа тракторного дизеля на бионефтяном топливе в режиме холостого хода // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 63–69. doi: 10.55471/19973225_2023_8_3_63

Original article

OPERATION OF TRACTOR DIESEL POWERED BY BIO-OIL FUEL IN IDLE MODE

Alexander P. Ukhanov^{1✉}, Evgeniy A. Sidorov², Lilia I. Sidorova³

¹Penza State Agrarian University, Penza, Russia

^{2, 3}Ulyanovsk State Agrarian University, Ulyanovsk, Russia

¹dispgau@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0006-2210-5294>

²sidorovevgeniy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6470-941X>

³lis.ulgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8693-6090>

The purpose of the research is to carry out an experimental assessment of the technical, economic and ecological indicators of the atmospheric tractor diesel D-243 when it operates in a non-loading mode of self-idling on diesel mixed bio-oil fuel, the vegetable component of which is sunflower oil. During operation, the motor of tractor equipment operates up to 35% of the shift time in the non-loading mode of independent idling. Due to the small cyclic fuel supply, the diesel engine has a deteriorated workflow, which negatively affects its technical, economic and environmental indicators. In the conditions of the transition of tractor equipment from traditional types of motor fuel to renewable energy sources, it becomes necessary to conduct experimental studies of diesels when they work on alternative fuels. One of the types of alternative motor fuel is diesel mixed bio-oil fuel, in which sunflower oil simultaneously performs the functions of a vegetable component and a biological additive. The technical, economic and environmental performance of the engine was evaluated on the example of the tractor atmospheric diesel D-243 in the conditions of bench tests on the brake system. In comparison with the operation of the engine on commercial petroleum diesel fuel, an improvement in environmental indicators was found with a slight deterioration in the fuel and economic indicators of diesel. In particular, the best environmental indicators were obtained when the diesel engine was running on diesel mixed bio-oil fuel with a ratio of vegetable and petroleum components – 50% sunflower oil : 50% diesel fuel. Treatment of diesel mixed bio-oil fuel with ultrasound makes it possible to improve the technical, economic and environmental performance of diesel compared with raw ultrasound diesel mixed bio-oil fuel.

Keywords: diesel, self-idling mode, radish oil, petroleum diesel fuel, diesel mixed bio-oil fuel, indicators.

For citation: Ukhanov, A. P., Sidorov, E. A. & Sidorova, L. I. (2023). Operation of tractor diesel powered by bio-oil fuel in idle mode. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 63–69. (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_63

В последние десятилетия наблюдается существенный рост внимания к развитию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Наибольшие достижения в развитии ВИЭ отмечаются в электроэнергетике, что обусловлено использованием уже зарекомендовавшей себя гидроэнергетики, развитием ветроэнергетики, а также большим прогрессом в использовании солнечной энергии. Однако, по данным международного энергетического агентства (МЭА) электроэнергия составляет около 20% от потребляемой энергии в мире. Достаточно существенная доля потребляемой энергии приходится на транспортные средства, что повышает значение исследований в области перехода транспорта с традиционных видов нефтяного (дизтопливо, бензин, керосин) и газового (сжиженный и сжатый газ) топлива на ВИЭ.

По данным МЭА в общем объеме ВИЭ, применяемых в настоящее время на транспорте, большую долю (до 93%) обеспечивает биотопливо. МЭА прогнозирует, что до 2024 года произойдет увеличение на 24% (на 0,9 ЭДж) производства биотоплива, используемого на транспорте [1].

Большая доля производимого сейчас биотоплива основана на использовании гидроочищенного растительного масла (HVO), производство которого по оценкам экспертов МЭА к 2024 году увеличится вдвое, по сравнению с существующими объемами производства, и составит 13 млрд литров. В качестве сырья для HVO, как правило, служат отработанные жиры, масла и смазки (FOG) [1]. Однако, необходимо отметить, что запасы данного сырья ограничены, что обуславливает растущий интерес к развитию новых технологий производства биотоплива на основе более дешевого и доступного сырья.

Альтернативой традиционному моторному топливу, применяемому в современных дизельных двигателях внутреннего сгорания, в настоящее время является дизельное смесевое бионефтяное топливо (ДСБНТ), получаемое путём смешивания в различных пропорциях растительного масла (РМ) и товарного нефтяного дизельного топлива (ДТ) [2-8]. В исследовательских и образовательных центрах России и ведущих странах мира ведутся исследования ресурсной базы, обладающей потенциальными возможностями для использования в ДСБНТ таких растительных масел, которые бы обладали не только функциями биокомпонента, но и функциями биодобавки. К такому растительному компоненту ДСБНТ относится редечное масло [2].

В условиях перехода работы тракторной техники с традиционных видов моторного топлива на ВИЭ возникает необходимость проведения экспериментальных исследований дизелей при их работе на альтернативных видах топлива. Одним из видов альтернативного моторного топлива является дизельное смесевое бионефтяное топливо (ДСБНТ), в котором редечное масло выполняет одновременно функции растительного компонента и биологической добавки.

Экспериментальными исследованиями установлено, что в процессе эксплуатации автотракторной техники продолжительность работы дизеля в безнагрузочном режиме самостоятельного холостого хода (БРСХХ) может достигать 1/3 от общего времени работы, а из-за малых цикловых порций топлива у дизеля наблюдается ухудшение протекания рабочего процесса, что негативно сказывается на его технико-экономических и экологических показателях [9].

Цель исследований – выполнить экспериментальную оценку технико-экономических и экологических показателей атмосферного тракторного дизеля Д-243 при его работе в безнагрузочном режиме самостоятельного холостого хода на дизельном смесевом бионефтяном топливе, растительным компонентом которого является редечное масло.

Задачи исследований – определить показатели рабочего процесса и топливной экономичности дизеля Д-243 при его работе в безнагрузочном режиме самостоятельного холостого хода на дизельном смесевом бионефтяном топливе, растительным компонентом которого является редечное масло; определить влияние состава дизельного смесевого бионефтяного топлива на экологические показатели работы дизеля; оценить влияние обработки ультразвуком дизельного смесевого бионефтяного топлива, содержащего редечное масло, на технико-экономические и экологические показатели.

Материал и методы исследований. Для оценки технико-экономических и экологических показателей были выполнены сравнительные экспериментальные исследования дизеля Д-243 при его работе в БРСХХ на ДСБНТ и нефтяном ДТ. Исследования дизеля проводились на обкаточно-тормозном стенде при работе двигателя на ДСБНТ с содержанием в нём редечного масла 25, 50, 75 и 90%. Для работы дизеля на ДСБНТ он был оснащён двухтопливной системой питания [10, 11].

В процессе исследований проводилась также оценка влияния на показатели дизеля ультразвуковой (УЗ) обработки ДСБНТ. При этом оценка влияния УЗ обработки осуществлялась на ДСБНТ с содержанием 90% редечного масла, так как при работе дизеля на биотопливе данного состава происходят наиболее существенные изменения показателей дизеля по сравнению с его работой на нефтяном ДТ. Для этого ДСБНТ с содержанием 90% редечного масла было подвергнуто обработке на диспергаторе УЗДН-2Т длительностью 50 минут ультразвуком частотой 44 кГц.

При проведении исследований оценивались следующие технико-экономические и экологические показатели дизеля: η_v – коэффициент наполнения, α – коэффициент избытка воздуха, P_z – максимальное давление цикла, G_m – часовой расход топлива, D – дымность отработавших газов (ОГ) и CO – содержание оксида углерода в ОГ. Перечисленные показатели оценивались при работе дизеля на минимально-устойчивой частоте вращения коленчатого вала (к.в.) $n = 800 \text{ мин}^{-1}$ (рычаг управления подачей топлива был установлен в положение минимальной подачи).

Результаты исследований. Результаты выполненных исследований (рис. 1) показали, что максимальное давление цикла при работе на всех видах топлива неизменно и равно 6,3 МПа. Изменение содержания редечного масла в ДСБНТ также не повлияло и на коэффициент наполнения, который для всех исследованных видов топлива, включая традиционное нефтяное ДТ, составил 0,87.

дальнейшем увеличении доли редечного масла происходило постепенное ухудшение данного показателя и при работе двигателя на ДСБНТ с содержанием редечного масла 90% $CO = 0,11\%$. Таким образом, наилучшее значение CO , полученное при работе двигателя на ДСБНТ с содержанием редечного масла 50%, на 42,9% лучше значений, полученных при работе на нефтяном ДТ ($CO=0,07\%$).

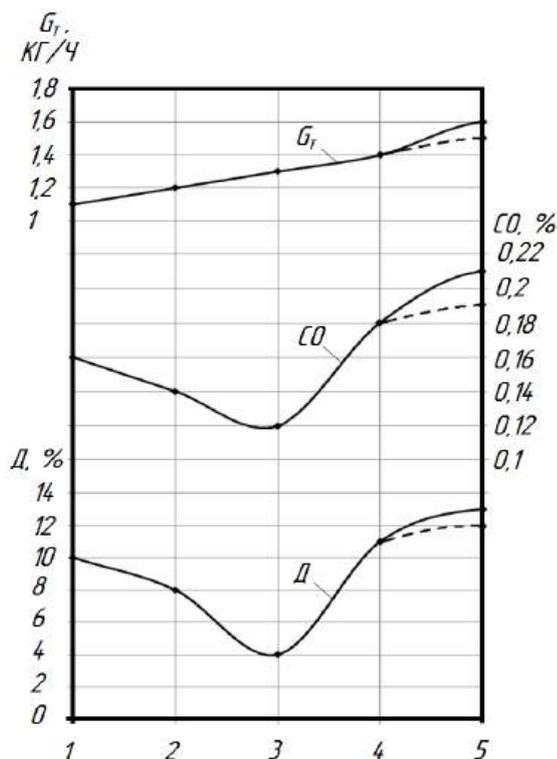


Рис. 2. Изменение топливных и экологических показателей дизеля в БРСХХ в зависимости от состава ДСБНТ:

1 – нефтяное ДТ; 2 – ДСБНТ с содержанием редечного масла 25%; 3 – ДСБНТ с содержанием редечного масла 50%; 4 – ДСБНТ с содержанием редечного масла 75%; 5 – ДСБНТ с содержанием редечного масла 90%; — — — неозвученное ДСБНТ; — — — озвученное ДСБНТ

Проводимая в процессе исследований оценка влияния ультразвуковой обработки ДСБНТ с содержанием редечного масла 90% на исследуемые показатели показала, что при работе дизеля на обработанном УЗ топливе коэффициент $\alpha = 5,085$, что на 5,2% больше, чем при работе двигателя на необработанном ультразвуком ДСБНТ с содержанием редечного масла 90% ($\alpha = 4,818$). Положительное влияние ультразвуковой обработки ДСБНТ с содержанием редечного масла 90% отмечается также и на часовой расход топлива. Так, при работе дизеля на обработанном ультразвуком ДСБНТ с содержанием редечного масла 90% расход $G_m = 1,8$ кг/ч, что на 5,3% меньше, чем на необработанном.

Экологические показатели, определяемые при проведении исследований, также показали положительную динамику влияния ультразвуковой обработки ДСБНТ с содержанием редечного масла 90%. Так, дымность ОГ обработанного УЗ ДСБНТ с содержанием редечного масла 90% уменьшилась на 10% ($D = 9\%$), а содержание оксида углерода уменьшилось на 9% ($CO=0,1\%$), по сравнению с работой на необработанном ДСБНТ.

Заключение. При работе атмосферного тракторного дизеля Д-243 на всех исследованных составах ДСБНТ происходит некоторое ухудшение показателей рабочего процесса и топливной экономичности по сравнению с работой на товарном нефтяном ДТ. Наилучшие экологические показатели наблюдаются при работе дизеля на ДСБНТ с содержанием в нём 50% редечного масла. Ультразвуковая обработка ДСБНТ, содержащего редечное масло, способствует качественному смешиванию нефтяного и растительного компонентов и разрыву межмолекулярных связей, что способствует улучшению технико-экономических и экологических показателей дизеля.

Список источников

1. IEA (2019), Renewables 2019, IEA, Paris [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2019> (дата обращения: 28.03.2023).
2. Уханов А. П., Уханов Д. А., Сидоров Е. А., Година Е. Д. Нетрадиционные биоконпоненты дизельного смешанного топлива : монография. Пенза : РИО Пензенской ГСХА, 2013. 113 с.
3. Загородских Б. П., Тохиян М. К., Кожевников А. А., Чугунов В. А. Биотопливо для дизелей на основе сафлорового масла // Нива Поволжья. 2009. № 4 (13). С. 71–74.
4. Уханов А. П., Сидоров Е. А., Сидорова Л. И. Теоретическая и экспериментальная оценка эксплуатационных показателей пахотного агрегата при работе на дизельном смешанном топливе // Научное обозрение. 2014. №1. С. 21–27.
5. Чернышева А. В., Черепанова А. Д., Колобков Б. И. Физико-химические и эксплуатационные свойства биодизельных и смешанных топлив // Наука в центральной России. 2022. № 5(59). С. 120–133.
6. Быченин А. П., Володько О. С., Ерзамаев М. П., Сазонов Д. С. Влияние олеиновой кислоты на трибологические свойства топлив для автотракторных дизелей // Известия Самарской государственной академии. 2017. № 4. С. 44–50.
7. Марков В. А., Лобода С. С., Инь М. Использование смесей нефтяного дизельного топлива и рыжикового масла в качестве моторного топлива // Транспорт на альтернативном топливе. 2017. №5 (59). С. 29–40.
8. Нагорнов С. А., Романцова С. Е., Марков В. А. Улучшение эксплуатационных свойств дизельных топлив для сельскохозяйственных машин // Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 90–92.
9. Уханов Д. А. Новая концепция работы двигателей автотракторной техники на безнагрузочных режимах // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». 2008. № 2 (27). С. 100–102.
10. Уханова Ю. В., Володько О. С., Быченин А. П., Ерзамаев М. П. Адаптация автотракторного дизеля к работе на соево-минеральном топливе // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 36–43.
11. Пат. № 2484290. РФ. Двухтопливная система питания тракторного дизеля / Уханов А. П., Уханов Д. А., Сидоров Е. А., Сидорова Л. И. №2012115021/06 ; заявл. 16.04.2012 ; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16.

References

1. IEA (2019), Renewables 2019, IEA, Paris. Retrieved from file <https://www.iea.org/reports/renewables-2019> (in Russ.).
2. Ukhanov, A. P., Ukhanov, D. A., Sidorov, E. A. & Godina, E. D. (2013). *Unconventional biocomponents of diesel mixed fuel*. Penza : PC Penza State Agricultural Academy (in Russ.).
3. Zagorodskikh, B. P., Tohiyan, M. K., Kozhevnikov, A. A. & Chugunov, V. A. (2009). Biofuels for diesels based on safflower oil. *Niva Povolzh'ia (Niva Povolzhya)*, 4 (13), 71–74 (in Russ.).
4. Ukhanov, A. P., Sidorov, E. A. & Sidorova, L. I. (2014). Theoretical and experimental evaluation of the operational parameters of the arable unit when working on diesel mixed fuel. *Nauchnoe obozrenie (Scientific Review)*, 1, 21–27 (in Russ.).
5. Chernysheva, A. V., Cherepanova, A. D. & Kolobkov, B. I. (2022). Physico-chemical and operational properties of biodiesel and mixed fuels. *Nauka v centralnoi Rossii (Science in the central Russia)*, 5(59), 120–133 (in Russ.).
6. Bychenin, A. P., Volodko, O. S., Erzamaev, M. P. & Sazonov, D. S. (2017). Influence of oleic acid on tribological properties of fuels for automotive diesel engines. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 4, 44–50 (in Russ.).
7. Markov, V. A., Loboda, S. S. & Yin, M. (2017). The use of mixtures of petroleum diesel fuel and ginger oil as motor fuel. *Transport na al'ternativnom toplive (Alternative fuel transport)*, 5 (59), 29–40 (in Russ.).
8. Nagornov, S. A., Romantsova, S. E. & Markov, V. A. (2020). Improvement of operational properties of diesel fuels for agricultural machines. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal (Agrarian Scientific Journal)*, 12, 90–92 (in Russ.).
9. Ukhanov, D. A. (2008). A new concept of operation of engines of automotive equipment in non-loading modes. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V. P. Goryachkina» (Vestnik of Moscow Goryachkin State Agroengineering University)*, 2 (27), 100–102 (in Russ.).
10. Ukhanova, Yu. V., Volodko, O. S., Bychenin, A. P. & Erzamaev, M. P. (2018). Adaptation of an automotive diesel engine to work on soy-mineral fuel. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 4, 36–43 (in Russ.).
11. Ukhanov, A. P., Ukhanov, D. A., Sidorov, E. A. & Sidorova, L. I. (2013). Dual-fuel tractor diesel power system. *Patent 2484290, Russian Federation, 2012115021/06* (in Russ.).

Информация об авторах:

А. П. Уханов – доктор технических наук, профессор;
Е. А. Сидоров – кандидат технических наук, доцент;
Л. И. Сидорова – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

A. P. Ukhanov – Doctor of Technical Sciences, Professor;
E. A. Sidorov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
L. I. Sidorova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.06.2023; одобрена после рецензирования 3.07.2023; принята к публикации 10.07.2023.

The article was submitted 11.06.2023; approved after reviewing 3.07.2023; accepted for publication 10.07.2023.

