

ISSN 1817–5457 (print)
ISSN 2949–3552 (online)



ВЕСТНИК

Ижевской государственной
сельскохозяйственной академии

№ 4 (76) 2023





ВЕСТНИК

Ижевской государственной сельскохозяйственной академии
Научно-практический журнал • № 4 (76) 2023

Журнал основан в марте 2004 г. Выходит ежеквартально

Учредитель федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Удмуртский государственный аграрный университет»

Адрес редакции, издательства
и типографии:
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11,
кабинет 514.
E-mail: rio.isa@list.ru

Подписной индекс в объединенном
каталоге «Пресса России» 40567



Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-63611 от 02.11.2015.

Журнал включен
в Перечень ВАК, Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ),
реферативную базу данных AGRIS.

Ответственность за содержание статей
несут авторы публикаций.

Редакторы И. М. Мерзлякова,
С. В. Полтанова
Верстка А. А. Волкова
Перевод Л. А. Новикова
Фото на обложке Ш. А. Седембиля

Подписано в печать 20.12.2023 г.
Дата выхода в свет 25.12.2023 г.
Формат 60×84/8. Тираж 500 экз.
Заказ № 8848. Цена свободная.

© Удмуртский ГАУ, 2023

ISSN 1817-5457 (Print)
ISSN 2949-3552 (Online)
DOI 10/48012/1817-5457

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор

доктор технических наук, доцент А. А. Брацихин

Научный редактор

доктор сельскохозяйственных наук, профессор С. И. Коконев

Члены редакционного совета:

А. М. Ленточкин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

Т. Ю. Бортник – доктор сельскохозяйственных наук, доцент УдГАУ

Т. А. Бабайцева – доктор сельскохозяйственных наук, доцент УдГАУ

И. Н. Щенникова – доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
член-корреспондент РАН, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»

С. Н. Пономарев – доктор сельскохозяйственных наук,
ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН

Б. Б. Максимов – доктор PhD, Аграрный университет, г. Пловдив, Болгария

Т. Ф. Персикова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Белорусская ГСХА

Н. И. Филиппова – кандидат сельскохозяйственных наук,
ТОО НПЦЗХ им. А. И. Бараева, Казахстан

А. И. Любимов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

С. Л. Воробьева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

С. Д. Батанов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор УдГАУ

О. В. Горелик – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Уральский ГАУ

С. В. Карамеев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ

Л. М. Колбина – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, УдмФИЦ УрО РАН

Ю. Г. Крысенко – доктор ветеринарных наук, профессор УдГАУ

В. А. Ермолаев – доктор ветеринарных наук, профессор
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

И. Г. Конопельцев – доктор ветеринарных наук, профессор
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ

С. В. Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Уральский ГЛТУ

К. М. Габдрахимов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ

И. Л. Бухарина – доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО УдГУ

Д. А. Тихомиров – доктор технических наук, член-корреспондент РАН,
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

Ф. Ф. Мухамадьяров – доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО Вятская ГСХА

П. В. Дородов – доктор технических наук, профессор УдГАУ

А. Г. Левшин – доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

С. И. Юран – доктор технических наук, профессор УдГАУ

Н. П. Кондратьева – доктор технических наук, профессор УдГАУ

И. В. Юдаев – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ

Е. В. Харанжевский – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО УдГУ

К. К. Тулегенов – доктор PhD, Западно-Казахстанский
аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

Л. А. Садыкова – кандидат технических наук,
ассоциированный профессор Западно-Казахстанского
инновационно-технологического университета (ЗКИТУ), Казахстан



УдГАУ
УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

THE BULLETIN

of Izhevsk State Agricultural Academy

Theoretical and practical journal • № 4 (76) 2023

Journal was founded in March, 2004. Quarterly issued journal

Founder is Federal State Budget Education Institution
for Higher Education «Udmurt State Agricultural University»

Address of publisher, editorial office,
printing house:
426069, Izhevsk, Studencheskaya St., 11,
cabinet 514.
E-mail: rio.isa@list.ru

The subscription index in the integrated
catalogue "Press of Russia" is 40567



Registration certificate PI
№ FS77-63611 dated 02.11.2015.
was issued by Federal Service
in the Sphere of Telecom, Information
Technologies and Mass Communications
(Roskomnadzor).

The journal is included in the Higher
Attestation Commission List,
in the database of the Russian science
citation index and indexed
in the AGRIS international database.

The authors of publications
are responsible for the content of articles.

Editors I. M. Merzlyakova,
S. V. Poltanova
Layout A. A. Volkova
Translation L. A. Novikova
Cover photo by Sh. A. Sedembil

Signed for printing 20 December 2023.
Publication – 25 December 2023.
Format 60×84/8. Printing 500 iss.
Order № 8848. Free price.

© Udmurt State Agricultural University,
2023

ISSN 1817-5457 (Print)
ISSN 2949-3552 (Online)
DOI 10/48012/1817-5457

EDITORIAL BOARD

Editor in chief

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor *A. A. Bratsikhin*

Science editor

Doctor of Agricultural Sciences, Professor *S. I. Kokonov*

Members of Editorial Board:

A. M. Lentochkin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Udmurt State Agricultural University

T. Yu. Bortnik – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Udmurt State Agricultural University

T. A. Babaytseva – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Udmurt State Agricultural University

I. N. Shchennikova – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences,

Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky

S. N. Ponomarev – Doctor of Agricultural Sciences, TatSRIA FRC KazSC RAS

B. B. Maximov – Doctor PhD, Agrarian University of Plovdiv, Bulgaria

T. F. Persikova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Belarusian State Agricultural Academy

N. I. Filippova – Candidate of Agricultural Sciences

LLC SPCGF named after A. I. Baraev, Kazakhstan

A. I. Lubimov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Udmurt State Agricultural University

S. L. Vorobyeva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Udmurt State Agricultural University

S. D. Batanov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Udmurt State Agricultural University

O. V. Gorelik – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ural State Agrarian University

S. V. Karamaev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Samara State Agricultural Academy

L. M. Kolbina – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, UdmFRC UrDRAS

Yu. G. Krysenko – Doctor of Veterinary Science, Professor,
Udmurt State Agricultural University

V. A. Ermolaev – Doctor of Veterinary Science, Professor,
Ulyanovsk State Agricultural Academy

I. G. Konopeltsev – Doctor of Veterinary Science, Professor,
Vyatka State Agrotechnological University

S. V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Ural State Forest Engineering University

K. M. Gabdrakhimov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Bashkir State Agrarian University

I. L. Bukharina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Udmurt State University

D. A. Tikhomirov – Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member
of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM

F. F. Mukhamadyarov – Doctor of Technical Sciences,
Professor, Vyatka State Agricultural Academy

P. V. Dorodov – Doctor of Technical Sciences, Professor,
Udmurt State Agricultural University

A. G. Levshin – Doctor of Engineering Science, Professor,
Russian State Agrarian University named after K. A. Timiryazev

S. I. Yuran – Doctor of Technical Sciences, Professor, Udmurt State Agricultural University

N. P. Kondratyeva – Doctor of Technical Sciences, Professor,
Udmurt State Agricultural University

I. V. Yudaev – Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kuban State Agrarian University

E. V. Kharanzhevsky – Doctor of Technical Sciences, Professor, Udmurt State University

K. K. Tulegenov – Doctor PhD, Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical
University, Uralsk, Kazakhstan

L. A. Sadykova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
of West Kazakhstan Innovation and Technology University, Kazakhstan

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ

И. Г. Асылбаев, М. А. Севостьянов, Д. Р. Исламгулов, И. Ю. Кузнецов, Б. Г. Ахияров, Р. Р. Алимгафаров, Ф. Ф. Авсахов Использование искусственного почвогрунта при выращивании рассады овощных культур	4
В. И. Блохин, И. Ю. Никифорова, И. С. Ганиева, М. А. Ланочкина, Ю. В. Малафеева, Д. С. Дюрбин Преобладающее влияние гидротермических показателей межфазных периодов вегетации на продуктивность зерна и структуру урожая сортов ярового ячменя	9
Т. Ю. Бортник, А. Ю. Карпова Эффективность хлористого калия при его длительном использовании в зернопаропропашном севообороте на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве	18

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Ч. К. Болат-оол, Ш. А. Седембиль Естественное возобновление леса на вырубках и меры содействия в Ээрбекском участковом лесничестве	27
--	----

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

В. Р. Васильев, О. А. Краснова Сравнительная оценка роста бычков герефордской породы разных генеалогических линий	35
А. М. Дедюкин, Н. А. Санникова, В. А. Николаев Рост и развитие телок герефордской породы различного происхождения в условиях Удмуртской Республики	41
О. А. Краснова, Л. С. Рыболовлева, Е. П. Кириллова Откормочные качества свиней в зависимости от условий кормления в период доращивания	49
А. Н. Куликов Сравнение эффективности применения в качестве кормовой добавки растворов неорганических солей металлов-микроэлементов и растворов их хелатных комплексных соединений, получаемых <i>ex tempore</i>	55

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, В. Ф. Первущин, А. В. Малинин Упрочнение сегментных ножей Schumacher Pro Cut лазерной закалкой	63
В. А. Семькин, В. Н. Трубников, И. В. Коротков Экспериментальная оценка работы дополнительного распределительного диска разбрасывателя гранулированных удобрений	68
И. В. Юдаев, Е. А. Рожков Исследование методов обнаружения дефектов семян пшеницы по изображению современными фотосепараторами.	76

CONTENTS

AGRONOMY

I. G. Asylbaev, M. A. Sevostyanov, D. R. Islamgulov, I. Yu. Kuznetsov, B. G. Akhiyarov, R. R. Alimgafarov, F. F. Avsakhov Artificial soil application in growing vegetable seedlings	4
V. I. Blokhin, I. Yu. Nikiforova, I. S. Ganieva, M. A. Lanochkina, Yu. V. Malafeeva, D. S. Durbin Prevailing influence of hydrothermal parameters of vegetation interphase periods on grain productivity and yield structure of spring barley varieties	9
T. Yu. Bortnik, A. Yu. Karpova Effectiveness of potassium chloride in long-term application in grain-fallow crop rotation on soddy-medium-podzolic medium-loamy soil.	18

FOREST MANAGEMENT

Ch. K. Bolat-ool, Sh. A. Sedembil Natural reforestation in clearings and assistance measures in the Eerbek forest district	27
--	----

ZOOTECHNICS AND VETERINARY SCIENCE

V. R. Vasilyev, O. A. Krasnova Comparative evaluation of growth of Hereford bull-calves of different genealogical lines	35
A. M. Dedyukin, N. A. Sannikova, V. A. Nikolayev Growth and development of Hereford heifers of various origins in the conditions of the Udmurt Republic	41
O. A. Krasnova, L. S. Rybolovleva, E. P. Kirillova Fattening qualities of pigs depending on feeding conditions during the nursery period.	49
A. N. Kulikov Efficiency evaluation of <i>ex tempore</i> solutions of chelate complex compounds of microelements as a feed additive	55

TECHNICAL SCIENCES

A. G. Ipatov, S. N. Shmykov, V. F. Pervushin, A. V. Malinin Hardening Schumacher Pro Cut segmented knives by laser hardening	63
V. A. Semykin, V. N. Trubnikov, I. V. Korotkov Experimental evaluation of the operation of an additional distribution disc for a granulated fertilizer spreader	68
I. V. Yudaev, E. A. Rozhkov Investigation of methods for detecting defects of wheat seeds by image with modern photo separators	76

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ПОЧВОГРУНТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАССАДЫ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Асылбаев Ильгиз Галлямович¹ ✉, Севостьянов Михаил Анатольевич²,
Исламгулов Дамир Рафаэлович³, Кузнецов Игорь Юрьевич⁴,
Ахияров Булат Гилимханович⁵, Алимгафаров Раиль Рафикович⁶,
Авсахов Фирдавис Фархатович⁷

^{1,3,4,5,6,7}ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Уфа, Россия

²ФГБНУ ВНИИФ, Московская обл., Россия

✉ilgiz_bsau@mail.ru

Аннотация. Создание искусственных почвогрунтов является актуальной проблемой в переработке и вторичном использовании отходов растительного и промышленного происхождения. Представляет интерес использование нового комплексного органического удобрения (КОУ) при производстве почвогрунтов. В связи с этим целью исследования являлось изучение влияния искусственных почвогрунтов в смеси с агроメリорантами на рост и развитие растений томата и огурца при выращивании рассады в условиях Республики Башкортостан. Опыты были заложены в Smart-теплице ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ на растениях огурца и томата. Изучены сохранность растений, высота и масса растений. Опыт применения искусственного почвогрунта с использованием комплексного органического удобрения при выращивании рассады овощных культур показал положительный результат. Из изучаемых вариантов самыми продуктивными оказались почвогрунты с использованием комплексного удобрения при выращивании рассады огурца в соотношении почва 50 % + КОУ 50 % и почва 75 % + КОУ 25 %; при выращивании рассады томата – в смеси с агроメリорантами почва 50 % + КОУ 50 % + микориза, почва 50 % + КОУ 50 % + фосфогипс, почва 50 % + КОУ 50 % + цеолит. Лучшей эффективностью при выращивании томата характеризовался вариант почва 50 % + КОУ 50 % + микориза, где масса растений превысила контрольный вариант на 155,2 г, или в 2,38 раза.

Ключевые слова: комплексное органическое удобрение, томат, огурец, биометрические показатели.

Для цитирования: Использование искусственного почвогрунта при выращивании рассады овощных культур / И. Г. Асылбаев, М. А. Севостьянов, Д. Р. Исламгулов [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(76). С. 4-9. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_4-9.

Актуальность исследований. От гранулометрического состава почвы во многом зависят ее основные свойства. В мелкодисперсную коллоидную и илистую фракции почвы входят алюмосиликатные минералы, в которых содержится больше алюминия и железа, кальция, магния, калия, натрия, фосфора. В тяжелых глинистых и суглинистых почвах больше элементов питания, чем в песчаных и супесчаных. При взаимодействии агрохимикатов с почвой ее поглотительная способность может увеличиться за счет поступления тонкодисперсных частиц минеральной и органической природы [5]. Содержание органического вещества в подзолистых и черноземных почвах со-

ставляет 1–3 %, а в черноземных – 8–10 %. Органическое вещество почвы состоит, как правило, на 85–90 % из гуминовых и фульвокислот, а также небольшого количества растительных остатков, микробиологических и негумифицированных частиц от жизнедеятельности животных. Органическое вещество почвы включает в себя запас азота, а также серу и фосфор. В процессе минерализации органических материалов азот, фосфор и сера переходят в доступные формы для растений [5]. Гуминовые и фульвокислоты, а также углекислый газ, образующийся в почве при разложении органического вещества, оказывают растворяющее действие на труднорастворимые минеральные

соединения фосфора, кальция, калия, магния, в результате эти элементы питания переходят в усвояемую для растений форму.