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Научная статья

УДК 57:619:591.2

doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_70

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТА ЭСТРОГЕННОГО РЯДА
НА ДИНАМИКУ РОСТА ПОТОМСТВА ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ**

**Андрей Николаевич Квочко¹, Римма Тагировна Сулайманова²✉, Элиза Джабраиловна Асхабова³,
Луиза Изатуллаевна Сулайманова⁴**

¹Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

²Университет «РЕАВИЗ», Санкт-Петербург, Россия

³Городская клиническая больница №15 им. О. М. Филатова, Москва, Россия

⁴Городская поликлиника №52, Москва, Россия

¹kvochko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4445-7638>

²rimma2006@bk.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-1658-9054>

³eliza_askhabova92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2796-7508>

⁴lsulajmanova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4445-7638>

Цель исследований – обоснование воздействия препарата эстрогенного ряда фулвестранта на соматометрические показатели потомства лабораторных мышей. Для проведения экспериментальных исследований использовалось потомство лабораторных мышей, матерям которых на одиннадцатый день беременности была произведена инъекция препарата эстрогенного ряда фулвестранта в дозе 100 мкг/кг однократно внутримышечно. Анализировались две группы. Первая (n=15) – интактная – без воздействия. Животным второй опытной группы вводили однократно внутримышечно фулвестрант 0,4 мл 0,0005% в дозе 100 мкг/кг (Ф-100 мкг/кг). Потомство мужского и женского пола в возрасте одного месяца разделяли и подращивали группами до момента половой зрелости. Самцов и самок помещали в отдельные клетки с соответственной маркировкой вводимого препарата. На полученном потомстве проводились соматометрические исследования – измерялась масса тела (г), длина тела (мм), длина головы (мм), длина хвоста (мм), длина ступни задней правой лапки (мм) и аногенитальное расстояние (АГР) (мм). Анализ соматометрических показателей потомства мужского пола лабораторных мышей показал, что масса тела уменьшается на 21,5% ($p \leq 0,05$), длина тела уменьшается на 13,1% ($p \leq 0,05$), длина головы уменьшается на 8,1%. Величина аногенитального расстояния увеличилась на 18,1% ($p \leq 0,05$). Анализ соматометрических показателей потомства женского пола лабораторных мышей показал, что наблюдалось уменьшение массы тела на 21,4% ($p \leq 0,05$), уменьшение величины аногенитального расстояния на 13,4% ($p \leq 0,05$). У полученного потомства мужского и женского пола в возрасте одного месяца постнатального развития в результате инъекции беременным матерям препарата эстрогенного ряда фулвестранта в дозе 100 мкг/кг наблюдались изменения в соматометрических показателях, обусловленные влиянием вводимого препарата. Результаты исследования дают возможность использовать полученные экспериментальные данные для поиска средств коррекции репродуктивной дисфункции в постнатальном развитии. Лимитирование введения препаратов эстрогенного ряда во время беременности предоставит возможность избежать неблагоприятных воздействий в постнатальном онтогенезе у потомства женского и мужского пола.

Ключевые слова: фулвестрант, лабораторные мыши, потомство, пренатальная инъекция, соматометрические показатели.

Для цитирования: Квочко А. Н., Сулайманова Р. Т., Асхабова Э. Д., Сулайманова Л. И. Воздействие препарата эстрогенного ряда на динамику роста потомства лабораторных мышей // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 70–74. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_70

Original article

EFFECTS OF AN ESTROGEN DRUG ON THE GROWTH DYNAMICS OF OFFSPRING OF LABORATORY MICE

Andrey N. Kvochko¹, Rimma T. Sulaimanova^{2✉}, Eliza D. Askhabova³, Luisa I. Sulaimanova⁴

¹Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

²Universitet «REAVIZ», St. Petersburg, Russia

³O. M. Filatov City Clinical Hospital №15, Moscow, Russia

⁴City Polyclinic №52, Moscow, Russia

¹kvochko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4445-7638>

²rimma2006@bk.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0002-1658-9054>

³eliza_askhabova92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2796-7508>

⁴lsulajmanova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4445-7638>

The purpose of the research is to substantiate the effect of the estrogen-type drug fulvestrant on the somatometric parameters of the offspring of laboratory mice. To conduct experimental studies, the offspring of laboratory mice was used, whose mothers were injected with an estrogen-type drug fulvestrant at a dose of 100 mcg/kg once intramuscularly on the eleventh day of pregnancy. Two groups were analyzed. The first (n=15) is intact – without exposure. Animals of the second experimental group were administered once intramuscularly fulvestrant 0.4 ml 0.0005% at a dose of 100 mcg / kg (F-100 mcg / kg). Male and female offspring at the age of one month were separated and raised in groups until puberty. Males and females were placed in separate cells with the appropriate labeling of the injected drug. Somatometric studies were carried out on the resulting offspring – body weight (g), body length (mm), head length (mm), tail length (mm), right hind foot length (mm) and anogenital distance (AGR) (mm) were measured. Analysis of somatometric parameters of male offspring of laboratory mice showed that body weight decrease by 21.5% ($p < 0.05$), body length decrease by 13.1% ($p < 0.05$), head length decrease by 8.1%. The anogenital distance increased by 18.1% ($p < 0.05$). Analysis of somatometric parameters of female offspring of laboratory mice showed that there was a decrease in body weight by 21.4% ($p < 0.05$), a decrease in the anogenital distance by 13.4% ($p < 0.05$). The resulting male and female offspring at the age of one month of postnatal development as a result of injection to pregnant mothers of the estrogen-type drug fulvestrant at a dose of 100 mcg/ kg had changes in somatometric parameters due to the effect of the administered drug. The results of the study make it possible to use the experimental data obtained to search for means of correcting reproductive dysfunction in postnatal development. Limiting the administration of estrogenic drugs during pregnancy will provide an opportunity to avoid adverse effects in postnatal ontogenesis in female and male offspring.

Keywords: fulvestrant, laboratory mice, offspring, prenatal injection, somatometric parameters.

For citation: Kvochko, A. N., Sulaimanova, R. T., Askhabova, E. D. & Sulaimanova, L. I. (2023). Effects of an estrogen drug on the growth dynamics of offspring of laboratory mice. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 2023. № 3. С. 70–74 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_70

Широкое применение химических веществ, обладающих гормональной активностью, неразрывно связано не только с сельскохозяйственным производством, но и с нашей повседневной жизнью. Гормонально активные вещества могут содержаться в продуктах питания, в окружающей среде, и контакт с ними в современном мире неизбежен [1-3]. Соединения химической природы, обладающие избыточным воздействием экзогенного эстрогена – значимый фактор риска онкогенеза, канцерогенеза и их метаболитов на молекулярно-генетическом уровне в эстроген-чувствительных тканях, репродуктивных органах обоих полов [4-6]. Для оценки репродуктивного статуса в сфере медицинской и ветеринарной деятельности легко доступными неинвазивными методами исследований являются соматометрические исследования.

Фенотипическими показателями токсического действия гормонально активных веществ являются: масса тела, длина тела, длина хвоста, длина и ширина головы, аногенитальное расстояние.

Цель исследований – обоснование воздействия препарата эстрогенного ряда фулвестранта на соматометрические показатели потомства лабораторных мышей.

Задачи исследований – изучить влияние препарата эстрогенного ряда фулвестранта в дозе 100 мкг/кг на динамику роста потомства лабораторных мышей; провести статистическую обработку полученных результатов в отношении соматометрических показателей у экспериментальных животных.

Материал и методы исследований. Для проведения экспериментальных исследований использовалось потомство лабораторных мышей, матерям которых на одиннадцатый день беременности была произведена инъекция препарата эстрогенного ряда фулвестранта в дозе 100 мкг/кг однократно внутримышечно. Расчет экспериментальной дозы препарата производили по методическими указаниями для перерасчета доз веществ в мкг/кг для лабораторных животных [7-9].

В исследованиях анализировались две группы. Первая (n=15) – интактная – без воздействия. Животным второй (опытной) группы вводили однократно внутримышечно фулвестрант 0,4 мл 0,0005% в дозе 100 мкг/кг (Ф-100 мкг/кг).

Потомство мужского и женского пола в возрасте одного месяца разделяли и подращивали группами до момента половой зрелости [10-12]. Животных помещали в отдельные клетки для самцов и самок с соответственной маркировкой вводимого препарата. У полученного потомства проводились соматометрические исследования: масса тела (г), длина тела (мм), длина головы (мм), длина хвоста (мм), длина ступни задней правой лапки (мм) и аногенитальное расстояние (АГР) (мм). Для точности измерения массы тела использовались электронные весы марки BW-500 (с точностью измерения 0,1 г; автоматическая калибровка; единицы измерений – граммы, унции, караты; габариты – 120×80×25 мм, производство Южная Корея). Измерение параметров тела и АГР проводилось при помощи электронного штангенциркуля Digital Caliper (со встроенным жидко-кристаллическим дисплеем; диапазон – 0-150 мм; точность – 0,01 мм, производство Южная Корея).

Эксперименты в работе выполнены в соответствии с Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета европейского союза по охране животных, используемых в научных целях. На выполнение эксперимента получено разрешение локального экспертного совета по биомедицинской этике Башкирского государственного медицинского университета (протокол № 3 от 17.03.2014 г.).

Для статистической обработки данных вычисляли среднее арифметическое значение параметра и его стандартную ошибку (M±SD). Достоверность различий средних оценивали с помощью t-критерия Стьюдента на уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследований. Сравнительный анализа соматометрических показателей потомства мужского пола белых беспородных лабораторных мышей при однократном воздействии препарата фулвестрант в дозе 100 мкг/кг (табл. 1) с показателями животных интактной группы показал, что масса тела (г) уменьшается на 21,5% ($p \leq 0,05$), длина тела (мм) уменьшается на 13,1% ($p \leq 0,05$), длина головы (мм) уменьшается на 8,1%. В значениях показателя ширины головы (мм) не наблюдаются значимых различий. Длина хвоста (мм) уменьшалась на 7,5%. Длина ступни задней правой лапки (мм) – значимых различий не выявлено. Величина АГР (мм) увеличилась на 18,1% ($p \leq 0,05$), так как фулвестрант в дозе 100 мкг/кг блокирует эстрогенные рецепторы, в результате работают только андрогенные, приводящие к повышению маскулинизирующего эффекта у потомства мужского пола.

Таблица 1

Соматометрические показатели потомства мужского и женского пола лабораторных мышей при однократном воздействии фулвестранта в дозе 100 мкг/кг

Показатель	Интактная группа		Опытная группа (Ф-100 мкг/кг)	
	♂	♀	♂	♀
Масса тела (г)	27,09±3,59	20,50±2,14	21,24±1,69*	16,12±2,49*
Длина тела (мм)	97,20±1,79	88,00±1,41	84,50±2,35*	83,00±5,83
Длина головы (мм)	22,86±0,31	22,20±0,45	21,00±0,71	21,20±1,04
Ширина головы (мм)	12,00±0,01	12,00±0,01	12,00±0,01	11,66±0,47
Длина хвоста (мм)	95,60±2,61	91,60±2,88	88,40±4,02	82,80±7,05
Длина ступни правой задней лапки (мм)	17,50±0,50	17,22±0,41	17,00±0,71	17,00±0,61
АГР (мм)	1,44±0,09	0,67±0,12	1,70±0,08*	0,58±0,08*

Примечание: * – в сравнении с интактной группой выявлены различия со статистической значимостью $p \leq 0,05$.

Анализ соматометрических показателей потомства женского пола лабораторных мышей при воздействии препарата фулвестранта в дозе 100 мкг/кг (табл. 1) по сравнению с животными интактной группы показал уменьшение массы тела (г) на 21,4% ($p \leq 0,05$); уменьшение длины тела (мм) на 5,7%. В показателях длина, ширина головы (мм) и длина ступни правой задней лапки (мм) значимых различий не выявлено. Длина хвоста (мм) уменьшается на 9,6%. У потомства самок при воздействии препарата фулвестранта в дозе 100 мкг/кг по сравнению с животными интактной группы ожидалось увеличение величины АГР в соответствии с исследованиями T.D. Fouquieray и соавт. [13], однако полученные результаты отличались от предполагаемых: величина АГР (мм) уменьшается на 13,4% ($p \leq 0,05$).

Заключение. У полученного потомства мужского и женского пола в возрасте одного месяца постнатального развития в результате инъекции беременным матерям препарата эстрогенного ряда фулвестранта в дозе 100 мкг/кг наблюдались изменения в соматометрических показателях, обусловленные влиянием вводимого препарата. Результаты исследования дают возможность использовать полученные экспериментальные данные для поиска средств коррекции репродуктивной дисфункции в постнатальном развитии. Лимитирование введения препаратов эстрогенного ряда во время беременности предоставит возможность избежать неблагоприятных воздействий в постнатальном онтогенезе у потомства женского и мужского пола.

Список источников

1. El-Shahat A. E., Gabr A., Meki A. R. et al. Altered testicular morphology and oxidative stress induced by cadmium in experimental rats and protective effect of simultaneous green tea extract // *International Journal of Morphology*. 2009. №27(3). P. 757–764. doi.org/10.4067/S0717-95022009000300020.
2. Stewart M. K., Mattiske D. M., Pask A. J. Exogenous Oestrogen Impacts Cell Fate Decision in the Developing Gonads: A Potential Cause of Declining Human Reproductive Health // *Int. J. Mol. Sci.* 2020. №21(21). P. 8377. DOI: 10.3390/ijms21218377.
3. Liu J. Guo M., Hu X. Effects of Thyroid Dysfunction on Reproductive Hormones in Female Rats // *Chin J. Physiol.* 2018. Vol. 61 (3). P. 152–162.
4. Bromer J. G., Zhou Y., Taylor M. B., et al. Bisphenol-A exposure in utero leads to epigenetic alterations in the developmental programming of uterine estrogen response // *FASEB J.* 2010. Vol. 24, №7. P. 2273–2280. DOI: 10.1096/fj.09-140533.
5. Chandhoke G., Shayegan B., Hotte S. J. Exogenous estrogen therapy, testicular cancer, and the male to female transgender population: a case report // *J. Med. Case Rep.* 2018. Vol. 12, №1. P. 373. DOI: 10.1186/s13256-018-1894-6.
6. Soto A. M., Maffini M. V., Sonnenschein C. Neoplasia as development gone awry: the role of endocrine disruptors // *Int. J. Androl.* 2008. №31(2). P. 288–293. DOI: 10.1111/j.1365-2605.2007.00834.
7. Арзамасцев Е. В., Гуськова Т. А., Березовская И. В. и др. Методические указания по изучению общетоксического действия фармакологических веществ. Под ред. Р. У. Хабриева. М. : Медицина, 2005. С. 41–54.
8. Гуськова Т. А. Доклиническое токсикологическое изучение лекарственных средств как гарантия безопасности проведения их клинических исследований // *Токсикологический вестник*. 2010. № 5 (104). С. 2–6.
9. Пат. 2 722 988 РФ. МПК А61М 5/32, А61К 31/565, А61Р 43/00, G09В 23/28. Способ моделирования проканцерогенного действия фулвестранта на яичники потомства женского пола у лабораторных мышей / Сулайманова Р. Т., Мурзабаев Х. Х., Рахматуллина И. Р. Хайруллин Р. М., Сулайманова Л. И., Шарафутдинова К. И., Арсланбекова Р. Р. №2019137152 ; заявл. 19.11.2019 ; опублик. 05.06.2020.
10. Котеров А. Н. и др. Соотношение возрастов основных лабораторных животных (мышей, крыс, хомячков и собак) и человека: актуальность для проблемы возрастной радиочувствительности и анализ опубликованных данных // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2018. Т. 63, № 1. С. 5–27. DOI: 10.12737/article_5a82e4a3908213.56647014.
11. Dutta S., Sengupta P. Men and mice: relating their ages // *Life Sci.* 2016. № 152. P. 244–248.
12. Flurkey K., Curren J. M., Harrison D. E. The mouse in aging research // *The Mouse in Biomedical Research*. 2nd Edition. Ed. by J. G. Fox et al. Burlington : American College Laboratory Animal Medicine, 2007. P. 637–672.
13. Fouquieray T. D., Blumstein D. T., Monclús R. et al. Maternal effects on anogenital distance in a wild marmot population // *PLoS One*. 2014. Vol. 9, № 3. P. 92718.