Для определения эффективности использования почвогрунтов в смеси с различными местными агрорудами и отходами сельскохозяйственного и промышленного производства, включающими микроорганизмы, макро- и микроэлементы (далее – агромелиоранты), были проведены лабораторные исследования. В состав агромелиорантов входили вещества, улучшающие физические, механические и биологические свойства почвы. Данные агромелиоранты позволяют в кратчайшие сроки повысить качественные показатели почвы. Влажность почвы, состав минеральных веществ и содержание гумуса находятся в правильном соотношении, позволяя рассчитать параметры искусственного почвогрунта, оптимального для роста и развития растений [2, 6].

Цель исследований: изучить влияние искусственных почвогрунтов в смеси с агромелиорантами на рост и развитие растений томата и огурца при выращивании рассады в условиях Республики Башкортостан.

Задачи исследований: определить выживаемость, высоту и массу надземной части растений огурца и томата в зависимости от соотношения почвы и агромелиорантов при выращивании рассады.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в зимне-весеннем обороте с гибридом огурца Кураж и сортом томата Золушка по следующей схеме:

- Почва 100 %.
- Комплексное органическое удобрение (КОУ) 100 %.
- Почва 25 % + КОУ 75 %.
- Почва 50 % + КОУ 50 %.
- Почва 50 % + КОУ 50 % + микориза.
- Почва 50 % + КОУ 50 % + НРК.
- Почва 50 % + КОУ 50 % + цеолит.
- Почва 50 % + КОУ 50 % + фосфогипс.
- Почва 50 % + КОУ 50 % + дефекат.
- Почва 75 % + КОУ 25 %.

Опыты в четырех повторностях проводились в Smart-теплице. Далее представлена характеристика применяемых агромелиорантов.

1. Цеолиты – это минералы класса алюмосиликатов с характерной пористой каркасной структурой. В основном характеризуются трехмерной структурой, с хорошо развитой системой полостей и каналов, заполненных катионами щелочных и щелочноземельных металлов и молекулами со значительной свободой

перемещения, что приводит к ионному обмену и обратимому высушиванию [9]. Цеолиты обладают адсорбционными и ионообменными свойствами благодаря кристаллической структуре молекул. Они способны поглощать газы, растворенные соли и др. [1]. Цеолиты устойчивы к перепадам температур, ионизирующему излучению и агрессивным средам, не содержат токсичных соединений [3].

2. Отход свеклосахарного производства, так называемый дефекат, содержащий в себе более 70 % углекислого кальция, азота, калия, фосфора и около 15 % органического вещества [5]. В состав дефеката входит до 70 % карбоната кальция и магния, 1–2 % фосфора, 0,6–0,9 % калия, до 15 % органических соединений и небольшие примеси соединений серы, азота и микроэлементов. Он нейтрализует кислотность почвы и улучшает азотный и фосфорный обмен, что способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур [4, 7, 10].

3. Нитроаммофоска – комбинированное (сложно-смешанное) удобрение, в составе которого 16 % азота, 16 % фосфора и 16 % калия.

4. КОУ – комплексное органическое удобрение «Дядюшка Гумус» с содержанием органического вещества (60–70 %), калия (2–3 %), фосфора (1–2 %), азота (2–3 %), рН 6,5–8 единиц; способствует получению качественной рассады, повышает урожайность, улучшает вкусовые качества продукции.

5. Фосфогипс является многокомпонентным минеральным удобрением, поскольку кроме макроэлементов (фосфор, кальций, сера) содержит около 1,5 % микроэлементов. При внесении 4–5 т/га почвы запасы фосфора возрастают на 1,5–1,8 мг/10 г почвы, что соответствует внесению 500–600 кг/га суперфосфата [3].

С целью изучения значимости искусственных почвогрунтов с использованием микроорганизмов, ферментных препаратов и других компонентов для условий Республики Башкортостан предложен биопрепарат «Кормилица Микориза» от ООО НВП БашИнком в соотношении почвогрунта и биопрепарата 80:1. Биопрепарат «Кормилица Микориза» содержит дружественные растениям грибы (мицелий и споры гриба рода *Glomus*), которые формируют с корнями высших растений взаимовыгодный симбиоз. Содержит также колонизированные фрагменты корней, торф. Увеличивает площадь питания растений в десятки раз, способствует лучшей обеспеченности растений водой и необходимыми макро- и микроэлементами. При использовании «Кормилицы

Микоризы» подавляется развитие фитопатогенов и вредителей, улучшается выживаемость саженцев и рассады при пересадке, в условиях засухи и низких температур, что способствует повышению урожайности культур.

Для приготовления почвогрунтов использовали чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный, тяжелосуглинистый на делювиальном карбонатном суглинке. Агрохимические показатели: содержание гумуса – $6,1 \pm 0,2$; аммонийного азота – $7,1$ мг/кг; подвижного фосфора по Чирикову – 96 мг/кг; обменного калия по Чирикову – 118 мг/кг; сумма поглощенных оснований – $39,3 \pm 0,3$ мг-экв. на 100 г почвы; pH_{KCl} – $5,4 \pm 0,1$.

Результаты исследований. Установлено, что высокая сохранность растений была в контрольном варианте и в варианте почва 75% + КОУ 25% . В других вариантах получено существенное снижение при $НСР_{05} = 0,1$ шт. (рис. 1).

Сохранность растений на единице площади определила рост и развитие растений огурца (рис. 2).

Высота растений при применении почвогрунтов почва 50% + КОУ 50% , почва 50% + КОУ 50% + дефекат, почва 75% + КОУ 25% , почва 50% + КОУ 50% + цеолит, почва 50% + КОУ 50% + фосфогипс, почва 50% + КОУ 50% + микориза была существенно выше, чем в контрольном варианте, при $НСР_{05} = 3,6$ см.

Анализ массы растений огурца позволил установить преимущество применения вариантов почва 50% + КОУ 50% и почва 75% + КОУ 25% , о чем свидетельствует увеличение массы на 22 – 38 г при $НСР_{05} = 3,1$ г (рис. 3).

В опыте с культурой томата установлено, что к концу вегетационного периода сохранность была наибольшей в вариантах почва 50% + КОУ 50% + микориза, почва 50% + КОУ 50% + фосфогипс и в контрольном варианте со значением 100% . Минимальное количество растений наблюдалось при использовании КОУ 100% (рис. 4).

В опытах отмечена зависимость высоты растений томата от состава почвогрунта. Максимальная высота растений томата (78 см) была при соотношении почва 50% + КОУ 50% + цеолит, превысив контрольный вариант на 28 см. Минимальная высота растений (45 см) наблюдалась в варианте почва 75% + КОУ 25% при $НСР_{05} = 2,4$ см (рис. 5).

Растения в варианте почва 50% + КОУ 50% + цеолит характеризовались интенсивным ростом надземной массы томата, превысив контроль на 18 см, или на $24,3\%$.

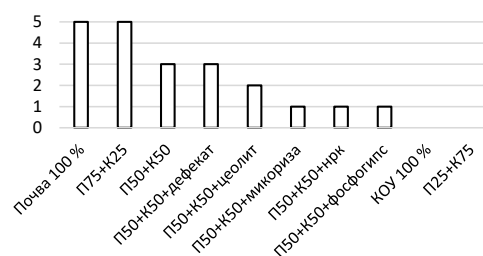


Рисунок 1 – Сохранность растений огурца в зависимости от состава почвогрунта, шт.

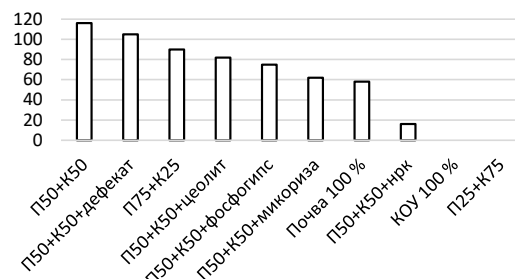


Рисунок 2 – Высота растений огурца в зависимости от состава почвогрунта, см

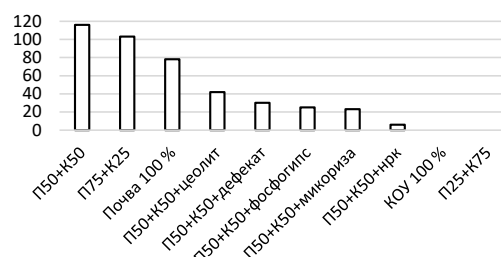


Рисунок 3 – Масса растений огурца перед уборкой в зависимости от состава почвогрунта, г

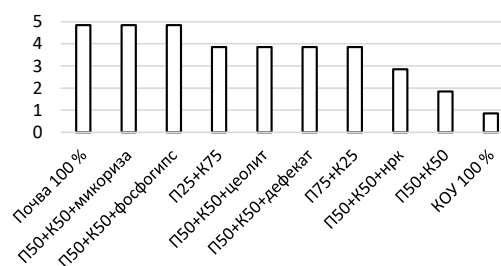


Рисунок 4 – Сохранность растений томата в зависимости от состава почвогрунта, шт.

Сравнивая полученные данные по массе растений томата перед уборкой, следует отметить варианты: почва 50% + КОУ 50% + микориза, почва 50% + КОУ 50% + фосфогипс, почва 50% + КОУ 50% + цеолит, почва 25% + КОУ 75% и почва 50% + КОУ 50% + дефекат. Масса растений при выращивании на этих почвогрунтах существенно превышала аналогичный показатель на контроле. Наибольшая масса растений томата сформировалась в варианте почва 50% + КОУ 50% + микориза (252 г), а наименьшая масса (46 г) – в варианте КОУ 100% при $НСР_{05} = 7,5$ г (рис. 6).

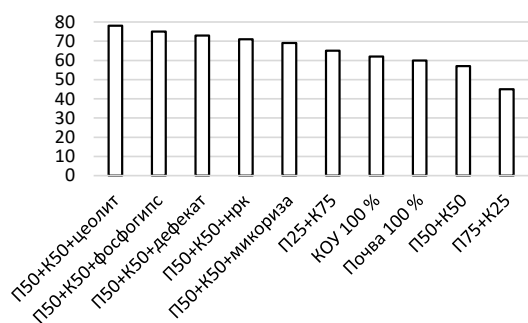


Рисунок 5 – Высота растений томата в зависимости от состава почвогрунта, см

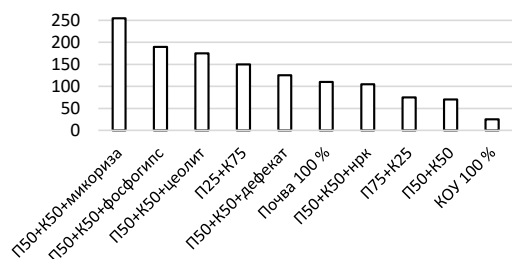


Рисунок 6 – Масса растений томата в зависимости от состава почвогрунта, г

Таким образом, при выращивании рассады использование почвогрунта состава почва 50 % + КОУ 50 % + микориза способствовало формированию наибольшей массы растений томата, превысив аналогичный показатель в контрольном варианте в 2,38 раза, или на 155,2 г.

Выводы. Исследования показали, что при выращивании рассады огурца возможно рекомендовать использовать почвогрунты, включающие комплексное органическое удобрение в следующих сочетаниях: почва 50 % + КОУ 50 % и почва 75 % + КОУ 25 %.

При выращивании рассады томата рекомендуем использовать комплексное органическое удобрение с добавлением биопрепарата и агроメリорантов в следующих соотношениях: почва 50 % + КОУ 50 % + микориза, почва 50 % + КОУ 50 % + фосфогипс, почва 50 % + КОУ 50 % + цеолит.

Сведения о финансировании. Работа выполнена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, предусмотренного постановлением Правительства РФ от 9 апреля 2010 г. № 218 по теме «Высокотехнологичное производство грунтов методами инновационной переработки отходов» (идентификатор государственного контракта 000000S407521QL90002).

Список источников

1. Болтухин В. П., Ивличева Т. И., Башарин В. В. Пегасское месторождение природных цеолитов и перспективы их использования в народном хозяй-

стве // Ресурсы и проблемы использования агрохимического сырья Западной Сибири. Сб. научн. тр. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. 1988. С. 87–91.

2. Влияние почвогрунтов на рост и развитие сельскохозяйственных культур / И. Г. Асылбаев, Р. Б. Нурлыгаянов, М. А. Севостьянов [и др.] // Агро-ЭкоИнфо. 2022. № 6 (54).

3. Использование природных цеолитов Зауралья Башкортостана для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур (рекомендации производству) / Я. Т. Суюндуков, Х. М. Сафин, М. Б. Суюндукова, Р. Ф. Хасанова. Сибай: СИЦ – филиал ГУП РБ Издательский дом «Республика Башкортостан», 2017. 40 с.

4. Михальская А. В. Агрохимические свойства почвы мелиоративной системы с. Грибское Амурской области // Интернаука. 2019. № 19-2 (101). С. 23–25. EDN CYXRUT.

5. Новости // Сахар. 2018. № 1. С. 4–9. EDN YNUWFE.

6. Разработка искусственных почвогрунтов в смеси с различными местными агрогрудами, мелиорантами, отходами сельскохозяйственного и промышленного производства / И. Г. Асылбаев, Р. Б. Нурлыгаянов, М. А. Севостьянов [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2022. № 4 (65). С. 12–21.

7. Середина Н. А., Шарипов Т. И., Смирнова Н. С. Новые виды удобрений на основе местных агрогруд и эффективности их использования на черноземах Башкортостана: материалы научно-практической конференции «Пути повышения эффективности АПК в условиях вступления России в ВТО». Уфа: БГАУ, 2003. С. 195–197.

8. Суханов П. А., Комаров А. А., Кирсанов А. Д. Динамика изменения агрохимических свойств почв на тестовых полигонах Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2013. № 33. С. 40–49. EDN SBYS DP.

9. Юсупов С. Ш. Геологоразведочные работы на Тузбекском участке проявления цеолитов в 2000–2005 гг.: инф. лист ИГ УНЦ РАН. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2005. 7 с.

10. Юхин И. П., Середина Н. А. Новое удобрение пролонгированного действия // Сельские узоры. 1999. № 3. С. 6.

References

1. Boltuhin V. P., Ivlicheva T. I., Basharin V. V. Pegas-skoe mestorozhdenie prirodnyh ceolitov i perspektivy ih ispol'zovaniya v narodnom hozyajstve // Resursy i proble-my ispol'zovaniya agrohimicheskogo syr'ya Zapadnoj Sibiri. Sb. nauchn. tr. Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe ot-delenie. 1988. S. 87–91.

2. Vliyanie pochvogruntoy na rost i razviti-e sel'skohozyajstvennyh kul'tur / I. G. Asylbaev, R. B. Nurlygayanov, M. A. Sevost'yanov [i dr.] // Agro-EkoInfo. 2022. № 6 (54).