References

1. El-Shahat, A. E., Gabr, A. & Meki, A. R. et al. (2009). Altered testicular morphology and oxidative stress induced by cadmium in experimental rats and protective effect of simultaneous green tea extract. *International Journal of Morphology*, 27(3), 757–764. doi.org/10.4067/S0717-95022009000300020.
2. Stewart, M. K., Mattiske, D. M. & Pask, A. J. (2020). Exogenous Oestrogen Impacts Cell Fate Decision in the Developing Gonads: A Potential Cause of Declining Human Reproductive Health. *Int. J. Mol. Sci.*, 21(21), 8377. DOI: 10.3390/ijms21218377.
3. Liu, J., Guo, M. & Hu, X. (2018). Effects of Thyroid Dysfunction on Reproductive Hormones in Female Rats. *Chin J. Physiol*, 61 (3), 152–162.
4. Bromer, J. G., Zhou, Y. & Taylor, M. B. et al. (2010). Bisphenol-A exposure in utero leads to epigenetic alterations in the developmental programming of uterine estrogen response. *FASEB J.*, 24, 7, 2273–2280. DOI: 10.1096/fj.09-140533.
5. Chandhoke, G., Shayegan, B. & Hotte, S. J. (2018). Exogenous estrogen therapy, testicular cancer, and the male to female transgender population: a case report. *J. Med. Case Rep.*, 12, 1, 373. DOI: 10.1186/s13256-018-1894-6.
6. Soto, A. M., Maffini, M. V. & Sonnenschein, C. (2008). Neoplasia as development gone awry: the role of endocrine disruptors. *Int. J. Androl.*, 31(2), 288–293. DOI: 10.1111/j.1365-2605.2007.00834.
7. Arzamashev, E. V., Guskova, T. A. & Berezovskaya, I. V. et al. (2005). *Methodological guidelines for the study of the general toxic effect of pharmacological substances*. Edited by R. U. Khabrieva. Moscow : Medicine (in Russ.).
8. Guskova, T. A. (2010). Preclinical toxicological study of medicines as a guarantee of the safety of their clinical trials. *Toksikologičeskij vestnik (Toxicological Review)*, 5 (104), 2–6 (in Russ.).
9. Sulaimanova, R. T., Murzabaev, H. H., Rakhmatullina, I. R. Khairullin, R. M., Sulaimanova, L. I., Sharafutdinova, K. I. & Arslanbekova, R. R. (2020). A method for modeling the procarcinogenic effect of fulvestrant on the ovaries of female offspring in laboratory mice. *Patent 2 722 988, Russian Federation, 2019137152* (in Russ.).
10. Koterov, A. N. et al. (2018). The ratio of the ages of the main laboratory animals (mice, rats, hamsters and dogs) and humans: relevance to the problem of age-related radiosensitivity and analysis of published data. *Medicinskaya radiologiya i radiacionnaya bezopasnost' (Medical Radiology and Radiation Safety)*, 63, 1, 5–27. DOI: 10.12737/article_5a82e4a3908213.56647014 (in Russ.).
11. Dutta, S. & Sengupta, P. (2016). Men and mice: relating their ages. *Life Sci.*, 152, 244–248.
12. Flurkey, K., Curren, J. M. & Harrison, D. E. (2007). The mouse in aging research. *The Mouse in Biomedical Research*. 2nd Edition. Ed. by J. G. Fox et al. (pp. 637–672). Burlington : American College Laboratory Animal Medicine.
13. Fouqueray, T. D. Blumstein, D. T. & Monclús, R. et al. (2014). Maternal effects on anogenital distance in a wild marmot population. *PLoS One*, 9, 3, 92718.

Информация об авторах:

А. Н. Квочко – доктор биологических наук, профессор;
Р. Т. Сулайманова – кандидат биологических наук, доцент;
Э. Д. Асхабова – врач-педиатр;
Л. И. Сулайманова – врач-терапевт.

Information about the authors:

A. N. Kvochko – Doctor of Biological Sciences, Professor;
R. T. Sulaimanova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
E. D. Askhabova – Pediatrician;
L. I. Sulaimanova – Therapist.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 2.04.2023; одобрена после рецензирования 19.06.2023; принята к публикации 1.07.2023.

The article was submitted 2.04.2023; approved after reviewing 19.06.2023; accepted for publication 1.07.2023.

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Научная статья

УДК 636.2.033

doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_75

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА И СТРОЕНИЯ КОЖИ У БЫЧКОВ РАЗНЫХ ПОРОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА И СЕЗОНА ГОДА

Игорь Рамилевич Газеев¹, Сергей Владимирович Карамаев^{2✉}, Хамит Харисович Тагиров³, Анна Сергеевна Карамаева⁴

¹Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

²Самарский государственный аграрный университет, Самара, Россия

¹gazeevigor@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2746-8634>

²KaramaevSV@mail.ru✉, <http://orcid.org/0000-0003-2930-6129>

³tagirov-57@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8940-5631>

⁴annakaramaeva@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0131-5042>

Цель исследований – научно обосновать изменение волосяного покрова бычков разного направления продуктивности в зависимости от возраста и сезона года. Выполняя теплозащитную функцию, волосяной покров крупного рогатого скота изменяется с возрастом животных, больше всего по сезонам года в результате весенней и осенней линьки. В связи с этим необходимо знать, какие факторы влияют на данные изменения, какие изменения происходят в морфологическом строении кожи и ее производных. Для достижения поставленной цели на животноводческих комплексах Республики Башкортостан и Самарской области были сформированы из новорожденных бычков черно-пестрой, бестужевской и калмыцкой пород три группы, по 15 голов в каждой. У подопытных животных в возрасте 8, 12, 18 месяцев изучали качество волосяного покрова, гистологическое и морфологическое строение кожи. Установлено, что в возрасте 8 мес. самая густая шерсть была у бычков калмыцкой породы. В возрасте 12 мес., после смены зимнего волосяного покрова на летний, густота уменьшилась у животных I группы на 480 шт./см² (35,6%), II группы – на 671 шт./см² (42,9%), III группы – на 537 шт./см² (31,8%). К 18-месячному возрасту, после осенней линьки, густота снова увеличилась, соответственно, на 601 шт./см² (69,3%); 833 шт./см² (93,3%); 646 шт./см² (56,1%). Гистологические исследования кожи показали, что признаки, характеризующие качество волосяного покрова, обусловлены различиями в строении кожи, а также количеством и расположением желез кожного покрова. Поэтому, при выборе способа содержания бычков, необходимо учитывать данные особенности кожного и волосяного покрова у изучаемых пород.

Ключевые слова: порода, бычки, волосяной покров, кожа, гистология, возраст, сезон года.

Для цитирования: Газеев И. Р., Карамаев С. В., Тагиров Х. Х., Карамаева А. С. Особенности формирования волосяного покрова и строения кожи у бычков разных пород в зависимости от возраста и сезона года // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 75–82. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_75

FEATURES OF THE FORMATION OF HAIR AND SKIN STRUCTURE IN BULLS OF DIFFERENT BREEDS DEPENDING ON AGE AND SEASON OF THE YEAR

Igor R. Gazeev¹, Sergey V. Karamaev²✉, Hamit Kh. Tagirov³, Anna S. Karamaeva⁴,

^{1, 3}Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

^{2, 4}Samara State Agrarian University, Samara, Russia

¹gazeevigor@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2746-8634>

²KaramaevSV@mail.ru ✉, <http://orcid.org/0000-0003-2930-6129>

³tagirov-57@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8940-5631>

⁴annakaramaeva@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0131-5042>

The purpose of the research is to scientifically substantiate the change in the hair cover of bulls of different productivity directions depending on age and season of the year. Performing a heat-protective function, the hair cover of cattle changes with the age of animals, most of all according to the seasons of the year as a result of spring and autumn molting. In this regard, it is necessary to know what factors influence these changes, what changes occur in the morphological structure of the skin and its derivatives. To achieve this goal, three groups of 15 heads each were formed from newborn bulls of black-and-white, Bestuzhev and Kalmyk breeds at the livestock complexes of the Republic of Bashkortostan and the Samara region. Hair quality, histological and morphological structure of the skin were studied in experimental animals aged 8, 12, 18 months. It was found that at the age of 8 months, the thickest wool was in Calmy bulls. At the age of 12 months, after the change of winter hair cover to summer, the density decreased in animals of group I by 480 pcs./ cm² (35.6%), group II – by 671 pcs./ cm² (42.9%), group III – by 537 pcs./ cm² (31.8%). By the age of 18 months, after the autumn molt, the density increased again, respectively, by 601 pcs./ cm² (69.3%); 833 pcs./ cm² (93.3%); 646 pcs. / cm² (56.1%). Histological studies of the skin have shown that the signs characterizing the quality of the hair cover are due to differences in the structure of the skin, as well as the number and location of the glands of the skin. Therefore, when choosing the method of keeping bulls, it is necessary to take into account these features of the skin and hair of the studied breeds.

Keywords: breed, bulls, hair, skin, histology, age, season of the year.

For citation: Gazeev, I. R., Karamaev, S. V., Tagirov, H. H. & Karamaeva, A. S. (2023). Features of the formation of hair and skin structure in bulls of different breeds depending on age and season of the year. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 3, 75–82 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_75

Одной из наиболее важных задач, которую предстоит решать в настоящее время агропромышленному комплексу России, является удовлетворение постоянно растущих потребностей населения страны в продуктах питания. Наиболее остро стоит проблема роста производства высококачественной говядины. В последние десятилетия говядина производилась в основном за счет откорма бычков и выбракованных коров молочного и комбинированного направления продуктивности (97%) и только 3% за счет скота специализированных мясных пород. Это свидетельствует о том, что в ближайшие годы кардинально изменить ситуацию в направлении увеличения доли мясного скота практически не представляется возможным. Поэтому, одновременно с решением данной проблемы, необходимо искать возможности улучшения мясной продуктивности скота молочных и комбинированных пород и снижения себестоимости производимой говядины [1-5].

В природно-климатической зоне Среднего Поволжья и Южного Урала наиболее распространенной молочной породой является черно-пестрая, из комбинированных пород – бестужевская, из мясных – калмыцкая. В открытой печати нет сведений о комплексном исследовании в сравнительном аспекте данных пород. При выращивании на мясо неплеменного молодняка на откормочных площадках по технологии, принятой в мясном скотоводстве, очень важно знать адаптационные возможности животных. При выращивании в помещениях облегченного типа животные, наряду с приспособленностью к условиям определенной технологии и стрессоустойчивостью, должны обладать

адаптационной пластичностью, которая позволит им приспособливаться к условиям окружающей среды в зоне разведения [6-10].

У крупного рогатого скота одним из органов, позволяющих противостоять воздействию на организм различных факторов внешней среды, является кожа и ее производные. При этом они выполняют не только защитную функцию, но и функцию терморегуляции, выделения, органа чувств, показателя конституции животных и антибактериального барьера. Выполняя теплозащитную функцию, волосяной покров крупного рогатого скота изменяется с возрастом животных, а больше всего по сезонам года в результате весенней и осенней линьки. В связи с этим необходимо знать, какие факторы влияют на данные изменения, какие изменения происходят в морфологическом строении кожи и ее производных [11-16].

Цель исследований – научно обосновать изменение волосяного покрова бычков разного направления продуктивности в зависимости от возраста и сезона года.

Задачи исследований – изучить гистологическое, морфологическое строение кожи и характеристику волосяного покрова бычков разного направления продуктивности в зависимости от возраста и сезона года.

Материал и методы исследований. Изучение особенностей строения кожи и шерстного покрова проводили на бычках молочного, комбинированного и мясного направления продуктивности в условиях животноводческих комплексов Республики Башкортостан и Самарской области. Из новорожденных бычков были сформированы три группы по 15 голов в каждой: I группа – черно-пестрая порода, II группа – бестужевская порода, III группа – калмыцкая порода.

Образцы кожи и шерстного покрова брали у бычков во время отбивки от матерей (8 мес.) и проведения контрольного убоя в возрасте 12 и 18 мес. на уровне середины последнего ребра. Качество волосяного покрова определяли по методике Е. А. Арзуманяна в лаборатории шерсти при Самарском ГАУ. Гистологические и морфологические исследования проводили в аналитической лаборатории при Федеральном научном центре биологических систем и агротехнологий РАН.

Результаты исследований. В результате изучения изменений шерстного покрова у бычков разных пород и направления использования были установлены определенные особенности, обусловленные влиянием возраста и сезона года (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика волосяного покрова бычков в разные возрастные периоды

Показатель	Группа		
	I	II	III
Возраст 8 месяцев			
Густота волосяного покрова, шт./см ²	1347±39,56	1564±42,71	1689±56,24
Длина косицы, мм	31,4±0,42	38,7±0,39	42,8±0,47
Масса волос с 1 см ² , мг	56,3±0,87	76,9±0,58	81,6±0,69
Возраст 12 месяцев			
Густота волосяного покрова, шт./см ²	867±49,63	893±36,54	1152±67,40
Длина косицы, мм	13,6±0,84	10,8±0,57	11,3±0,62
Масса волос с 1 см ² , мг	17,8±0,81	17,3±0,73	19,7±0,68
Возраст 18 месяцев			
Густота волосяного покрова, шт./см ²	1468±42,33	17,26±56,71	1798±83,90
Длина косицы, мм	38,5±0,65	44,5±0,74	46,2±0,83
Масса волос с 1 см ² , мг	62,8±1,14	83,7±0,99	89,3±1,48

Образцы шерсти у бычков брали в конце линьки, в возрасте 8 мес. в декабре, после отбивки от матерей, в возрасте 12 мес. в июне, после завершения периода полового созревания, в возрасте 18 мес. в декабре, после снятия с откорма.

Исследования показали, что в возрасте 8 мес. самая густая шерсть была на теле бычков калмыцкой породы. Разница по сравнению со сверстниками черно-пестрой породы составила 342 шт./см² (25,4%; P<0,001), бестужевской – 125 шт./см² (8,0%). Длина косицы была больше, соответственно, на 11,4 мм (36,3%; P<0,001) и 4,1 мм (10,6%; P<0,001), масса волос с 1 см² кожи – на 25,3 мг (44,9%; P<0,001) и 4,7 мг (6,1%; P<0,001).

В возрасте 12 мес. бычки III группы превосходили сверстников I и II групп по густоте волосяного покрова на 285 шт./см² (32,9%; P<0,001) и 259 шт./см² (29,0%; P<0,001), в возрасте 18 мес. – на 330 шт./см² (22,5%; P<0,001) и 72 шт./см² (4,2%). Длина косицы в возрасте 12 мес., наоборот, была больше у бычков I группы, по сравнению с бычками II группы – на 2,8 мм (25,9%; P<0,01), с бычками III группы – на 2,3 мм (20,4%; P<0,01). В возрасте 18 мес. преимущество снова было у бычков III группы, соответственно, на 7,7 мм (20,0%; P<0,001) и 1,7 мм (3,8%).

По массе волос с 1 см² кожи в возрасте 12 мес. бычки III группы превосходили сверстников из I и II групп, соответственно, на 1,9 мг (10,7%) и 2,4 мг (13,9%; P<0,05), в возрасте 18 мес. – на 26,5 мг (42,2%; P<0,001) и 5,6 мг (6,7%; P<0,01).

Исходя из того, что в возрасте 8 мес. у бычков был зимний волосяной покров, а к 12-месячному возрасту они сменили его на летний, густота волосяного покрова уменьшилась, соответственно, по группам на 480 шт./см² (35,6%; P<0,001); 671 шт./см² (42,9%; P<0,001); 537 шт./см² (31,8%; P<0,001), длина косицы – на 17,8 мм (56,7%; P<0,001); 27,9 мм (72,1% P<0,001); 31,5 мм (73,6%; P<0,001), масса волос с 1 см² кожи – на 38,5 мг (68,4%; P<0,001); 59,6 мг (77,5%; P<0,001); 61,9 мг (75,9%; P<0,001).

К 18-месячному возрасту, после осенней линьки, густота волосяного покрова снова увеличилась у бычков I группы на 601 шт./см² (69,3%; P<0,001); II группы – на 833 шт./см² (93,3%; P<0,001); III группы – на 646 шт./см² (56,1%; P<0,001), длина косицы – на 24,9 мм (183,1%; P<0,001); 33,7 мм (312,0%; P<0,001); 34,9 мм (308,8%; P<0,001), масса волос с 1 см² кожи – на 45,0 мг (252,8%; P<0,001); 66,4 мг (383,8%; P<0,001); 69,6 мг (353,3%; P<0,001).

Таким образом, установлено, что несмотря на определенное влияние на состояние волосяного покрова породы и возраста бычков, основная причина изменения качественных и количественных характеристик шерсти зависит от сезона года и связанных с этим погодных условий.

Изучение гистологического строения кожи у пород бычков разного направления продуктивности в зависимости от возраста показало, что общая толщина кожи и составляющих ее слоев в большей степени подвержены изменениям, связанным с возрастными изменениями в организме (табл. 2).

Таблица 2

Изменения гистологического строения кожи у бычков разного направления продуктивности с возрастом, мкм

Слои кожи	Группа					
	I		II		III	
	M±m	%	M±m	%	M±m	%
Возраст 8 месяцев						
Эпидермис	36,4±0,73	0,90	37,2±0,86	0,87	38,5±0,79	0,87
Пилярный	789,3±31,42	19,33	843,7±39,24	19,77	897,4±34,63	20,33
Ретикулярный	3256,7±49,65	79,77	3386,6±55,71	79,36	3479,5±52,37	78,80
Общая	4082,4±63,84	100	4267,5±66,18	100	4415,4±65,23	100
Диаметр коллагеновых волокон	36,4±0,59	-	37,8±0,64	-	38,3±0,66	-
Возраст 12 месяцев						
Эпидермис	41,2±1,18	0,86	42,5±1,34	0,85	43,4±1,23	0,84
Пилярный	1054,6±52,79	21,89	1099,7±68,53	21,96	1186,6±51,48	22,89
Ретикулярный	3721,5±64,58	77,25	3865,4±81,26	77,19	3954,3±79,67	76,27
Общая	4817,3±79,64	100	5007,6±88,59	100	5184,3±84,93	100
Диаметр коллагеновых волокон	42,5±0,83	-	43,8±0,87	-	44,6±0,98	-
Возраст 18 месяцев						
Эпидермис	47,2±1,34	0,83	49,4±0,88	0,84	50,8±1,46	0,84
Пилярный	1469,7±49,68	25,77	1576,5±31,99	26,88	1684,3±63,24	27,86
Ретикулярный	4186,4±72,37	73,40	4239,6±50,71	72,28	4311,5±81,43	71,30
Общая	5703,3±86,21	100	5865,5±84,36	100	6046,6±91,13	100
Диаметр коллагеновых волокон	65,3±0,92	-	67,5±0,69	-	69,7±1,12	-

Наибольшей толщиной кожи во все возрастные периоды отличались бычки калмыцкой породы. В возрасте 8 мес. разница по сравнению со сверстниками I группы составила 333,0 мкм (8,2%; $P < 0,001$), II группы – 147,9 мкм (3,5%), в возрасте 12 мес., соответственно, 367,0 мкм (7,6%; $P < 0,01$) и 176,7 мкм (3,5%), в возрасте 18 мес. – 343,3 мкм (6,0%; $P < 0,01$) и 181,1 мкм (3,1%). При этом толщина общего слоя кожи увеличилась за период с 8- до 12-месячного возраста, соответственно, по группам на 734,9 мкм (18,0%; $P < 0,001$); 740,1 мкм (17,3%; $P < 0,001$); 768,9 мкм (17,4%; $P < 0,001$), с 12- до 18-месячного возраста – на 886,0 мкм (18,4%; $P < 0,001$); 857,9 мкм (17,1%; $P < 0,001$); 862,3 мкм (16,6%; $P < 0,001$).