3. Ispol'zovanie prirodnyh ceolitov Zaural'ya Bashkortostana dlya povysheniya plodorodiya pochvy i urozhnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur (rekommendacii proizvodstvu) / Ya. T. Suyundukov, H. M. Safin, M. B. Suyundukova, R. F. Hasanova. Sibaj: SIC – filial GUP RB Izdatel'skij dom «Respublika Bashkortostan», 2017. 40 s.

4. Mihal'skaya A. V. Agrohimicheskie svoystva pochvy meliorativnoj sistemy s. Gribskoe Amurskoj oblasti // Internauka. 2019. № 19-2 (101). S. 23–25. EDN CYXRUT.

5. Novosti // Sahar. 2018. № 1. S. 4–9. EDN YNUWFE.

6. Razrabotka iskusstvennykh pochvogruntov v smesi s razlichnymi mestnymi agrorudami, meliorantami, othodami sel'skohozyajstvennogo i promyshlennogo proizvodstva / I. G. Asylbaev, R. B. Nurlygayanov, M. A. Sevost'yanov [i dr.] // Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet). 2022. № 4 (65). S. 12–21.

7. Sereda N. A., Sharipov T. I., Smirnova N. S. Novye vidy udobrenij na osnove mestnykh agrorud i effektivnosti ih ispol'zovaniya na chernozemah Bashkortostana: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Puti povysheniya effektivnosti APK v usloviyah vstupleniya Rossii v VTO». Ufa: BGAU, 2003. S. 195–197.

8. Suhanov P. A., Komarov A. A., Kirsanov A. D. Dinamika izmeneniya agrohimicheskikh svoystv pochvy na testovykh poligonah Leningradskoj oblasti // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 33. S. 40–49. EDN SBYS DP.

9. Yusupov S. Sh. Geologorazvedochnye raboty na Tuzbekskom uchastke proyavleniya ceolitov v 2000–2005 gg.: inf. list IG UNC RAN. Ufa: IG UNC RAN, 2005. 7 s.

10. Yuhin I. P., Sereda N. A. Novoe udobrenie prolongirovannogo dejstviya // Sel'skie uzory. 1999. № 3. S. 6.

Сведения об авторах:

И. Г. Асылбаев¹✉, доктор биологических наук, профессор;

М. А. Севостьянов², кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;

Д. Р. Исламгулов³, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

И. Ю. Кузнецов⁴, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Б. Г. Ахияров⁵, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Р. Р. Алимгафаров⁶, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Ф. Ф. Авсахов⁷, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

^{1,3,4,5,6,7}ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, ул. 50-летия Октября, 34, Уфа, Россия, 450001

²ФГБНУ ВНИИФ, ул. Институт, владение 5, р. п. Большие Вяземы, Московская обл., Россия, 143050

✉ilgiz_bsau@mail.ru

Original article

ARTIFICIAL SOIL APPLICATION IN GROWING VEGETABLE SEEDLINGS

Ilgiz G. Asylbaev¹✉, **Mikhail A. Sevostyanov**², **Damir R. Islamgulov**³, **Igor Yu. Kuznetsov**⁴,
Bulat G. Akhyyarov⁵, **Rail R. Alimgafarov**⁶, **Firdavis F. Avsakhov**⁷

^{1,3,4,5,6,7}BashSAU, Ufa, Russia

²All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia

✉ilgiz_bsau@mail.ru

Abstract. *The creation of artificial soils is an urgent problem in the processing and recycling of phytogenic and industrial wastes. The application of a new complex organic fertilizer (KOF) in the production of soils is of great interest. In this regard, the research aim was to study the effect of artificial soils mixed with agroameliorants on the growth and development of tomato and cucumber plants when growing seedlings in the Republic of Bashkortostan. The trials were carried out on cucumber and tomato plants in the Smart greenhouse of the Bashkir State Agrarian University. The survivability, height and weight of plants have been studied. The experiment of using artificial soil with the complex organic fertilizer in the cultivation of seedlings of vegetable crops has shown a positive result. The soils with complex fertilizers used at the ratio of soil 50 % + KOF 50 % and soil 75 % + KOF 25 % in growing cucumber seedlings; the soils mixed with agroameliorants at the ratio of soil 50 % + KOF 50 % + mycorrhiza, soil 50 % + KOF 50 % + phosphogypsum, soil 50 % + KOF 50 % + zeolite in growing tomato seedlings turned out to be the most productive of the options studied. The variant of the soil 50 % + KOF 50 % + mycorrhiza had the best efficiency in tomato cultivation, in this case the plant weight exceeded the control variant by 155.2 g, or 2.38 times.*

Key words: complex organic fertilizer, tomato, cucumber, biometric indicators.

For citation: Asylbaev I. G., Sevostyanov M. A., Islamgulov D. R., Kuznetsov I. Yu., Akhyyarov B. G., Alimgafarov R. R., Avsakhov F. F. Artificial soil application in growing vegetable seedlings. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 4(76): 4-9. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_4-9.

Authors:**I. G. Asylbaev**¹✉, Doctor of Biological Sciences, Professor;**M. A. Sevostyanov**², Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher;**D. R. Islamgulov**³, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;**I. Yu. Kuznetsov**⁴, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;**B. G. Akhiyarov**⁵, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;**R. R. Alimgafarov**⁶, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;**F. F. Avsakhov**⁷, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor¹BashSAU, 34 50-letiya Oktyabrya St., Ufa, Russia, 450001²All-Russian Research Institute of Phytopathology, premises 5, Insitute St., Bolshye Vyazemy, Moscow region, Russia, 143050

✉ilgiz_bsau@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 03.11.2023; одобрена после рецензирования 07.12.2023; принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 03.11.2023; approved after reviewing 07.12.2023; accepted for publication 07.12.2023.

Научная статья

УДК 633.162"321":631.559

DOI 10.48012/1817-5457_2023_4_9-18

ПРЕВАЛИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕЖФАЗНЫХ ПЕРИОДОВ ВЕГЕТАЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНА И СТРУКТУРУ УРОЖАЯ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Блохин Василий Иванович ✉, **Никифорова Ирина Юрьевна**,
Ганиева Ирина Сергеевна, **Ланочкина Марина Александровна**,
Малафеева Юлия Викторовна, **Дюрбин Денис Сергеевич**

ТАТНИИСХ - ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

✉bvikazan@bk.ru

Аннотация. Цель исследований – выявить влияние гидротермических показателей в межфазные периоды вегетации на формирование продуктивности зерна и элементы структуры урожая растений ярового ячменя в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан. Исследования проводились в 2019–2022 гг. в ТатНИИСХ - ОСП ФИЦ КазНЦ РАН. Объектом исследований служили 9 двурядных сортов ярового ячменя. Установили, что сила влияния года на урожайность зерна и элементы структуры варьировала от 77,8 до 92,8 %, за исключением признака «число зерен в колосе» – 1,2 %. В 2019 г. получены достоверно высокие средне-сортовые значения урожайности зерна (4,41 т/га) и элементов структуры урожая: сухая масса растений с 1 м² (995,38 г), масса зерна с 1 м² (462,95 г), масса соломы с 1 м² (532,43 г), число зерен с 1 м² (8908,0), продуктивный стеблестой (632 шт./м²), масса 1000 зерен (52,4 г), масса зерна с колоса (0,74 г). Достоверно низкими значениями урожайности и всех элементов структуры, за исключением числа зерен в колосе, характеризовался 2021 г. Корреляционным анализом экспериментальных данных выявлена сильная ($r > 0,7$), с достоверностью на 1 % уровне значимости, зависимость урожайности зерна и элементов структуры от гидротермических показателей межфазных периодов вегетации. По величине коэффициента детерминации варибельность 10 из изученных 14 количественных признаков сортов ярового ячменя обусловлена варибельностью средней суточной температуры воздуха межфазных периодов: «ко-

лошение – полная спелость» и «всходы – полная спелость». Выявили, что колебания массы зерна с растения 79,2 %, массы зерна с колоса 70,6 % и сухой массы 1 растения 82,8 % вызываются колебаниями средней суточной температуры воздуха межфазного периода «колошение – полная спелость».

Ключевые слова: урожайность, количественные признаки, метеорологические условия, корреляция, коэффициент детерминации.

Для цитирования: Превалирующее влияние гидротермических показателей межфазных периодов вегетации на продуктивность зерна и структуру урожая сортов ярового ячменя / В. И. Блохин, И. Ю. Никифорова, И. С. Ганиева [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(76). С. 9-18. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_9-18.

Актуальность. Гидротермические условия межфазных периодов вегетации являются основным фактором формирования урожая сельскохозяйственных культур. Анализ литературных источников свидетельствует, что зависимость урожайности зерна ярового ячменя и элементов структуры от гидротермических показателей межфазных периодов вегетации дифференцируется по степени сопряженности и направлению. А. В. Парамонов с соавторами [6] в условиях Приазовской зоны Ростовской области установил, что связь урожайности зерна ярового ячменя с ГТК периода вегетации отсутствует. В условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья Е. В. Семинченко и А. В. Солонкин [9] корреляционным анализом выявили между урожайностью ярового ячменя и ГТК периода вегетации прямую линейную зависимость средней степени ($r = 0,36$). Исследования Блохина В. И. с соавторами [1], проведенные в контрастных гидротермических условиях периодов вегетации ярового ячменя, по величине коэффициента линейной регрессии (b) показывают, что наибольшей отзывчивостью на изменение условий среды обладают полуинтенсивные сорта Нур (1,17) и Эндан (1,11). И. Ш. Фатыхов с соавторами [10] обнаружили наличие отрицательной корреляции ($r = -0,72$) между средней суточной температурой воздуха периода вегетации и урожайностью зерна ярового ячменя сорта Торос при испытании последнего на государственных сортоучастках Удмуртской Республики. В Зональном НИИСХ Северо-Востока (г. Киров), по данным А. В. Пасынкова и Е. Н. Пасынковой [7], в максимальной степени (по величине коэффициента детерминации) урожайность зерна ячменя сорта Биос 1 была связана с ГТК межфазного периода «выход в трубку – колошение» ($r = 0,86$) и всего периода вегетации ($r = 0,82$). При изучении влияния метеорологических условий периода вегетации ярового ячменя сорта Яромир на величину элементов структуры урожая в условиях Рязанской области О. В. Левакова [5] выявила отрицательную несущественную зависимость массы 1000 зерен от средней

суточной температуры воздуха периода вегетации ($r = -0,31$). Однако Филенко Г. А. с соавторами [11] в условиях южной зоны Ростовской области установили положительную существенную зависимость массы 1000 зерен сорта ячменя Леон от средней суточной температуры воздуха периода вегетации ($r = 0,66$).

Цель исследований с учетом вышеизложенного – выявить влияние гидротермических показателей межфазных периодов вегетации на урожайность зерна и элементы структуры ярового ячменя в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан.

Задачи: 1) охарактеризовать межфазные периоды вегетации по гидротермическим показателям; 2) выявить среднесортные, достоверные на 5 % уровне значимости, различия по урожайности зерна и элементам структуры в зависимости от года изучения; 3) установить зависимость урожайности зерна и элементов структуры от гидротермических показателей межфазных периодов вегетации; 4) оценить (по величине коэффициента детерминации) превалирующее влияние конкретного гидротермического показателя определенного межфазного периода вегетации на величину урожайности зерна и элементов структуры.

Материал и методы. Исследования проводились в 2019–2022 гг. в Татарском НИИСХ - ОСП ФИЦ КазНЦ РАН. Объектом исследования являлись 9 двурядных пленчатых сортов ярового ячменя, включенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ по Средне-Волжскому региону в различные годы. Из них – 3 раннеспелых сорта: Орлан, Камашевский, Поволжский 22; 3 среднеспелых сорта: Раушан, Нур, Белгородский 100 и 3 позднеспелых сорта: Памяти Чепелева, Фандага, Эндан. Посев сплошной, рядовой. Норма высева 5,5 млн/га всхожих семян. Учетная площадь делянок 10 м². Повторность 4-кратная. Предшественник – озимая рожь. Почва опытных участков серая лесная среднесуглинистая. В период вегетации отмечали календарные даты наступления и окончания основных фенологических фаз развития растений

ярового ячменя: «всходы», «кущение», «выход в трубку», «колошение», «полная спелость». Метеорологические данные предоставлены метеостанцией ТатНИИСХ, расположенной на территории с. Большие Кабаны Лаишевского муниципального района. Для характеристики межфазных периодов вегетации использовали среднюю суточную температуру воздуха (с.с.т.), сумму осадков (Σ осадков) и индексы гидротермического коэффициента (ГТК), последний рассчитывали по формуле Г. Т. Селянинова. Но для классификации типов увлажнения межфазных периодов вегетации использовали разработанную О. Л. Шайтановым и М. Ш. Тагировым [12] шкалу для условий РТ. Учетные площадки закладывали $S = 0,25 \text{ м}^2$ в четырех местах для каждого сорта, убирали вручную при наступлении фазы полной спелости зерна. При разборе отобранных снопов определяли число растений к уборке, число продуктивных стеблей и на основе этих данных вычисляли коэффициент продуктивной кустистости. Число зерен с колоса определяли путем деления числа зерен с растения на коэффициент продуктивной кустистости. Анализировали 25 растений. Массу 1000 зерен определяли по ГОСТ 10842-89. Парные коэффициенты корреляций (r) определяли между 14 количественными признаками (фактическая урожайность зерна (т/га); сухая масса растений ($\text{г}/\text{м}^2$); масса зерна ($\text{г}/\text{м}^2$); масса соломы ($\text{г}/\text{м}^2$); число зерен с 1 м^2 ; число растений перед уборкой на 1 м^2 ; коэффициент продуктивной кустистости; продуктивный стеблестой (шт./ м^2); число зерен с растения; число зерен с колоса; масса 1000 зерен (г); масса зерна с растения (г); масса зерна с колоса (г); сухая масса 1 растения (г) и гидротермическими показателями межфазных периодов вегетации. Коэффициент детерминации ($d = r^2$) выражали в процентах. Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.08, РАСХН, 1999).

Результаты исследований и их обсуждение. Годы исследований характеризовались контрастностью гидротермических показателей межфазных периодов вегетации (табл. 1). Высокие средние суточные температуры воздуха как по отдельным межфазным периодам, так и в целом за период вегетации отмечены для 3 групп спелости в 2021 г., который характеризовался низкими показателями суммы осадков как по отдельным межфазным пе-

риодам, так и в целом за период вегетации. Межфазные периоды вегетации 2021 г. характеризовались как экстремально засушливые ($\text{ГТК} \leq 0,3$). В 2019 г. для межфазного периода «колошение – полная спелость» и периода вегетации для 3 групп спелости характерны низкие положительные средние суточные температуры воздуха, высокие значения суммы осадков и ГТК. В целом период вегетации 2019 г. следует охарактеризовать как влажный, 2020 г. – засушливый, 2021 г. – как экстремально засушливый, 2022 г. – сильно засушливый.