Кожа крупного рогатого скота состоит из трех слоев: эпидермиса, пилярного и ретикулярно-го, каждый из которых выполняет определенную функцию. Эпидермис выполняет защитную функцию, пилярный слой – терморегуляционную, ретикулярный слой – механическую функцию. Установлено, что на толщину данных слоев кожи основное влияние в процессе роста животного оказывает возраст и особенности породы.

По толщине пилярного слоя бычки калмыцкой породы превосходили своих сверстников черно-пестрой и бестужевской пород в возрасте 8 мес. на 108,1 мкм (13,7%; $P < 0,05$) и 53,7 мкм (6,4%), в 12 мес. – на 132,0 мкм (12,5%) и 86,9 мкм (7,9%), в 18 мес. – на 214,6 мкм (14,6%; $P < 0,01$) и 107,8 мкм (6,8%). При этом за период с 8 до 12 мес. толщина пилярного слоя увеличилась у бычков, соответственно, по группам: на 265,3 мкм (33,6%; $P < 0,001$); 256,0 мкм (30,3%; $P < 0,05$); 289,2 мкм (32,2%; $P < 0,001$), за период с 12 до 18 мес. – на 415,1 мкм (39,4%; $P < 0,001$); 476,8 мкм (43,4%; $P < 0,001$); 497,7 мкм (41,9%; $P < 0,001$).

Самую большую долю в структуре кожи составляет ретикулярный слой. По его толщине во все возрастные периоды бычки калмыцкой породы занимали лидирующее положение. Разница по сравнению с бычками I и II групп в возрасте 8 мес. составила 222,8 мкм (6,8%; $P < 0,05$) и 92,9 мкм (2,7%), в возрасте 12 мес. – 232,8 мкм (6,3%; $P < 0,05$) и 88,9 мкм (2,3%), в возрасте 18 мес. – 125,1 мкм (3,0%) и 71,9 мкм (1,7%). В результате роста животных толщина ретикулярного слоя увеличилась за период с 8 до 12 мес. у бычков черно-пестрой породы на 464,8 мкм (14,3%; $P < 0,001$), бестужевской – на 478,8 мкм (14,1%; $P < 0,001$), калмыцкой – на 474,8 мкм (13,6%; $P < 0,001$), за период с 12 до 18 мес., соответственно, на 464,9 мкм (12,5%; $P < 0,001$); 374,2 мкм (9,7%); 357,2 мкм (9,0%; $P < 0,001$).

В коже у животных располагаются волосяные луковицы, сальные и потовые железы, которые обеспечивают защитные и выделительные функции организма (табл. 3).

Таблица 3

Изменения с возрастом желез кожного покрова у бычков разного направления продуктивности

Показатель	Возраст, мес.	Группа		
		I	II	III
Глубина залегания, мкм:				
волосяных луковиц	8	789,6±11,42	817,8±9,93	885,2±10,88
	12	1038,9±18,24	1065,8±14,89	1068,7±16,54
	18	1395,2±23,76	1494,3±20,48	1615,9±21,67
сальных желез	8	238,7±6,49	282,5±8,34	370,4±9,12
	12	334,1±12,63	360,5±13,51	476,9±15,44
	18	565,7±16,45	645,2±17,82	762,8±19,10
потовых желез	8	796,9±15,81	823,7±16,34	907,8±18,23
	12	1049,6±19,37	1074,9±21,18	1198,1±23,38
	18	1403,4±21,52	1505,6±23,46	1627,3±24,94
Количество на 1 мм ² кожи, шт.:				
волосяных луковиц	8	17,4±0,35	18,5±0,27	18,9±0,38
	12	14,6±0,32	15,6±0,34	15,8±0,46
	18	18,1±0,39	19,3±0,31	19,8±0,42
сальных желез	8	30,4±0,44	31,6±0,35	32,5±0,47
	12	29,8±0,49	30,9±0,43	31,8±0,51
	18	24,3±0,37	25,1±0,39	25,9±0,44
потовых желез	8	20,9±0,28	22,4±0,33	23,1±0,29
	12	20,4±0,35	21,8±0,36	22,7±0,31
	18	16,5±0,30	18,3±0,29	19,6±0,34

Установлено, что волосяные луковицы, сальные и потовые железы располагаются в пилярном слое кожи. При этом на глубину залегания данных органов основное влияние оказывает возраст. У всех подопытных животных с возрастом, независимо от сезона года, глубина залегания увеличивалась. Волосяные луковицы и потовые железы располагались ближе к нижней грани, а сальные железы, наоборот, к верхней грани пилярного слоя. Самая большая глубина залегания во все возрастные периоды отмечена у бычков калмыцкой породы. В возрасте 18 мес. разница по сравнению с бычками I и II групп составила по залеганию волосяных луковиц, соответственно 220,7 мкм (15,8%; $P < 0,001$) и 121,6 мкм (8,1%; $P < 0,001$), сальных желез – 197,1 мкм (34,8%; $P < 0,001$) и 117,6 мкм (18,2%; $P < 0,001$), потовых желез – 223,9 мкм (15,9%; $P < 0,001$) и 121,7 мкм (8,1%; $P < 0,001$). Изучение плотности расположения желез кожного покрова на 1 мм² ее поверхности показало, что количество волосяных луковиц подвержено влиянию особенностей сезона года в период очередной линьки, а количество сальных и потовых желез изменяется в зависимости от возраста животных.

В 8 мес. возрастной период приходился на конец ноября начало декабря, осенняя линька у бычков практически закончилась. По количеству волосяных луковиц на 1 мм² кожи животные III группы превосходили своих сверстников I и II групп на 1,5 шт. (8,3%; $P < 0,01$) и 0,3 шт. (1,6%). Возраст 12 мес. приходился на окончание весенней линьки. Установлено, что по сравнению с 8-месячным возрастом, в ходе весенней линьки, количество волосяных луковиц уменьшилось, соответственно, по группам на 2,8 шт. (16,1%; $P < 0,001$); 2,9 шт. (15,7%; $P < 0,001$); 3,1 шт. (16,4%; $P < 0,001$). Количество волосяных луковиц на 1 мм² кожи было больше у бычков калмыцкой породы, по сравнению с черно-пестрой и бестужевской породой, на 1,2 шт. (8,2%; $P < 0,05$) и 0,2 шт. (1,3%). В возрасте 18 мес., в ходе осенней линьки, количество волосяных луковиц на 1 мм² кожи увеличилось, соответственно, по группам на 3,5 шт. (24,0%; $P < 0,001$); 3,7 шт. (23,7%; $P < 0,001$); 4,0 шт. (25,3%; $P < 0,001$). Разница по количеству волосяных луковиц в возрасте 18 мес. составила между бычками III группы и их сверстниками I и II групп, соответственно, 1,7 шт. (9,4%; $P < 0,01$) и 0,5 шт. (2,6%). Динамика количества сальных и потовых желез на 1 мм² кожи была менее выражена, чем у волосяных луковиц, при этом более подвержена влиянию возрастных изменений в организме бычков. Установлена тенденция уменьшения количества сальных и потовых желез на 1 мм² кожи животных с возрастом.

Заключение. В результате роста и развития бычков, при смене сезонов года, животные меняют волосяной покров, адаптируясь к изменению погодных условий. При этом качество волосяного покрова значительно различается в соответствии с направлением продуктивности породы животных. Установлено также существенное влияние на качество волосяного покрова погодных условий, связанных с сезонами года. Гистологические исследования кожи показали, что признаки, характеризующие качество волосяного покрова, обусловлены различиями в строении кожи, а также количеством и расположением желез кожного покрова. Поэтому, при выборе способа содержания бычков, необходимо учитывать данные особенности кожного и волосяного покрова у изучаемых пород.

Список источников

1. Дунин И. М., Шаркаев В. И., Шаркаева Г. А. Развитие мясного скотоводства в Российской Федерации // Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах РФ. М. : ВНИИплем. 2015. С. 1–10.
2. Исхаков Р. С., Губайдуллин Н. М., Тагиров Х. Х. Хозяйственно-биологические качества бычков бестужевской породы и ее двух- трехпородных помесей // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. №1. С. 128–131.
3. Сидихов Т. М., Амерханов Х. А., Каюмов Ф. Г., Герасимов Н. П. Повышение эффективности производства говядины путем рационального использования породных ресурсов : монография. Оренбург : Пресса, 2017. 286 с.
4. Хакимов И. Н., Мударисов Р. М., Акимов А. Л. Зависимость упитанности мясного скота от живой массы и ее коррекция уровнем кормления // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №1. С. 19–26.
5. Шичкин Г. И., Лебедев С. И., Костюк Р. В. Производство говядины: состояние и перспективы // Молочное и мясное скотоводство. 2021. №8. С. 2–5.

6. Бакаева Л. Н., Карамаев С. В., Карамаева А. С. Рост и развитие ремонтных телок голштинской и айрширской пород при выращивании в индивидуальных домиках // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. №1. С. 74–77.
7. Гизатова Н. В. Динамика роста и развития телок казахской белоголовой породы при использовании в рационе кормления кормовой добавки Биодарин // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016. №1. С. 27–29.
8. Головин А. В. Разработка и использование норм кормления коров на основе факториального метода // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016. №1. С. 47–50.
9. Каюмов Ф. Г. Мясное скотоводство: отечественные породы и типы, племенная работа, организация воспроизводства стада : монография. М. : Вестник РСХАВ, 2014. 216 с.
10. Каюмов Ф. Г., Баринов В. Э., Манджиев Н. В. Калмыцкий скот и пути его совершенствования : монография. Оренбург : Агентство Пресса, 2015. 158 с.
11. Карамаев С. В., Матару Х. С., Валитов Х. З., Карамаева А. С. Мандолонгская порода скота – впервые в России : монография. Кинель : РИО СГСХА, 2017. 185 с.
12. Матару Х. С., Карамаев С. В. Рост и развитие молодняка мандолонгской породы крупного рогатого скота // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. №1. С. 78–81.
13. Матару Х. С., Карамаев С. В., Карамаева А. С. Особенности развития волосяного покрова у молодняка мандолонгской породы // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016. №3(45). Ч. 3. С. 112–115.
14. Молостова А. Ю., Карамаев С. В., Карамаева А. С. Особенности волосяного покрова у помесных бычков и телок, полученных методом реципрокного скрещивания калмыцкой и мандолонгской пород // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023. №1. С. 98–103.
15. Тагиров Х. Х., Ким А. А., Миронова И. В. Особенности развития волосяного покрова бычков бестужевской породы и ее двух- трехпородных помесей // *Ветеринарное дело*. 2010. №1(1). С. 52-53. ...
16. Чуворкина Т. Н., Кадыкова О. Ф., Алексеева С. Н., Гурьянова Н. М. Выращивание и разведение крупного рогатого скота породы герефорд в крестьянском (фермерском) хозяйстве // *Нива Поволжья*. 2021. №4(57). С. 74–77.

References

1. Dunin, I. M., Sharkaev, V. I. & Sharkaeva, G. A. (2015). Development of meat cattle breeding in the Russian Federation. *Yearbook on breeding work in meat cattle breeding in farms of the Russian Federation*. (pp. 1–10). Moscow : All-Russian Research Institute of Breeding (in Russ.).
2. Iskhakov, R. S., Gubaidullin, N. M. & Tagirov, H. H. (2015). Economic and biological qualities of bulls of the Bestuzhev breed and its two- and three-breed crossbreeds. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 128–131 (in Russ.).
3. Sidikhov, T. M., Amerkhanov, H. A., Kayumov, F. G. & Gerasimov, N. P. (2017). *Increasing the efficiency of beef production by rational use of breed resources*. Orenburg : Pressa (in Russ.).
4. Khakimov, I. N., Mudarisov, R. M. & Akimov, A. L. (2018). Dependence of fatness of beef cattle on live weight and its correction by feeding level. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 19–26 (in Russ.).
5. Shichkin, G. I., Lebedev, S. I. & Kostyuk, R. V. (2021). Beef production: state and prospects. *Molochnoe i miasnoe skotovodstvo (Dairy and Beef Cattle Farming)*, 8, 2–5 (in Russ.).
6. Bakaeva, L. N., Karamaev, S. V. & Karamaeva, A. S. (2015). Growth and development of repair heifers of Holstein and Ayrshire breeds when grown in individual houses. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 74–77 (in Russ.).
7. Gizatova, N. V. (2016). Dynamics of growth and development of heifers of the Kazakh white-headed breed when using the feed additive Biodarin in the diet. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 27–29 (in Russ.).
8. Golovin, A. V. (2016). Development and use of cow feeding norms based on the factorial method. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 47–50 (in Russ.).
9. Kayumov, F. G. (2014). *Beef cattle breeding: domestic breeds and types, breeding work, organization of herd reproduction*. Moscow : Vestnik RSKHAV (in Russ.).
10. Kayumov, F. G., Barinov, V. E. & Mandzhiev, N. V. (2015). *Kalmyk cattle and ways of its improvement*. Orenburg : Agentstvo Pressa (in Russ.).
11. Karamaev, S. V., Mataru, H. S., Valitov, H. Z. & Karamaeva, A. S. (2017). *Mandolong cattle breed – for the first time in Russia*. Kinel : PC Samara SAA (in Russ.).

12. Mataru, H. S. & Karamaev, S. V. (2015). Growth and development of young cattle of the Mandolong breed. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 78–81 (in Russ.).

13. Mataru, H. S., Karamaev, S. V. & Karamaeva, A. S. (2016). Features of the development of hair cover in young Mandolong breed. *Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal (International Research Journal)*, 45(3), 3, 112–115 (in Russ.).

14. Molostova, A. Yu., Karamaev, S. V. & Karamaeva, A. S. (2023). Features of the hair cover in young bulls and heifers obtained by reciprocal crossing of Kalmyk and Mandolong breeds. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 98–103 (in Russ.).

15. Tagirov, H. H., Kim, A. A. & Mironova, I. V. (2010). Features of the development of the hair cover of bulls of the Bestuzhev breed and its two- and three-breed crossbreeds. *Veterinarnoe delo (Veterinary business)*, 1(1), 52–53 (in Russ.).

16. Chuvorkina, T. N., Kadykova, O. F., Alekseeva, S. N. & Guryanova, N. M. (2021). Cultivation and breeding of Hereford cattle in a peasant (farmer) farm. *Niva Povolzh'ia (Niva Povolzhya)*, 4(57), 74–77 (in Russ.).

Информация об авторах:

И. Р. Газеев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

С. В. Карамеев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Х. Х. Тагиров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

А. С. Карамеева – кандидат биологических наук, доцент.

Information about the authors:

I. R. Gazeev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

S. V. Karamaev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

H. Kh. Tagirov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

A. S. Karamaeva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 30.05.2023; одобрена после рецензирования 20.06.2023; принята к публикации 9.07.2023.

The article was submitted 30.05.2023; approved after reviewing 20.06.2023; accepted for publication 9.07.2023.

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Научная статья

УДК 636.52/58.084.1/.087.7

doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_83

**КАЧЕСТВО МЯСА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ**

**Наталья Александровна Злепкина¹, Виктор Васильевич Саломатин², Александр Тихонович Варакин^{3✉},
Виктор Александрович Злепкин⁴**

^{1, 2, 3, 4}Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия

¹zlepkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0182-8435>

²viktor.salomatin@internet.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6663-1663>

³varakinat58@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>

⁴vzlepkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>

Цель исследований – повышение пищевой и биологической ценности мяса цыплят-бройлеров за счёт использования в рационах препарата Каролин совместно с пробиотическими препаратами. В течение опыта бройлерам опытных групп в рационы включали испытываемые препараты: цыплята-бройлеры 1-й опытной группы получали полнораціонный комбикорм с 2,5 л препарата Каролин и 350 г пробиотика Субтилис на 1 т комбикорма; цыплята-бройлеры 2-й опытной группы получали полнораціонный комбикорм с 2,5 л препарата Каролин и 2 кг пробиотика Бацелл-М на 1 т комбикорма; цыплята-бройлеры 3-й опытной группы получали полнораціонный комбикорм с 2,5 л препарата Каролин и 1 кг пробиотика Целлобактерин-Т на 1 т комбикорма. В процессе исследований установлено, что использование в рационах цыплят-бройлеров изучаемых препаратов способствует повышению пищевой и биологической ценности грудных мышц подопытной птицы. Исследования химического состава мяса молодняка подопытной птицы свидетельствовали о том, что у бройлеров 1-, 2- и 3-й опытных групп в грудных мышцах содержалось меньше влаги, соответственно, на 0,16, 0,24 ($P<0,05$) и 0,35 % ($P<0,01$); больше органического вещества – на 0,17 ($P<0,05$), 0,25 ($P<0,01$) и 0,35 % ($P<0,01$); белка – на 0,24 ($P<0,05$), 0,29 ($P<0,05$) и 0,58 % ($P<0,001$), чем у цыплят контрольной группы. По сравнению с птицей контрольной группы, мясо грудных мышц цыплят-бройлеров опытных групп имеет более высокую биологическую ценность и кулинарно-технологические показатели. Лучшие показатели качества мяса выявлены у птицы 3-й опытной группы.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, комбикорм, Каролин, пробиотики, качество мяса.