Гидротермические условия межфазных периодов вегетации 2019–2022 гг. значимо отразились на уровне проявления урожайности зерна и элементов структуры урожая изучаемых сортов (табл. 2). Сила влияния года на урожайность зерна и элементы структуры варьировала от 77,8 до 92,8 %. Исключение – признак «число зерен в колосе», для которого сила влияния года составила всего 1,2 %. В 2019 г. достоверно высокие среднесортные значения отмечены для фактической урожайности зерна (4,41 т/га) и следующих элементов структуры: сухая масса растений с 1 м^2 (995,38 г), масса зерна с 1 м^2 (462,95 г), масса соломы с 1 м^2 (532,43 г), число зерен с 1 м^2 (8908,0), продуктивный стеблестой (632 шт./ м^2), масса 1000 зерен (52,4 г), масса зерна с колоса (0,74 г). В 2020 г. достоверно высокие среднесортные значения отмечены для числа зерен с 1 м^2 (8945,0), числа растений перед уборкой на 1 м^2 (466) и продуктивного стеблестоя (652 шт./ м^2). В 2022 г. достоверно высокие среднесортные значения отмечены для коэффициента продуктивной кустистости (2,03), числа зерен с растения (28,4), массы зерна с растения и с колоса (1,45 и 0,71 г соответственно), сухой массы 1 растения (2,94 г). 2021 г. характеризовался достоверно низкими значениями фактической урожайности и всех элементов структуры урожая, за исключением числа зерен в колосе.

В условиях Предкамской зоны РТ корреляционным анализом экспериментальных данных нами выявлена сильная ($r > 0,7$) существенная на 1 % уровне значимости (табл. 3) отрицательная зависимость фактической урожайности зерна от средней суточной температуры воздуха и положительная от суммы осадков и ГТК межфазных периодов: «всходы – кущение» ($r = -0,78/0,83/0,71$ соответственно), «всходы – колошение» ($r = -0,63/0,55/0,73$ соответственно), «колошение – полная спелость» ($r = -0,96/0,77/0,74$ соответственно) и периода вегетации ($r = -0,95/0,90/0,93$ соответственно).

Таблица 1 – Гидротермические условия межфазных периодов вегетации растений ярового ячменя для 3 групп спелости, 2019–2022 гг.

Межфазный период	Гидротермические показатели	2019 г.			2020 г.			2021 г.			2022 г.		
		группа спелости											
		р/с	с/с	п/с	р/с	с/с	п/с	р/с	с/с	п/с	р/с	с/с	п/с
Всходы – кущение	с.с.t, °С	16,7	15,5	15,3	11,5	11,7	13,5	23,7	23,7	23,5	11,4	12,1	12,7
	Σ осадков, мм	18,0	29,0	33,0	32,5	32,5	32,5	0,0	0,0	0,0	6,0	7,0	7,0
	ГТК	1,08	1,41	1,41	2,62	2,34	1,70	0,00	0,00	0,00	0,55	0,53	0,46
Кущение – выход в трубку	с.с.t, °С	16,8	18,5	19,6	14,8	14,7	15,7	17,6	17,5	17,1	17,1	17,4	17,4
	Σ осадков, мм	30,0	19,0	15,0	13,5	13,5	40,5	6,0	6,0	6,0	14,0	14,0	14,0
	ГТК	1,44	1,03	0,96	1,96	1,99	2,96	0,26	0,24	0,25	0,74	0,62	0,57
Выход в трубку – колошение	с.с.t, °С	17,9	19,1	19,7	18,0	18,2	17,6	18,7	19,7	20,4	18,3	18,3	17,7
	Σ осадков, мм	1,0	2,3	4,3	31,0	31,0	4,0	3,0	3,0	3,0	10,0	13,0	12,0
	ГТК	0,04	0,07	0,10	1,08	0,95	0,14	0,12	0,10	0,08	0,36	0,44	0,38
Колошение – полная спелость	с.с.t, °С	18,3	17,4	16,9	20,2	20,2	20,8	23,9	24,1	24,2	21,1	22,1	22,6
	Σ осадков, мм	113,4	185,9	192,2	39,5	51,5	58,5	18,5	21,5	34,0	67,0	65,5	64,0
	ГТК	1,35	2,27	2,36	0,44	0,57	0,64	0,23	0,28	0,44	0,72	0,67	0,64
Всходы – колошение	с.с.t, °С	17,2	17,7	18,1	15,0	15,3	15,6	20,3	19,6	19,9	15,6	15,7	15,8
	Σ осадков, мм	49,0	50,3	52,3	77,0	77,0	77,0	9,0	9,0	9,0	30,0	33,0	33,0
	ГТК	0,76	0,68	0,65	1,60	1,44	1,26	0,14	0,13	0,11	0,56	0,55	0,49
Период вегетации	с.с.t, °С	17,8	17,6	17,5	17,9	17,9	18,2	21,6	21,7	21,8	18,6	19,0	19,2
	Σ осадков, мм	162,4	236,2	244,5	116,5	128,5	135,5	27,5	30,5	42,0	97,0	97,0	97,0
	ГТК	1,09	1,52	1,51	0,85	0,89	0,89	0,19	0,21	0,27	0,69	0,62	0,59

Примечание: классификация типов увлажнения межфазных периодов вегетации на основе индексов ГТК для РТ: 0,5 и менее – сухой; 0,6–0,7 – сильно засушливый; 0,8–0,9 – засушливый; 1,0–1,2 – слабо засушливый; 1,3–1,5 – влажный; 1,6 и более – избыточно влажный; р/с – раннеспелая, с/с – среднеспелая, п/с – позднеспелая группы.

Таблица 2 – Урожайность зерна и элементы структуры сортов ярового ячменя, 2019–2022 гг.