Для цитирования: Злепкина Н. А., Саломатин В. В., Варакин А. Т., Злепкин В. А. Качество мяса цыплят-бройлеров при скармливании биологически активных препаратов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 83–88. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_83

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Original article

**BROILER CHICKEN MEAT QUALITY
WHEN FEEDING BIOLOGICALLY ACTIVE DRUGS**

Natalia A. Zlepkin¹, Viktor V. Salomatin², Alexander T. Varakin^{3✉}, Viktor A. Zlepkin⁴

^{1, 2, 3, 4}Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

¹zlepkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0182-8435>

²viktor.salomatin@internet.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6663-1663>

³varakinat58@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>

⁴vzlepkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>

The aim of the research is to increase the nutritional and biological value of broiler chicken meat through the use of Karolin in the diets together with probiotic drugs. During the experiment, the tested preparations were included in the rations of the broilers of the experimental groups: broiler chickens of the 1st experimental group received an adequate compound feed with 2.5 liters of the preparation Karolin and 350 g of the probiotic Subtilis per 1 ton of compound feed; broiler chickens of the 2nd experimental group received an adequate compound feed with 2.5 liters of the preparation Karolin and 2 kg of the probiotic Bacell-M per 1 ton of compound feed; broiler chickens of the 3rd experimental group received an adequate compound feed with 2.5 liters of the drug Karolin and 1 kg of the probiotic Cellobacterin-T per 1 ton of compound feed. In the course of research, it was found that the use of the studied preparations in the diets of broiler chickens contributes to an increase in the nutritional and biological value of the pectoral muscles of the experimental bird. Studies of the chemical composition of the meat of young experimental poultry indicated that broilers of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups contained less moisture in the pectoral muscles, respectively, by 0.16, 0.24 ($P<0.05$) and 0.35% ($P<0.01$); more organic matter – by 0.17 ($P<0.05$), 0.25 ($P<0.01$) and 0.35% ($P<0.01$); protein – by 0.24 ($P<0.05$), 0.29 ($P<0.05$) and 0.58% ($P<0.001$) than in control group chickens. Compared with the poultry of the control group, the meat of the pectoral muscles of broiler chickens of the experimental groups has a higher biological value and culinary and technological indicators. The best indicators of meat quality were found in poultry of the 3rd experimental group.

Keywords: broiler chickens, compound feed, Karolin, probiotics, meat quality.

For citation: Zlepkin, N. A., Salomatin, V. V. Varakin, A. T. & Zlepkin, V. A. (2023). Broiler chicken meat quality when feeding biologically active drugs. *Izvestia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 83–88 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_83

В ряде исследований убедительно показана необходимость и важность повышения биологической полноценности рационов за счёт использования эффективных кормовых средств [1-5].

Для дальнейшего совершенствования технологии ведения птицеводства многие исследования учёных также посвящены повышению качественных показателей мяса бройлеров при введении в рацион биологически активных кормовых добавок и препаратов [6-10].

Так, Лукашенко В. и др. [11] подчёркивают, что использование пробиотиков в технологии выращивания цыплят-бройлеров является одним из эффективных способов профилактики желудочно-кишечных заболеваний, основанных на экологически безопасных механизмах поддержания высокого уровня колонизационной резистентности кишечника, на стимуляции откорма птицы.

Из-за дефицита в кормлении цыплят-бройлеров кукурузы и травяной муки, которые являются основными источниками каротиноидов, особенно актуален вопрос обеспечения птицы каротинсодержащими препаратами.

В связи с этим, изучение влияния препарата Каролин совместно с пробиотиками на качественные показатели мяса бройлеров является актуальным и имеет практическое значение.

Цель исследований – повышение пищевой и биологической ценности мяса цыплят-бройлеров за счёт использования в рационах препарата Каролин совместно с пробиотическими препаратами.

Задачи исследований – изучить химический состав мяса грудных мышц цыплят-бройлеров, их биологическую ценность и определить кулинарно-технологические показатели качества мяса при включении в рационы препарата Каролин в сочетании с пробиотиками (Субтилис, Бацелл-М, Целлобактерин-Т).

Материал и методы исследований. Для выполнения научно-хозяйственного опыта сформировали 4 группы цыплят-бройлеров: одна из них – базового варианта (контрольная) и 3 опытных. При этом использовали птицу кросса «Росс-308», начиная с суточного возраста. В каждую группу были включены по 50 цыплят. Экспериментальные исследования выполнили в АО «Птицефабрика Краснодонская» Иловлинского района Волгоградской области. В соответствии с принятой технологией молодняк размещали в корпусе с напольным содержанием на глубокой подстилке в специально отгороженных секциях. Срок выращивания бройлеров составил 40 дней.

Показатели микроклимата помещения по сравниваемым группам цыплят-бройлеров не различались. Выращивали подопытную птицу мясного кросса «Росс-308» согласно рекомендациям. Её кормление выполняли вручную с раздачей комбикорма в специальные кормушки. Смешивание

изучаемых препаратов с комбикормом проводилось ступенчато. Поение бройлеров осуществляли вволю.

Подопытным бройлерам, с учётом фаз их выращивания, в рационы вводили полнорационные комбикорма (ПК). Так, с 1 по 4 сутки использовали ПК-0, с 5 по 14 – ПК-2, с 15 по 28 – ПК-5, с 29 по 34 – ПК-6, с 35 по 40 сутки – ПК-7. Особенности выращивания цыплят было то, что цыплятам всех опытных групп в дополнение к ПК скармливали по 2,5 л препарата Каролин в расчёте на 1 т комбикорма. Кроме того, птице 1-й опытной группы дополнительно задавали 0,35 кг пробиотика Субтилис, 2-й опытной – 2,0 кг пробиотика Бацелл-М, 3-й опытной группы – 1,0 кг пробиотика Целлобактерин-Т из расчёта на 1 т комбикорма.

В 40-дневном возрасте цыплят-бройлеров провели контрольный убой и анатомическую разделку тушек. Для контрольного убоя было взято из каждой сравниваемой группы по 6 голов (3 петушка и 3 курочки). Для определения химического состава, энергетической и биологической ценности, а также технологических свойств мышечной ткани была осуществлена анатомическая разделка тушек и отобраны средние образцы грудных мышц. Анатомическая разделка тушек проводилась в соответствии с методикой ВНИТИП (В. С. Лукашенко, М. А. Лысенко, Т. А. Столляр и др., 2013).

Результаты экспериментальных исследований были обработаны методом вариационной статистики.

Результаты исследований. Для оценки мясной продуктивности сельскохозяйственной птицы важным является качество получаемого мяса.

Анализ химического состава мяса является объективным методом его оценки [12].

Данные исследования химического состава грудных мышц подопытной птицы сравниваемых групп приведены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав мяса грудных мышц цыплят-бройлеров

Группа	Показатель			
	Влага	Белок	Жир	Зола
Контрольная	73,68±0,06	22,39±0,08	2,94±0,12	0,99±0,01
1-я опытная	73,52±0,05	22,63±0,06*	2,87±0,03	0,98±0,01
2-я опытная	73,44±0,05*	22,68±0,06*	2,90±0,09	0,98±0,01
3-я опытная	73,33±0,08**	22,97±0,05***	2,71±0,12	0,99±0,02

Примечание. * – P≤0,05; ** – P≤0,01; *** – P≤0,001.

Согласно полученным результатам исследования, меньше влаги в мясе грудных мышц, и, в связи с этим, преимущество по содержанию в них сухого вещества имела птица опытных групп. Так, содержание влаги в грудных мышцах бройлеров контрольной группы было равным 73,68%, у бройлеров 1-й опытной группы отмечено её снижение, составившее 0,16%; при достоверной разнице у бройлеров 2-й и в 3-й опытных групп соответственно, на 0,24 и 0,35%. При этом показатель содержания белка в исследуемых мышцах цыплят в контроле составил 22,39%, а у птицы опытных групп он был с достоверным преимуществом, соответственно на 0,24; 0,29 и 0,58%.

Однако у цыплят-бройлеров базового варианта содержание жира в грудных мышцах было выявлено выше, чем в 1-й, 2-й и 3-й опытных группах, соответственно, на 0,07; 0,04 и 0,23%. Вместе с этим, существенных различий по содержанию золы в мясе грудных мышц у подопытных бройлеров между группами не было установлено.

В целом цыплята в контроле имели показатель содержания органического вещества в исследуемых мышцах 25,33 %, а в опытных группах он был с преимуществом на 0,17 (P<0,05), 0,25 (P<0,01) и 0,35% (P<0,01) соответственно. Энергетическая ценность мяса грудных мышц цыплят-бройлеров существенно не различалась и составила по группам (МДж/кг), соответственно, 4,99±0,03; 5,00±0,01; 5,02±0,03 и 4,99±0,04.

При определении качества мяса важное значение имеет состав его белков. Поэтому необходимо знать соотношение полноценных и неполноценных белков, которое выражается белково-качественным показателем (БКП).

Результаты исследования (рис. 1) показали, что содержание триптофана в мясе грудных мышц цыплят-бройлеров базового варианта было равным 1,47%, при установленном по нему достоверном преимуществе у птицы 1-й опытной группы на 0,07% ($P<0,05$), 2-й опытной – на 0,09 ($P<0,05$) и 3-й опытной группы – на 0,11% ($P<0,01$). Однако содержание оксипролина в изучаемой мышечной ткани у подопытного молодняка между группами существенно не различалось и варьировало от 0,35 до 0,36%.

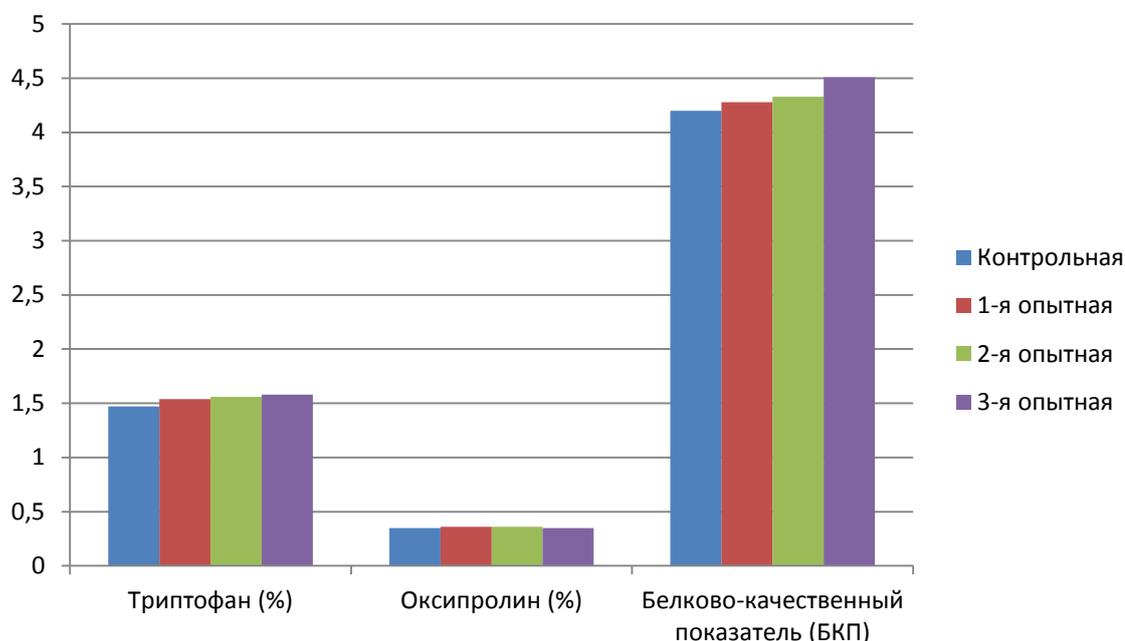


Рис. 1. Биологическая ценность мяса грудных мышц подопытной птицы

В мясе грудных мышц у цыплят было выявлено варьирование БКП между группами – от 4,20 до 4,51. Причём, в контроле БКП составил 4,20, что уступает 1-й опытной группе на 1,90%, 2-й опытной – на 3,10 и 3-й опытной группе – на 7,38%.

Качество произведённого мяса также взаимосвязано с технологическими свойствами. Его кулинарная ценность в значительной степени находится в зависимости от последних. Данные исследования кулинарно-технологического показателя (КТП) мяса грудных мышц подопытной птицы отражены в таблице 2.

Таблица 2

Кулинарно-технологические свойства мышечной ткани цыплят-бройлеров

Группа	Показатель		
	Водосвязывающая способность, %	Увариваемость, %	КТП
Контрольная	59,08±0,13	35,22±0,11	1,68
1-я опытная	59,38±0,07	34,82±0,11*	1,70
2-я опытная	59,46±0,09*	34,68±0,11**	1,71
3-я опытная	59,72±0,12**	34,43±0,09***	1,73

Примечание. * – $P\leq 0,05$; ** – $P\leq 0,01$; *** – $P\leq 0,001$.

Следует отметить, установлено положительное влияние скармливания испытуемых препаратов на кулинарную ценность произведённого мяса. В контрольной группе водосвязывающая способность мяса грудных мышц бройлеров выявлена равной 59,08%, что ниже такого показателя в 1-й опытной группе на 0,30%, во 2-й и 3-й опытных группах с достоверной разницей – на 0,38 и 0,64% соответственно. Положительным также является то, что показатель увариваемости исследуемой мышечной ткани в контроле составил 35,22%, а в опытных группах отмечено его снижение при достоверной разнице на 0,40; 0,54 и 0,79%. КТП мяса у птицы в 1-й опытной группе повысился на 1,19%, во 2-й опытной – на 1,79 и в 3-й опытной – на 2,98%.

Для дальнейшей оценки потребительских качеств произведённой продукции было выполнено исследование по органолептической оценке бульона, варёного и жареного мяса. Согласно общей оценке, показатель качества бульона из мяса цыплят-бройлеров в базовом варианте был равным 3,77 баллов, против 3,87 баллов – в 1-й опытной группе, 3,92 – во 2-й опытной и 3,99 – в 3-й опытной группе. Соответственно, лучшее качество бульона получено из мяса грудных мышц птицы 3-й группы. Следует отметить, что варённому мясу мышечной ткани бройлеров опытных групп характерны следующие свойства: сочность, нежность, мясо с приятным запахом и вкусом. Общий балл варёного мяса мышечной ткани бройлеров 1-й опытной группы повысился на 4,01%, 2-й опытной – на 7,02 и 3-й опытной – на 10,53 %, по сравнению с контролем.

Более высокой общей оценкой качества характеризовалось жареное мясо грудных мышц птицы опытных групп – 4,15; 4,27 и 4,41 баллов соответственно, с установленным преимуществом на 0,16; 0,28 и 0,42 балла, по сравнению с цыплятами-бройлерами базового варианта.

Заключение. Использование в рационах цыплят-бройлеров препарата Каролин совместно с изучаемыми пробиотическими препаратами повышает пищевую и биологическую ценность грудных мышц. Лучшие показатели качества мяса выявлены у молодняка, которому вводили 2,5 л препарата Каролин совместно с 1 кг пробиотика Целлобактерин-Т на 1 т комбикорма.

Список источников

1. Петухова Е. И., Баймишев М. Х., Баймишев Х. Б. Восстановление функции размножения коров и кормовая добавка Оптиген // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 32–39. doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_32.
2. Варакин А. Т., Ховатов Н. Э., Гайирбегов Д. Ш., Симонов Г. А. Влияние кормовой добавки «Крезацин» на обмен веществ у ремонтных свинок // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 332–338. doi: 10.32786/2071-9485-2023-01-35.
3. Миронов Н. А., Карамеев С. В., Карамеева А. С. Особенности влияния сенажа с биоконсервантом «Грин-Грас 3×3» на продуктивные качества коров в зависимости от их упитанности // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 78–84. doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_78.
4. Симонов Г. А., Степурина М. А., Варакин А. Т., Зотеев В. С., Симонов А. Г., Воронцова Е. С. Биологическая ценность комплексной минеральной добавки для лактирующих коров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 238–247. doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-30.
5. Ховатов Н. Э., Гайирбегов Д. Ш., Варакин А. Т., Симонов Г. А. Эффективная кормовая добавка в рационах ремонтных свинок // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 441–447. doi: 10.32786/2071-9485-2023-01-48.
6. Саломатин В. В., Злепкин В. А., Паршкова В. О., Орлов Д. И. Влияние селеносодержащих препаратов на мясную продуктивность цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2019. № 11–12. С. 37–41.
7. Егоров И. А., Егорова Т. В., Криворучко Л. И., Брылин А. П., Белявская В. А., Большакова Д. С. Пробиотик в комбикормах для цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2019. № 3. С. 25–28.
8. Шитенкова Н. А., Саломатин В. В., Варакин А. Т., Коноблей Т. В. Влияние селена и пробиотика на мясную продуктивность цыплят-бройлеров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 85–90. doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_85.
9. Таринская Т. А., Гамко Л. Н. Продуктивность и качество мяса цыплят при использовании подкислителей // Птицеводство. 2018. № 1. С. 30–31.
10. Злепкин В. А., Саломатин В. В., Злепкин Д. А. Эффективность использования биологически активных добавок при выращивании цыплят-бройлеров на промышленной основе : монография. Волгоград : ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. 124 с.
11. Лукашенко В., Лысенко М., Дычаковская В., Слепухин В. Повышение качества мяса бройлеров с помощью пробиотиков // Птицеводство. 2011. № 9. С. 57–58.
12. Саломатин В., Злепкин Д., Кравченко Ю. Селенорганический препарат в кормлении свиней // Комбикорма. 2011. № 8. С. 82–83.

References

1. Petukhova, E. I., Baimishev, M. H. & Baimishev, Kh. B. (2023). Restoration of the breeding function of cows and feed additive Optigen. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 1, 32–39 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_32.

2. Varakin, A. T., Khovatov, N. E., Gayirbegov, D. Sh. & Simonov, G. A. (2023). The effect of the feed additive «Krezacin» on metabolism in repair pigs. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye (Proceedings of Ninevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education)*, (69) 1, 332–338 (in Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2023-01-35.
3. Mironov, N. A., Karamaev, S. V. & Karamaeva, A. S. (2023). Features of the effect of haylage with the bioconservant «GreenGrass 3×3» on the productive qualities of cows depending on their fatness. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 1, 78–84 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_78.
4. Simonov, G. A., Stepurina, M. A., Varakin, A. T., Zoteev, V. S., Simonov, A. G. & Vorontsova, E. S. (2022). Biological value of a complex mineral supplement for lactating cows. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye (Proceedings of Ninevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education)*, (66) 2, 238–247 (in Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-30.
5. Khovatov, N. E., Gayirbegov, D. Sh., Varakin, A. T. & Simonov, G. A. (2023). Efficient feed additive in the rations of repair pigs. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye (Proceedings of Ninevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education)*, (69) 1, 441–447 (in Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2023-01-48.
6. Salomatin, V. V., Zlepkin, V. A., Parshkova, V. O. & Orlov, D. I. (2019). Influence of selenium-containing preparations on the meat productivity of broiler chickens. *Pticevodstvo (Poultry)*, 11–12, 37–41 (in Russ.).
7. Egorov, I. A., Egorova, T. V., Krivoruchko, L. I., Brylin, A. P., Belyavskaya, V. A. & Bolshakova, D. S. (2019). Probiotic in compound feed for broiler chickens. *Pticevodstvo (Poultry)*, 3, 25–28 (in Russ.).
8. Shitenkova, N. A., Salomatin, V. V., Varakin, A. T. & Konobley, T. V. (2023). Impact of selenium and probiotic on meat productivity of broiler chickens. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 1, 85–90 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_85.
9. Tarinskaya, T. A. & Gamko, L. N. (2018). Productivity and quality of chicken meat when using acidifiers. *Pticevodstvo (Poultry)*, 1, 30–31 (in Russ.).
10. Zlepkin, V. A., Salomatin, V. V. & Zlepkin, D. A. (2019). *The effectiveness of the use of biologically active additives in the cultivation of broiler chickens on an industrial basis*. Volgograd : Volgograd State Agrarian University (in Russ.).
11. Lukashenko, V., Lysenko, M., Dychakovskaya, V. & Slepukhin, V. (2011). Improving broiler meat quality with probiotics. *Pticevodstvo (Poultry)*, 9, 57–58 (in Russ.).
12. Salomatin, V., Zlepkin, D. & Kravchenko, Yu. (2011). Selenium preparation in feeding pigs. *Kombikorma (Compound feed)*, 8, 82–83 (in Russ.).

Информация об авторах:

Н. А. Злепкина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
 В. В. Саломатин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
 А. Т. Варакин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
 В. А. Злепкин – доктор сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors:

N. A. Zlepkina – Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor;
 V. V. Salomatin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
 A. T. Varakin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
 V. A. Zlepkin – Doctor of Agricultural Sciences, Assistant Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
 The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 3.06.2023; одобрена после рецензирования 30.06.2023; принята к публикации 9.07.2023.

The article was submitted 3.06.2023; approved after reviewing 30.06.2023; accepted for publication 9.07.2023.

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Научная статья

УДК 636.2.033

doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_89

**ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ СПОСОБНОСТИ КОРОВ
И КАЧЕСТВО НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ ПРИ ЧИСТОПОРОДНОМ РАЗВЕДЕНИИ
И СКРЕЩИВАНИИ КАЛМЫЦКОЙ И МАНДОЛОНГСКОЙ ПОРОД**

**Хайридин Меликович Негматов¹, Наиль Мирзаханович Губайдуллин², Хамит Харисович Тагиров^{3✉},
Игорь Рамилевич Газеев⁴, Винер Равшанович Минибаев⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Республика Башкортостан, Россия

¹haridin.negmatov@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0003-9848-409X>

²ngubaidullin@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4523-2265>

³tagirov-57@mail.ru✉, <http://orcid.org/0000-0002-8940-5631>

⁴gazeevigor@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2746-8634>

⁵viner.minibayev88@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0000-6712-660X>

Цель исследований – дать оценку воспроизводительной способности коров и качества новорожденных телят при чистопородном разведении и скрещивании калмыцкой и мандолонгской пород мясного скота. Изучение влияния метода чистопородного разведения и скрещивания калмыцкой и мандолонгской пород мясного скота на воспроизводительные способности коров и качество новорожденных телят проводили в условиях фермерского хозяйства «ИП Бугаева В.С.» Самарской области. Материалом исследований служили коровы калмыцкой, мандолонгской пород и их помеси первого поколения, а также новорожденные телята в первые сутки после рождения. У новорожденных бычков калмыцкой и мандолонгской пород, а также помесей первого и второго поколений изучали время проявления основных физиологических реакций: вставание на ноги, проявление рефлекса сосания, потребление первой порции молозива, объем потребленного молозива относительно живой массы теленка. Установлено, что в связи с большой разницей по живой массе у коров и бычков при межпородном скрещивании, помесные телята первого поколения рождались крупными – 7,05-7,94% относительно живой массы матери, в результате доля отелов с осложнениями составила 20,0%. Телята, родившиеся при отелах с осложнениями медленнее адаптируются к условиям окружающей среды, у них слабее проявляется физиологическая активность. Первую порцию молозива помесные бычки из проблемной группы потребили позднее физиологической нормы на 9,3-15,4 мин в объеме, относительно их живой массы, меньше на 1,60-1,66% ($P < 0,001$). Поэтому для скрещивания калмыцкой и мандолонгской пород чтобы избежать трудных отелов необходимо отбирать только полновозрастных, хорошо развитых, с высокой живой массой коров калмыцкой породы.

Ключевые слова: порода, коровы, оплодотворяемость, трудные отелы, новорожденные бычки, качество телят.

Для цитирования: Негматов Х. М., Губайдуллин Н. М., Тагиров Х. Х., Газеев И. Р., Минибаев В. Р. Воспроизводительные способности коров и качество новорожденных телят при чистопородном разведении и скрещивании калмыцкой и мандолонгской пород // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 89–96. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_89

REPRODUCTIVE ABILITIES OF COWS AND THE QUALITY OF NEWBORN CALVES DURING PUREBRED BREEDING AND CROSSING OF KALMYK AND MANDOLONG BREEDS

Khayridin M. Negmatov¹, Nail M. Gubaidullin², Hamit Kh. Tagirov^{3✉}, Igor R. Gareev⁴, Viner R. Minibaev⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Bashkir State Agrarian University, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

¹haridin.negmatov@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0003-9848-409X>

²ngubaidullin@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4523-2265>

³tagirov-57@mail.ru✉, <http://orcid.org/0000-0002-8940-5631>

⁴gazeevigor@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2746-8634>

⁵viner.minibaev88@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0000-6712-660X>

The purpose of the research is to assess the reproductive ability of cows and the quality of newborn calves during purebred breeding and crossing of Kalmyk and Mandolong breeds of beef cattle. The study of the influence of the method of purebred breeding and crossing of Kalmyk and Mandolong breeds of beef cattle on the reproductive abilities of cows and the quality of newborn calves was carried out in the conditions of the farm «IP Bugaeva V.S.» of the Samara region. The research materials were Kalmyk and Mandolong cows and their first-generation crossbreeds, as well as newborn calves on the first day after birth. In newborn calves of the Kalmyk and Mandolong breeds, as well as first- and second-generation calves, the time of manifestation of the main physiological reactions was studied: getting on their feet, the manifestation of the sucking reflex, consumption of the first portion of colostrum, the volume of colostrum consumed relative to the live weight of the calf. It was found that due to the large difference in live weight in cows and bulls during interbreeding, crossbred calves of the first generation were born large – 7.05-7.94% relative to the live weight of the mother, as a result, the proportion of calving with complications was 20.0%. Calves born during calving with complications adapt more slowly to environmental conditions, their physiological activity is weaker. The first portion of colostrum was consumed by crossbred bulls from the problem group later than the physiological norm by 9.3-15.4 minutes in volume, relative to their live weight, less by 1.60-1.66% ($P < 0.001$). Therefore, to cross Kalmyk and Mandolong breeds, in order to avoid difficult calving, it is necessary to select only full-aged, well-developed, with a high live weight cows of the Kalmyk breed.

Keywords: breed, cows, fertility, difficult calving, newborn bulls, quality of calves.

For citation: Negmatov, H. M., Gubaidullin, N. M., Tagirov, H. H., Gazeev, I. R. & Minibaev, V. R. (2023). Reproductive abilities of cows and the quality of newborn calves during purebred breeding and crossing of Kalmyk and Mandolong breeds. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 3, 89–96 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_89

Основная задача, которая стоит перед агропромышленным комплексом Российской Федерации, – насыщение внутреннего рынка доступными высококачественными продуктами питания животного происхождения и, в первую очередь, мясом. Мясо в рационе человека занимает очень важное место, являясь источником белка животного происхождения, незаменимых аминокислот и целого ряда других, не менее важных для организма элементов. Институт питания академии медицинских наук РФ рекомендует потребление мяса, из расчета на душу населения, 82 кг в год, в том числе говядины – 43% (35,3 кг). При этом в России всегда существовал дефицит производства мяса, который в настоящее время составляет 18%, а говядины – 50% [1-6].

Мировой опыт показывает, что удовлетворение спроса на говядину в достаточном объеме невозможно без развития специализированного мясного скотоводства. В России доля производства говядины от разведения чистопородного и помесного скота мясного направления составляет около 20%, в то время как в США и Канаде этот показатель достигает 70-75%, в Австралии – 85%, в странах ЕС – 40-50% [7-9].

Важным резервом в производстве говядины является интенсификация скотоводства и повышение генетического потенциала продуктивности мясных пород крупного рогатого скота. По данным сводных бонитировок, представленных ВНИИ племенного дела, в России для производства

говядины используется 19 пород и типов специализированного мясного скота, разводимых в 57 регионах. Доминирующее положение в структуре пород мясного направления занимают: абердин-ангусская порода – 41,8%, калмыцкая – 27,1, герефордская – 15,8, казахская белоголовая – 10,6%, которые среди общего поголовья мясных пород составляют 95,3% [10-14].

Для улучшения мясных форм, повышения мясной продуктивности и качества мяса калмыцкой породы в 2010-2011 гг. в Самарскую область из Австралии были завезены телки, нетели и быки-производители мандолонгской породы. Порода хорошо акклиматизируется в условиях резко континентального климата Среднего Поволжья, животные крупные, с крепкой конституцией, неприхотливые, устойчивые ко многим заболеваниям, маточное поголовье характеризуется высокими воспроизводительными качествами, молодняк – высокой энергией роста при выращивании и откорме. Единственный фактор, который может затруднить использование мандолонгской породы для скрещивания с калмыцкой породой, – это значительная разница в размере животных, что может стать причиной крупноплодия и трудных отелов [15-18].

Цель исследований – дать оценку воспроизводительной способности коров и качества новорожденных телят при чистопородном разведении и скрещивании калмыцкой и мандолонгской пород мясного скота.

Задачи исследований – изучить влияние метода разведения калмыцкой и мандолонгской пород мясного скота на воспроизводительные способности коров, легкость отелов, физиологические особенности новорожденных телят.

Материал и методы исследований. Изучение влияния метода чистопородного разведения и скрещивания калмыцкой и мандолонгской пород мясного скота на воспроизводительные способности коров и качество новорожденных телят проводили в условиях фермерского хозяйства «ИП Бугаева В.С.» Самарской области. Материалом исследований служили коровы калмыцкой, мандолонгской пород и их помеси первого поколения, а также новорожденные телята в первые сутки после рождения.

Для изучения воспроизводительных качеств коров были сформированы четыре группы животных после 2-3 отела, по 40 гол. в каждой, без признаков нарушения здоровья: I гр. – чистопородные калмыцкой породы (К), осеменяли быками калмыцкой породы, II гр. – чистопородные мандолонгской породы (М), осеменяли быками мандолонгской породы, III гр. – чистопородные калмыцкой породы, осеменяли быками мандолонгской породы, IV гр. – помеси первого поколения ($\frac{1}{2}K \times \frac{1}{2}M$), осеменяли быками мандолонгской породы. Для осеменения подопытных коров использовали способ ручной случки. Воспроизводительные качества коров оценивали по общепринятым в зоотехнии методикам. Трудность отелов оценивали по 5-балльной шкале.

Из новорожденных телят были сформированы четыре группы бычков, рожденных при стандартных (нормальных) отелах и четыре группы, рожденных при отелах с осложнениями; I гр. (контрольная) – чистопородные калмыцкой породы, II гр. (контрольная) – чистопородные мандолонгской породы, III гр. (опытная) – помеси первого поколения ($\frac{1}{2}K \times \frac{1}{2}M$), IV гр. (опытная) – помеси второго поколения ($\frac{1}{4}K \times \frac{3}{4}M$). Физиологические особенности, связанные с проявлением поведенческих реакций телят после рождения, оценивали методом наблюдения в течении 24 ч после рождения. Количество потребленного молозива определяли методом взвешивания телят на электронных весах до и после сосания матери.

Результаты исследований. Эффективность разведения животных, независимо от их породной принадлежности и направления продуктивности, характеризуется воспроизводительными способностями, от которых зависят возможности воспроизводства стада (табл. 1).

Основной проблемой, которую можно предполагать при скрещивании калмыцкой и мандолонгской пород, является значительная разница в размерах животных этих двух пород. Мандолонгская порода более крупная, по сравнению с калмыцкой породой, живая масса коров больше на 261 кг (53,6%), быков-производителей – на 468 кг (58,8%). В опыте разница по живой массе быков и коров калмыцкой породы составила 309 кг (63,4%), мандолонгской породы – 516 кг (69,0%), быков мандолонгской породы и коров калмыцкой породы – 772 кг (156,9%). В связи с этим, вероятность получения очень крупного плода при скрещивании коров калмыцкой породы с быками мандолонгской породы достаточно велика.

Таблица 1

Воспроизводительные качества коров при чистопородном разведении и скрещивании

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Поголовье коров, гол.	40	40	40	40
Живая масса коров, кг	487±5,2	748±7,9	492±4,9	679±5,6
Оплодотворяемость, гол. %:				
от 1-го осеменения	31/77,5	29/72,5	32/80,0	30/75,0
от 2-го осеменения	7/17,5	8/20,0	5/12,5	9/22,5
от 3-го осеменения	2/5,0	3/7,5	3/7,5	1/2,5
Продолжительность стельности, дней	282,7±3,2	284,3±4,1	285,2±2,9	283,6±3,5
Продолжительность отела, ч	8,6±0,63	9,3±0,79	10,8±0,72	8,9±0,66
в т.ч. отделение последа, ч	2,3±0,11	2,8±0,15	3,6±0,19	2,6±0,17
Задержание последа, гол. %	-	4/10,0	10/25,0	3/7,5
Отел с осложнениями, гол. %	1/2,5	6/15,0	8/20,0	4/10,0

Исследования показали, что значительных различий по оплодотворяемости коров от первого осеменения у подопытных животных не было. Наиболее высокая оплодотворяемость (80,0%) отмечена у коров калмыцкой породы при спаривании с быками мандолонгской породы, а самая низкая оплодотворяемость (72,5%) у коров мандолонгской породы. Продолжительность стельности коров контрольных и опытных групп была в рамках физиологической нормы.

Время продолжительности отела учитывали с момента появления первых схваток до отделения последа. Самый продолжительный родовой период был у коров III гр. – 10,8 ч, а самый короткий (8,6 ч) – у коров I гр. При этом в обеих группах были коровы калмыцкой породы. Аналогичная ситуация отмечена между группами и по продолжительности отделения последа.

Таким образом, установлено, что чем больше разница по живой массе между коровой и быком, особенно при межпородном скрещивании, тем больше вероятность формирования крупного плода. В результате в III гр. коров отмечено 2,0% отелов с осложнениями, а в I гр. коров их было 2,5% и то по причине неправильного предлежания теленка. Отелы с осложнениями в большинстве случаев стали основной причиной задержания последа у коров.

В соответствии с физиологической нормой масса новорожденных телят относительно живой массы матери у крупного рогатого скота составляет 5,0-7,0%. Как показывает практика, увеличение относительной массы плода более 6,5%, является основной причиной отелов с осложнениями и рождения слабых нежизнеспособных телят (табл. 2).

Таблица 2

Физиологические особенности новорожденных бычков при стандартных отелах

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Поголовье бычков, гол.	16	17	12	16
Живая масса новорожденных, кг	28,3±0,31	48,5±0,49	34,9±0,35	41,4±0,43
Относительная масса телят по отношению к живой массе матери, %	5,81±0,03	6,48±0,04	7,05±0,05	6,13±0,04
Встал на ноги после рождения, мин	28,6±0,34	32,5±0,42	34,3±0,37	30,8±0,33
Появление сосательного рефлекса, мин	33,7±0,36	38,9±0,51	41,7±0,44	36,5±0,39
Потребление первой порции молозива, мин	42,4±0,48	49,1±0,56	52,8±0,59	47,3±0,51
Объем первой порции молозива, кг	1,48±0,04	2,88±0,07	1,79±0,05	2,32±0,08
Объем первой порции молозива относительно живой массы теленка, %	5,23±0,02	5,94±0,04	5,12±0,03	5,61±0,03
Количество глотков за время первого подсоса	528,6±4,31	738,5±5,79	577,4±4,68	703,0±5,24
Величина одного глотка в среднем, г	2,8±0,05	3,9±0,08	3,1±0,06	3,3±0,07
Продолжительность первого подсоса, мин	6,42±0,06	7,33±0,09	6,78±0,08	7,61±0,11
Количество сосаний в первые сутки	5	5	5	5
Объем потребленного молозива за сутки, кг	5,48±,13	10,28±0,21	7,08±0,16	8,57±0,18

Интересная тенденция прослеживается при изучении калмыцкой и мандолонгской пород. Установлено, что при чистопородном разведении от коров калмыцкой породы больше рождается

телок, а от мандолонгской породы – бычков. В данном опыте у коров I гр. бычков родилось 42,5%, II гр. – 55,0, III гр. – 50,0, IV гр. – 47,5%.

При стандартных отелах бычки во всех группах рождались крепкими, энергичными, без видимых морфологических и физиологических отклонений в развитии. При этом самая низкая относительная живая масса телят была у калмыцкой породы (5,81%). Относительная живая масса телят мандолонгской породы была больше на 0,67% ($P<0,001$), помесей первого поколения – на 1,24% ($P<0,001$), помесей второго поколения – на 0,32% ($P<0,001$).

Изучение времени проявления у телят после рождения отдельных физиологических функций показало, что чем больше относительная живая масса у телят, тем больше ее отрицательное влияние на данные физиологические функции. Быстрее всех вставали на ноги после рождения, проявляли сосательные рефлексы и потребляли первую порцию молозива методом естественного подсоса телята калмыцкой породы. Больше всего времени на проявление данных функций потребовалось телятам III гр., даже при нормальном прохождении отела.

В связи с породными особенностями и породностью новорожденные бычки значительно различались по живой массе и, как следствие, по объему сычуга. В результате, телята калмыцкой породы, как самые мелкие, потребили при первом подсосе матери 1,48 кг молозива, у телят II гр. объем первой порции молозива был больше на 1,40 кг (94,6%; $P<0,001$), III гр. – на 0,31 кг (20,9%; $P<0,001$), IV гр. – на 0,84 кг (56,8%; $P<0,001$). Так как различия по объему первой порции потребленного молозива обусловлены породными особенностями телят, то различия по объему первой порции относительно живой массы новорожденного были незначительными и находились в пределах зоотехнической нормы (5-6%).

Отелы с осложнениями отрицательно влияют на жизнеспособность и активность новорожденных, телята рождаются инфантильными, у них слабо и с большим запозданием проявляются основные физиологические функции (табл. 3).

Таблица 3

Физиологические особенности новорожденных бычков, полученных при отелах с осложнениями

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Поголовье бычков, гол.	1	5	8	3
Живая масса новорожденных, кг	31,0	54,4±0,56	38,6±0,44	48,9±0,51
Относительная масса телят по отношению к живой массе матери, %	6,39	7,37±0,06	7,94±0,08	7,21±0,05
Встал на ноги после рождения, мин	32,0	36,8±0,51	43,5±0,63	35,1±0,47
Появление сосательного рефлекса, мин	43,0	48,5±0,58	57,2±0,66	49,9±0,49
Потребление первой порции молозива, мин	59,0	67,8±0,65	75,4±0,72	69,3±0,57
Объем первой порции молозива, кг	1,10	1,95±0,09	1,36±0,07	1,65±0,10
Объем первой порции молозива относительно живой массы теленка, %	3,55	3,58±0,03	3,52±0,02	3,37±0,04
Количество глотков за время первого подсоса	440	590,9±4,86	503,7±3,79	589,3±5,47
Величина одного глотка в среднем, г	2,5	3,3±0,03	2,7±0,05	2,8±0,03
Продолжительность первого подсоса, мин	6,38	7,35±0,12	6,83±0,09	7,79±0,13
Количество сосаний в первые сутки	6	4	4	5
Объем потребленного молозива за сутки, кг	5,12	8,34±0,30	6,10±0,27	7,49±0,34

Исследования показали, что при отелах с осложнениями живая масса новорожденных бычков была больше, чем при нормальных отелах, в I гр. – на 2,7 кг (9,5%), во II гр. – на 5,9 кг (12,2%; $P<0,001$), в III гр. – на 3,7 кг (10,6%; $P<0,001$), в IV гр. – на 7,5 кг (18,1%; $P<0,001$). Относительная масса телят по отношению к живой массе матери была более 7%, что и послужило причиной трудных отелов.

Отставание телят от физиологической нормы по времени вставания на ноги после рождения, проявлению сосательного рефлекса привели к тому, что первую порцию молозива они потребили также позднее установленной нормы. При этом, несмотря на более высокую живую массу, объем первой порции молозива был меньше, чем у телят при нормальном отеле в натуральных единицах, соответственно, по группам: на 0,38 кг (25,7%); 0,93 кг (32,3%; $P<0,001$); 0,43 кг

(24,0%; $P < 0,001$); 0,67 кг (28,9%; $P < 0,001$); относительно своей живой массы – на 1,68%; 2,36% ($P < 0,001$); 1,60% ($P < 0,001$); 1,66% ($P < 0,001$).

В связи с пониженной активностью телят, рожденные при отелах с осложнениями, за первые сутки жизни потребили меньше молозива, соответственно, на 0,36 кг (6,6%); 1,94 кг (18,9%; $P < 0,001$); 0,98 кг (13,8%; $P < 0,01$); 1,08 кг (12,6%; $P < 0,01$). Таким образом, при нормальных отелах объем потребленного молозива за сутки, относительно живой массы телят, составил 19,4-21,2%, что соответствует физиологической норме, при отелах с осложнениями – 15,3-16,5%, что ниже нормы (18-20%).

Заключение. В связи с большой разницей в живой массе коров и быков при межпородном скрещивании помесные телята первого поколения рождались крупными – 7,05-7,94% относительно живой массы матери, в результате доля отелов с осложнениями составила 20,0%. Телята, родившиеся при отелах с осложнениями, медленнее адаптируются к условиям окружающей среды, у них слабее проявляется физиологическая активность. Первую порцию молозива помесные бычки из проблемной группы потребили позднее физиологической нормы на 9,3-15,4 мин в объеме, относительно их живой массы, меньшем на 1,60-1,66% ($P < 0,001$). Поэтому для скрещивания калмыцкой и мандолонгской пород, чтобы избежать трудных отелов, необходимо отбирать только полновозрастных, хорошо развитых с высокой живой массой коров калмыцкой породы.

Список источников

1. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Николаев Д. В., Мирошников А. С. Влияние породной принадлежности бычков на морфологический состав туш и биологическую ценность говядины // Молочное и мясное скотоводство. 2023. №2. С. 22–25.
2. Дунин И. М., Тяпугин С. Е., Мещеров Р. К. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы // Молочное и мясное скотоводство. 2020. №2. С. 2–7.
3. Карамаев С. В., Матару Х. С., Валитов Х. З., Карамаева А. С. Мандолонгская порода скота – впервые в России : монография. Кинель : РИО СГСХА, 2017. 185 с.
4. Каюмов Ф. Г., Баринов В. Э., Манджиев Н. В. Калмыцкий скот и пути его совершенствования : монография. Оренбург : Агентство Пресса, 2015. 158 с.
5. Сидихов Т. М., Амерханов Х. А., Каюмов Ф. Г., Герасимов Н. П. Повышение эффективности производства говядины путем рационального использования породных ресурсов : монография. Оренбург : Агентство Пресса, 2017. 286 с.
6. Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А., Кулинцев В. В., Глембовский В. В. Мясная продуктивность абердин-ангусской породы в зависимости от типа телосложения : монография. Ставрополь: Северо-Кавказский ФАНЦ, 2022. 196 с.
7. Амерханов Х., Мирошников С., Костюк Р., Дунин И., Легошин Г. Проект Концепции устойчивого развития мясного скотоводства в Российской Федерации на период до 2030 года // Вестник мясного скотоводства. 2017. №1. С. 7–12.
8. Сидорова В. Ю. Результаты имитационного моделирования процессов разведения чистопородного и помесного мясного скота // Молочное и мясное скотоводство. 2023. №2. С. 15–18.
9. Шевхужев А. Ф., Улимбашев Р. А., Улимбашев М. Б. Мясная продуктивность бычков разного генотипа в зависимости от технологии производства говядины // Зоотехния. 2015. №3. С. 23–26.
10. Дунин И. М. Племенные ресурсы специализированного мясного скота – основы интенсивного производства говядины в России // Зоотехния. 2018. №2. С. 2–4.
11. Дюльдина А. В., Тяпугин Е. Е., Тяпугина С. Е. Характеристика племенной базы абердин-ангусской и калмыцкой пород скота в Российской Федерации // Зоотехния. 2020. №3. С. 19–23.
12. Каюмов Ф. Г., Шевхужев А. Ф. Состояние и перспективы развития мясного скотоводства в России // Зоотехния. 2016. №11. С. 2–6.
13. Карамаев С. В., Карамаева А. С., Валитов Х. З. Мясная продуктивность чистопородных и помесных бычков калмыцкой и мандолонгской пород // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №2. С. 38–45.
14. Хакимов И. Н., Живалбаева А. А. Живая масса и абсолютные приросты молодняка герефордской породы разных генотипов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. №1. С. 72–77.
15. Карамаев С. В., Матару Х. С., Китаев Е. А. Мандолонгская порода – впервые в России // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. №3(27). С. 99–102.

16. Карамаев С. В., Матару Х. С., Валитов Х. З., Карамаева А. С. Продуктивные качества молодняка мандолонгской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2017. №1. С. 19–22.
17. Матару Х. С., Карамаев С. В. Рост и развитие молодняка мандолонгской породы крупного рогатого скота // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. №1. С. 78–81.
18. Молостова А. Ю., Карамаев С. В., Карамаева А. С. Влияние реципрокного скрещивания калмыцкой и мандолонгской пород на качество новорожденных телят первого поколения // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №3. С. 33–38.

References

1. Gorlov, I. F., Slozhenkina, M. I., Nikolaev, D. V. & Miroshnikov, A. S. (2023). The influence of the breed identity of bulls on the morphological composition of tesh and the biological value of beef. *Molochnoe i miasnoe skotovodstvo (Dairy and Beef Cattle Farming)*, 2, 22–25 (in Russ.).
2. Dunin, I. M., Tyapugin, S. E. & Meshcherov, R. K. (2020). The state of beef cattle breeding in the Russian Federation: realities and prospects. *Molochnoe i miasnoe skotovodstvo (Dairy and Beef Cattle Farming)*, 2, 2–7 (in Russ.).
3. Karamaev, S. V., Mataru, H. S., Valitov, H. Z. & Karamaeva, A. S. (2017). *Mandolong cattle breed – for the first time in Russia*. Kinel : PC Samara SAA (in Russ.).
4. Kayumov, F. G., Barinov, V. E. & Mandzhiev, N. V. (2015). *Kalmyk cattle and ways of its improvement*. Orenburg : Agentstvo Pressa (in Russ.).
5. Sidikhov, T. M., Amerkhanov, H. A., Kayumov, F. G. & Gerasimov, N. P. (2017). *Increasing the efficiency of beef production by rational use of breed resources*. Orenburg : Agentstvo Pressa (in Russ.).
6. Shevkhuzhev, A. F., Pogodaev, V. A., Kulintsev, V. V. & Glembovsky, V. V. (2022). *Meat productivity of the Aberdeen-Angus breed depending on the type of physique*. Stavropol : North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (in Russ.).
7. Amerkhanov, H., Miroshnikov, S., Kostyuk, R., Dunin, I. & Legoshin, G. (2017). Draft Concept of sustainable development of beef cattle breeding in the Russian Federation for the period up to 2030. *Vestnik miasnogo skotovodstva (The Herald of Beef Cattle Breeding)*, 1, 7–12 (in Russ.).
8. Sidorova, V. Yu. (2023). Results of simulation modeling of breeding processes of purebred and mixed beef cattle. *Vestnik miasnogo skotovodstva (The Herald of Beef Cattle Breeding)*, 2, 15–18 (in Russ.).
9. Shevkhuzhev, A. F., Ulimbashev, R. A. & Ulimbashev, M. B. (2015). Meat productivity of bulls of different genotypes depending on the technology of beef production. *Zootekhnika (Zootechnika)*, 3, 23–26 (in Russ.).
10. Dunin, I. M. (2018). Breeding resources of specialized beef cattle – fundamentals of intensive beef production in Russia. *Zootekhnika (Zootechnika)*, 2, 2–4 (in Russ.).
11. Dyuldina, A. V., Tyapugin, E. E. & Tyapugina, S. E. (2020). Characteristics of the breeding base of Aberdeen-Angus and Kalmyk cattle breeds in the Russian Federation. *Zootekhnika (Zootechnika)*, 3, 19–23 (in Russ.).
12. Kayumov, F. G. & Shevkhuzhev, A. F. (2016). The state and prospects of development of beef cattle breeding in Russia. *Zootekhnika (Zootechnika)*, 11, 2–6 (in Russ.).
13. Karamaev, S. V., Karamaeva, A. S. & Valitov, H. Z. (2022). Meat productivity of purebred purebred bulls of Kalmyk and Mandolong breeds. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 2, 38–45 (in Russ.).
14. Khakimov, I. N. & Zhivalbayeva, A. A. (2017). Live weight and absolute increments of young cattleFord breeds of different genotypes. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 72–77 (in Russ.).
15. Karamaev, S. V., Mataru, H. S. & Kitaev, E. A. (2014). Mandolong breed – for the first time in Russia. *Vestnik Uliianovskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy)*, (27)3, 99–102 (in Russ.).
16. Karamaev, S. V., Mataru, H. S., Valitov, H. Z. & Karamaeva, A. S. (2017). Productive qualities of the young man of the Mandolong breed. *Molochnoe i miasnoe skotovodstvo (Dairy and Beef Cattle Farming)*, 1, 19–22 (in Russ.).
17. Mataru, H. S. & Karamaev, S. V. (2015). Growth and development of young cattle of the Mandolong breed. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 78–81 (in Russ.).
18. Molostova, A. Yu., Karamaev, S. V. & Karamaeva, A. S. (2022). The effect of reciprocal crossing of the Calico and Mandolong breeds on the quality of newborn calves of the first generation. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 3, 33–38 (in Russ.).

Информация об авторах:

Х. М. Негматов – аспирант;

Н. М. Губайдуллин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Х. Х. Тагиров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

И. Р. Газеев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

В. Р. Минибаев – ассистент.

Information about the authors:

H. M. Negmatov – postgraduate student;

N. M. Gubaidullin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

H. Kh. Tagirov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

I. R. Gazeev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

V. R. Minibaev – is an assistant.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 8.06.2023; одобрена после рецензирования 23.06.2023; принята к публикации 3.07.2023.

The article was submitted 8.06.2023; approved after reviewing 23.06.2023; accepted for publication 3.07.2023.

Содержание

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Аканова Н. И. (ВНИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова), Троиц Н. М. (Самарский государственный аграрный университет), Холомьева Л. Н. (АО «АПАТИТ»), Соловьев А. А. (Самарский государственный аграрный университет) Влияние фосфогипса на продуктивность лука при выращивании в условиях степной зоны Самарского Заволжья.....</i>	3
<i>Кибальник О. П. (Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы) Комбинационная способность компонентов скрещиваний гибридов F1 сахарного сорго по урожайности биомассы.....</i>	11
<i>Загорянский А. Н. (Средне-Волжский филиал ФГБНУ ВИЛАР), Никифорова О. И. (Средне-Волжский филиал ФГБНУ ВИЛАР), Сетин В. Н. (Средне-Волжский филиал ФГБНУ ВИЛАР), Кожевникова О. П. (Самарский государственный аграрный университет) Повышение биопродуктивности амми большой с применением регуляторов роста и микроудобрений в условиях Среднего Поволжья.....</i>	19
<i>Человечкова А. В. (Курганский государственный университет), Комиссарова И. В. (Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева – филиал ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет»), Мирошниченко Н. В. (Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева – филиал ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет») Прогнозирование почвенно-гидрологических параметров с помощью искусственного интеллекта.....</i>	28

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

<i>Ерзамаев М. П. (Самарский государственный аграрный университет), Сазонов Д. С. (Самарский государственный аграрный университет), Артамонов Е. И. (Самарский государственный аграрный университет), Нестеров Е. С. (Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова) Исследование качества заделки верхнего слоя почвы ярусными плугами.....</i>	37
<i>Чуйков В. Е. (Пензенский государственный технологический университет), Коновалов В. В. (Пензенский государственный технологический университет), Донцова М. В. (Пензенский государственный технологический университет), Петрова С. С. (Самарский государственный аграрный университет) Обоснование направления совершенствования конструкций дробилок зерна.....</i>	45
<i>Сипунов В. А. (Пензенский государственный аграрный университет), Шумаев В. В. (Пензенский государственный аграрный университет), Фудина Е. В. (Пензенский государственный аграрный университет) Теоретические исследования дискового сошника с канавками в виде эпициклоиды по контуру.....</i>	56
<i>Уханов А. П. (Пензенский государственный аграрный университет), Сидоров Е. А. (Ульяновский государственный аграрный университет), Сидорова Л. И. (Ульяновский государственный аграрный университет) Работа тракторного дизеля на бионефтяном топливе в режиме холостого хода.....</i>	63

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

<i>Квочко А. Н. (Ставропольский государственный аграрный университет), Сулайманова Р. Т. (Университет «РЕАВИЗ»), Асхабова Э. Д. (Городская клиническая больница №15 им. О. М. Филатова), Сулайманова Л. И. (Городская поликлиника №52) Воздействие препарата эстрогенного ряда на динамику роста потомства лабораторных мышей.....</i>	70
<i>Газеев И. Р. (Башкирский государственный аграрный университет), Карамеев С. В. (Самарский государственный аграрный университет), Тагиров Х. Х. (Башкирский государственный аграрный университет), Карамеева А. С. (Самарский государственный аграрный университет) Особенности формирования волосяного покрова и строения кожи у бычков разных пород в зависимости от возраста и сезона года.....</i>	75
<i>Злепкина Н. А. (Волгоградский государственный аграрный университет), Саломатин В. В. (Волгоградский государственный аграрный университет), Варакин А. Т. (Волгоградский государственный аграрный университет), Злепкин В. А. (Волгоградский государственный аграрный университет) Качество мяса цыплят-бройлеров при скормливании биологически активных препаратов.....</i>	83
<i>Негматов Х. М. (Башкирский государственный аграрный университет), Губайдуллин Н. М. (Башкирский государственный аграрный университет), Тагиров Х. Х. (Башкирский государственный аграрный университет), Газеев И. Р. (Башкирский государственный аграрный университет), Минабаев В. Р. (Башкирский государственный аграрный университет) Воспроизводительные способности коров и качество новорожденных телят при чистопородном разведении и скрещивании калмыцкой и мандолонгской пород.....</i>	89

Contents

AGRICULTURE

<i>Akanova N. I. (All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D. N. Pryanishnikov), Trots N. M. (Samara State Agrarian University), Kholomieva L. N. (Joint Stock Company «APATIT»), Solovyov A. A. (Samara State Agrarian University)</i> Influence of phosphogypsum on onion productivity when growing in the steppe zone of the Samara Zavolzhie.....	3
<i>Kibalnik O. P. (Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn)</i> Combinational ability of components crosses of hybrids F1 sugar sorghum on biomass yield.....	11
<i>Zagoryansky A. N. (Sredne-Volzhsky Branch of FSBI VILAR), Nikiforova O. I. (Sredne-Volzhsky Branch of FSBI VILAR), Setin V. N. (Sredne-Volzhsky Branch of FSBI VILAR), Kozhevnikova O. P. (Samara State Agrarian University)</i> Increasing the bioproductivity of ammi majus with the application of growth regulators and microfertilizers in the conditions of the Middle Volga region.....	19
<i>Chelovechkova A. V. (Kurgan State University), Komissarova I. V. (Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev – branch of the Kurgan State University), Miroshnichenko N. V. (Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev – branch of the Kurgan State University)</i> Forecasting of soil-hydrological parameters with the help of artificial intelligence.....	28

TECHNOLOGY, MEANS OF MECHANIZATION AND POWER EQUIPMENT IN AGRICULTURE

<i>Erzamaev M. P. (Samara State Agrarian University), Sazonov D. S. (Samara State Agrarian University), Artamonov E. I. (Samara State Agrarian University), Nesterov E. S. (Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov)</i> Investigation of the quality of embedding the topsoil with tiered plows.....	37
<i>Chuikov V. E. (Penza State Technological University), Kononov V. V. (Penza State Technological University), Dontsova M. V. (Penza State Technological University), Petrova S. S. (Samara State Agrarian University)</i> Justification of the improving direction design of grain crushers.....	45
<i>Sipunov V. A. (Penza State Agrarian University), Shumaev V. V. (Penza State Agrarian University), Fudina E. V. (Penza State Agrarian University)</i> Theoretical studies of a disc coulter with grooves in the form of an epicycloid along the contour.....	56
<i>Ukhanov A. P. (Penza State Agrarian University), Sidorov E. A. (Ulyanovsk State Agrarian University), Sidorova L. I. (Ulyanovsk State Agrarian University)</i> Operation of tractor diesel powered by bio-oil fuel in idle mode.....	63

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

<i>Kvochko A. N. (Stavropol State Agrarian University), Sulaimanova R. T. (Universitet «REAVIZ»), Askhabova E. D. (O. M. Filatov City Clinical Hospital №15), Sulaimanova L. I. (City Polyclinic №52)</i> Effects of an estrogen drug on the growth dynamics of offspring of laboratory mice.....	70
<i>Gazeev I. R. (Bashkir State Agrarian University), Karamaev S. V. (Samara State Agrarian University), Tagirov H. H. (Bashkir State Agrarian University), Karamaeva A. S. (Samara State Agrarian University)</i> Features of the formation of hair and skin structure in bulls of different breeds depending on age and season of the year.....	75
<i>Zlepina N. A. (Volgograd State Agrarian University), Salomatin V. V. (Volgograd State Agrarian University), Varakin A. T. (Volgograd State Agrarian University), Zlepkin V. A. (Volgograd State Agrarian University)</i> Broiler chicken meat quality when feeding biologically active drugs.....	83
<i>Negmatov H. M. (Bashkir State Agrarian University), Gubaidullin N. M. (Bashkir State Agrarian University), Tagirov H. H. (Bashkir State Agrarian University), Gazeev I. R. (Bashkir State Agrarian University), Minibaev V. R. (Bashkir State Agrarian University)</i> Reproductive abilities of cows and the quality of newborn calves during purebred breeding and crossing of Kalmyk and Mandolong breeds.....	89

Информация для авторов

Самарский государственный аграрный университет предлагает всем желающим аспирантам, преподавателям, научным работникам опубликовать результаты исследований в научном журнале «Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии», который включен 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.

К публикации в журнале принимаются собственно новые, не опубликованные ранее основные научные результаты по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям наук, по которым присуждаются ученые степени:

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (биологические науки),
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (биологические науки),
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки),
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки),
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки),
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки),
- 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки),
- 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 84460.

Периодичность выхода – 4 раза в год.

Адрес редакции: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

Тел.: 8 939 754 04 86 (доб. 608), E-mail: ssaariz@mail.ru

Требования к оформлению статей

Статьи представляются на русском языке в электронном виде в редакцию журнала (ssaariz@mail.ru) или на платформу научных журналов «Эко-вектор» (<https://journals.eco-vector.com/1997-3225>). Статья набирается в редакторе Microsoft WORD со следующими параметрами страницы. Поля: верхнее – 2 см, левое – 3 см, нижнее – 2,22 см, правое – 1,5 см. Размер бумаги А4. Стилль обычный. Шрифт – Arial Narrow. Размер – 13, межстрочный интервал для текста – полуторный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту (1,27 см).

До основного текста статьи приводят следующие элементы издательского оформления (затем повторяют на английском языке): тип статьи; индекс УДК; заглавие; основные сведения об авторах (имя, отчество, фамилия, наименование организации, где работает или учится автор, адрес организации, электронный адрес автора, открытый идентификатор учёного (ORCID)); реферат (необходимо осветить цель, методы, результаты с приведением количественных данных, чётко сформулировать выводы, не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и предложений, средний объем 200-250 слов, шрифт 12 размера, интервал одинарный), 5-7 ключевых слов (словосочетаний). Имена приводят в транслитерированной форме на латинице по ГОСТ 7.79 или в той форме, в какой её установил автор.

Основной текст публикуемого материала должен быть изложен лаконичным, ясным языком (размер шрифта – 13). В начале статьи следует кратко сформулировать проблематику исследования (актуальность), затем изложить *цель исследования, задачи, материалы и методы исследований*, в конце статьи – *результаты исследований* с указанием их прикладного характера, *заключение*.

После основного текста статьи размещают (затем повторяют на английском языке) дополнительные сведения об авторах (учёные звания, учёные степени, другие (кроме ORCID) идентификационные номера авторов), сведения о вкладе каждого автора, указание об отсутствии или наличии конфликта интересов и детализация такого конфликта в случае его наличия.

В тексте могут быть таблицы и рисунки, таблицы создавать в WORD. Иллюстративный материал должен быть четким, ясным, качественным. Формулы набирать без пропусков по центру. Рисунки и графики только штриховые без полутонов и заливки цветом, подрисовочные надписи выравнивать по центру. Статья не должна заканчиваться формулой, таблицей, рисунком.

Объем рукописи 7-10 стандартных страниц текста, включая таблицы и рисунки (не более трех), таблицы должны иметь тематический заголовок, рисунки должны быть сгруппированы. Заголовок статьи не должен содержать более 70 знаков.

В *список источников* включаются записи только тех ресурсов, которые упомянуты или цитируются в основном тексте статьи. Не допускаются ссылки на учебники и учебные пособия! Библиографическую запись составляют по ГОСТ Р 7.0.5. Список источников на английском языке (References) оформляется согласно требованиям APA (American Psychological Association). Отсылки в тексте статьи заключают в квадратные скобки. Библиографические записи в списке источников нумеруют и располагают в порядке цитирования источников в тексте статьи.

По окончании статьи необходимо указать, какой научной специальности и отрасли науки соответствуют представленные в ней научные результаты.

Статья представляется в издательско-библиотечный центр в установленные сроки. Прилагается **ксерокопия абонеента на полугодовую подписку журнала в соответствии с количеством заявленных авторов. За содержание статьи** (точность приводимых в рукописи цитат, фактов, статистических данных) **ответственность несет автор (авторы)**. Материалы, оформление которых не соответствует изложенным выше требованиям, редколлегией не рассматриваются.

Текст статьи проверяется на дублирование, заимствование, уникальность должна быть не ниже 90%. В случае обнаружения некорректных заимствований и сомнительного авторства будет проведена процедура ретрагирования. При повторном выявлении таких случаев будет отказано в рассмотрении работ авторов в течение 2 лет и доведено до сведения руководителя организации, где работает автор.

Поступившие в редакцию материалы проходят экспертную оценку. В случае отрицательной рецензии статья с рецензией возвращается автору. Отклоненная статья может быть повторно представлена в редакцию после доработки по замечаниям рецензентов. Принятые к публикации или отклоненные редакцией рукописи авторам не возвращаются.

Образец оформления статьи

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья
УДК 633.152.47

КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА И ОБРАБОТКИ ГЕРБИЦИДАМИ

Анастасия Александровна Куконкова^{1✉}, Михаил Борисович Терехов²

¹Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, Нижний Новгород, Россия

¹ngsha-kancel-1@bk.ru[✉], <http://orcid.org/0000-...>

²ngsha-kancel-2@bk.ru, <http://orcid.org/0000-...>

Цель исследований – улучшить качество зерна ярового тритикале. Опыт закладывался по двухфакторной схеме в 4-кратной повторности. Изучено качество зерна ярового тритикале в зависимости от норм высева и обработки гербицидами (Магнум + Дикамерон Гранд). Посевной материал – яровой тритикале сорта Ульяна. Качество зерна зерновых культур оценивали рядом показателей, которые в совокупности характеризуют его физико-химические, пищевые и технологические свойства. Основные физические показатели качества зерна натура и стекловидность. Максимальными значениями натуры характеризовалось зерно, полученное в 2007 г. Натура зерна в условиях данного года варьировала от 715 до 716 г/л на вариантах без обработки и от 714 до 716 г/л – на вариантах с обработкой гербицидами. Во все годы исследований стекловидность зерна ярового тритикале в вариантах, обработанных гербицидом, была выше, относительно таковых, необработанных гербицидом. Содержание белка в зерне варьировало от 13,1 до 13,9% на вариантах, необработанных гербицидом, и от 13,7 до 14,7% – на вариантах, обработанных гербицидом. В среднем за 3 года величина валового сбора на вариантах без гербицидов составляла 372,3-437,9 кг/га, а на вариантах с обработкой посевов гербицидами – 505,1-553,5 кг/га. Максимальный валовый сбор белка с гектара был получен в 2008 г. Самым низким валовым сбором белка характеризовался 2007 г. Установлено, что качество зерна ярового тритикале зависело от нормы высева и обработки посевов гербицидами.

Ключевые слова: тритикале, натура, стекловидность, белок, гербициды.

AGRICULTURE

Original article

THE QUALITY OF SPRING TRITICALE GRAIN DEPENDING ON SOWING NORM AND PROCESSING BY HERBICIDES

Anastasia A. Kukonkova^{1✉}, **Mikhail B. Terekhov**²

^{1, 2}Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia

¹ngsha-kancel-1@bk.ru ✉, [http://orcid.org/0000- ...](http://orcid.org/0000-...)

²ngsha-kancel-2@bk.ru, [http://orcid.org/0000- ...](http://orcid.org/0000-...)

The purpose of the study – to improve the quality of grain of spring Triticale. The Experience was conducted within two-factor scheme in 4 replicates. The quality of grain of spring Triticale has been studied depending on seeding rates and herbicide treatment (Magnum + Dikameron Grand). Seed material – spring Triticale variety – Ulyana. The quality of grain crops was estimated by a number of indicators that jointly characterize its physical-chemical, nutritional and technological properties. The basic physical parameters of grain quality – nature and glassy. Grain obtained in 2007 has been characterized by Maximum values of nature. Grain nature of the current year ranged from 715 to 716 g/l for versions without herbicide treatment and from 714 to 716 g/l – for versions with herbicide treatment. In every experiment year herbicide treated spring Triticale grain glassiness was higher relative to that of untreated herbicide. The protein content in grain (average for 3 years) ranged from 13.1 to 13.9% for trials untreated herbicide and from 13.7 to 14.7% – by trials with herbicide treatment. The average 3-year value of total yield for treatments without herbicides was 372.3-437.9 kg/ha, and on the options to the processing of crops with herbicides – 505.1-553.5 kg/ha. The maximum total yield of protein per hectare was obtained in 2008 The lowest gross protein was characterized in 2007 found that the quality of grain of spring Triticale has been dependent on a seeding rate and herbicides application on seeded crops.

Keywords: triticale, nature, vitreous, protein, herbicides.

Эффективность любого агротехнического приема получения высоких урожаев тритикале подтверждает необходимость применения оптимальных норм высева, обработки гербицидами, и действия на качество получаемой продукции [2].

Цель исследований – улучшить качество зерна ярового тритикале.

Задачи исследований – определить оптимальные нормы высева и изучить зависимость от обработки гербицидами.

Материал и методы исследований. Продолжение текста статьи....

Результаты исследований. Продолжение текста статьи....

Заключение. Продолжение текста статьи....

Список источников

1. Алещенко А. М. Оценка исходного материала для селекции яровых форм тритикале // Достижения аграрной науки. 2020. № 3. С. 227–231.
2. Булавина Т. М. О влиянии агробиологических факторов на содержание белка в зерне ярового тритикале // Почвенные исследования и применение удобрений : сб. науч. тр. Минск : Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2017. С. 183–189.
3. Шарова Н. Н. Основные факторы, определяющие содержание белка в зерне озимого тритикале : монография. М. : Слово, 2018. 350 с.
- ...
7. Golan S., Faraj T., Rahamim E. et al. The effect of petroleum hydrocarbons on seed germination, development and survival of wild and cultivated plants in extreme desert soil // International Journal of Agriculture and Environmental Research. 2016. Vol. 2, Iss. 6. P. 1743–1767. doi: 10.12737/45062

References

1. Aleshchenko, A. M. (2020). Evaluation of the source material for the selection of spring forms of triticale. *Dostizheniia agrarnoi nauki (Achievements of agricultural science)*, 3, 227–231 (in Russ).
2. Bulavina, T. M. (2017). Agro-biological factors impact on spring triticale grain protein content. Soil research and fertilizers application 17': *collection of scientific papers*. (pp. 183–189). Minsk (in Russ).
3. Sharova, N. N. (2018). *The main factors determining the protein content in winter triticale grain*. Moscow: Slovo (in Russ).
- ...
7. Golan, S., Faraj, T. & Rahamim, E. et al. (2016). The effect of petroleum hydrocarbons on seed germination, development and survival of wild and cultivated plants in extreme desert soil. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 2, 6, 1743–1767. doi: 10.12737/45062

Информация об авторах:

А. А. Куконкова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
М. Б. Терехов – кандидат биологических наук, доцент.

Information about the authors:

A. A. Kukonkova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
M. B. Terekhov – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.