Сорт	Показатели													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2019 г.														
Орлан	4,47	941,80	453,56	488,24	8330,0	340	2,00	680,0	24,5	12,3	54,5	1,34	0,67	2,77
Камашевский	4,68	966,89	479,28	487,61	8896,0	356	1,97	703,8	25,0	12,6	53,9	1,35	0,68	2,72
Поволжский 22	4,29	973,66	468,94	504,72	8584,9	356	1,89	672,8	24,1	12,8	54,6	1,32	0,69	2,77
Раушан	4,11	941,06	410,14	530,92	8678,9	452	1,30	587,6	19,2	14,8	49,2	0,91	0,69	2,08
Нур	4,21	919,52	433,73	485,79	8239,3	436	1,29	565,5	18,9	14,6	52,7	0,99	0,77	2,11
Белгородский 100	4,38	977,28	459,47	517,81	9071,3	480	1,29	622,6	18,9	14,6	50,7	0,96	0,74	2,04
Памяти Чепелева	5,04	1210,49	538,36	672,13	11213,5	392	1,89	743,6	28,6	15,1	48,0	1,37	0,72	3,09
Фандага	4,32	1051,30	467,26	584,04	9160,5	426	1,39	596,0	21,5	15,4	51,0	1,09	0,78	2,47
Эндан	4,24	979,49	457,85	521,64	7998,2	372	1,39	519,7	21,5	15,4	57,3	1,23	0,88	2,63
Среднее	4,41	995,38	462,95	532,43	8908,0	401	1,61	632	22,5	14,2	52,4	1,17	0,74	2,52
2020 г.														
Орлан	2,85	725,17	305,97	419,20	8253,3	488	1,38	671,0	16,9	12,3	37,1	0,63	0,46	1,49
Камашевский	3,37	733,74	331,95	401,79	8951,8	484	1,51	732,8	18,5	12,2	37,7	0,69	0,45	1,52
Поволжский 22	4,25	977,24	446,42	530,82	9544,2	480	1,78	783,2	21,7	12,2	46,8	1,02	0,57	2,22
Раушан	3,29	706,15	319,71	386,44	10860,2	484	1,52	733,3	22,4	14,8	29,5	0,66	0,44	1,45
Нур	3,36	827,62	365,77	461,85	8479,1	444	1,34	596,7	19,1	14,2	43,2	0,82	0,61	1,86
Белгородский 100	4,15	1010,55	428,99	581,56	9168,9	476	1,25	595,0	19,3	15,4	46,8	0,90	0,72	2,12
Памяти Чепелева	2,81	705,67	300,35	405,32	9338,6	484	1,36	655,8	19,3	14,2	32,2	0,66	0,46	1,46
Фандага	3,14	782,28	341,48	440,80	8244,6	424	1,34	568,2	19,5	14,5	41,5	0,81	0,60	1,85
Эндан	3,28	862,79	326,64	536,15	7672,8	434	1,22	527,7	17,7	14,5	42,6	0,75	0,62	1,99
Среднее	3,39	814,58	351,92	462,66	8945,0	466	1,41	652	19,4	13,8	39,7	0,77	0,55	1,77
2021 г.														
Орлан	1,37	259,62	146,41	113,21	4067,0	332	1,00	332	12,3	12,3	35,9	0,44	0,44	0,78
Камашевский	1,23	253,34	142,46	110,88	4284,0	336	1,00	336	12,8	12,8	33,3	0,42	0,42	0,75

Окончание таблицы 2

Сорт	Показатели													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Поволжский 22	1,63	334,64	186,89	147,75	5075,2	376	1,04	391	13,5	13,0	36,9	0,49	0,48	0,89
Раушан	1,15	248,37	134,30	114,07	4613,6	316	1,00	316	14,6	14,6	29,1	0,43	0,43	0,79
Нур	1,21	310,36	157,77	152,59	5449,5	346	1,00	346	15,8	15,8	28,9	0,46	0,46	0,89
Белгородский 100	1,26	324,32	151,35	172,97	4741,0	308	1,05	323	15,4	14,7	31,9	0,49	0,47	1,05
Памяти Чепелева	1,18	257,79	134,03	123,76	4155,7	308	0,93	286	13,5	14,5	32,2	0,44	0,47	0,84
Фандага	1,06	241,26	116,07	125,19	3351,2	272	0,91	248	12,3	13,5	34,7	0,43	0,47	0,89
Эндан	1,14	300,67	132,62	168,05	3816,2	288	0,91	262	13,3	14,6	34,8	0,46	0,51	1,04
Среднее	1,25	281,16	144,66	136,50	4395,0	320	0,98	316	13,7	13,9	33,1	0,45	0,46	0,88
2022 г.														
Орлан	3,03	639,02	324,88	314,14	6116,3	204	2,32	473	30,0	12,9	53,1	1,59	0,69	3,07
Камашевский	2,94	644,69	312,40	332,29	5665,2	218	2,09	455	26,0	12,4	52,0	1,35	0,65	2,87
Поволжский 22	3,13	740,49	338,26	402,23	6356,1	212	2,33	493	30,0	12,9	53,2	1,59	0,69	3,18
Раушан	2,53	617,68	272,29	345,39	5536,2	212	1,77	376	26,1	14,7	47,3	1,28	0,72	2,71
Нур	2,28	653,57	255,69	397,88	4996,2	164	2,11	346	30,5	14,4	51,2	1,56	0,74	3,39
Белгородский 100	2,51	720,83	270,81	450,02	5498,2	192	1,94	372	28,6	14,8	49,3	1,41	0,73	2,98
Памяти Чепелева	3,06	693,96	325,83	368,13	7065,5	228	2,13	486	31,0	14,6	46,1	1,43	0,67	2,64
Фандага	2,28	655,95	225,88	430,07	4422,3	188	1,75	298	26,0	14,8	51,1	1,33	0,76	2,92
Эндан	2,98	675,60	317,75	357,85	5704,4	209	1,91	399	27,3	14,3	55,7	1,52	0,79	2,68
Среднее	2,75	671,31	293,75	377,56	5707	203	2,03	411	28,4	14,0	51,0	1,45	0,71	2,94
F факт.	130,47	136,92	108,52	95,10	68,63	105,49	37,67	51,01	67,34	0,13	49,29	106,23	37,21	97,14
НСР ₀₅	0,33	73,79	36,36	50,58	794,0	32,0	0,20	66,0	2,1	незначимы	3,77	0,12	0,06	0,26
Сила влияния года, %	92,4	92,8	91,1	89,9	86,5	90,8	77,9	82,7	86,3	1,2	82,2	90,9	77,8	90,1

Примечание: здесь и далее 1 – фактическая урожайность зерна (т/га); 2 – сухая масса растений (г/м²); 3 – масса зерна (г/м²); 4 – масса соломы (г/м²); 5 – число зерен с 1 м²; 6 – число растений перед уборкой на 1 м²; 7 – коэффициент продуктивной кустистости; 8 – продуктивный стеблестой (шт./м²); 9 – число зерен с растения; 10 – число зерен с колоса; 11 – масса 1000 зерен (г); 12 – масса зерна с растения (г); 13 – масса зерна с колоса (г); 14 – сухая масса 1 растения (г); F факт. – критерий Фишера для 5 % уровня значимости; жирным шрифтом выделены достоверно высокие значения признаков, курсивом – достоверно низкие.

Таблица 3 – Матрица парных коэффициентов корреляции ($r > 0,7$) и детерминации ($d = r^2$, %) урожайности зерна и элементов структуры с гидротермическими показателями межфазных периодов вегетации

Межфазный период	Гидротерм. показатели	Показатели													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Всходы – кущение	с.с.т, °C	-0,78	-0,82	-0,76	-0,85	-0,90	-0,88	-0,71	-0,89	-0,66	0,01	-0,47	-0,56	-0,44	-0,64
	Σ осадков, мм	0,83	0,87	0,81	0,90	0,91	0,86	0,72	0,86	0,69	0,14	0,54	0,61	0,57	0,70
	ГТК	0,71	0,74	0,68	0,78	0,85	0,89	0,78	0,86	0,58	-0,06	0,37	0,46	0,33	0,55
Колошение – полная спелость	с.с.т, °C	-0,96 92,2 %	-0,95 90,3 %	-0,96 92,2 %	-0,93 86,5 %	-0,85	-0,56	-0,74	-0,80	-0,84 70,6 %	-0,11	-0,85 72,3 %	-0,89 79,2 %	-0,84	-0,91 82,8 %
	Σ осадков, мм	0,77	0,75	0,78	0,72	0,57	0,26	0,48	0,46	0,64	0,33	0,80	0,77	0,88	0,77
	ГТК	0,74	0,73	0,76	0,69	0,54	0,23	0,45	0,43	0,62	0,33	0,79	0,75	0,87	0,75
Всходы – колошение	с.с.т, °C	-0,63	-0,67	-0,61	-0,71	-0,80	-0,83	-0,57	-0,83	-0,56	0,10	-0,29	-0,41	-0,23	-0,50
	Σ осадков, мм	0,73	0,78	0,71	0,81	0,87	0,87	0,59	0,87	0,63	-0,02	0,40	0,51	0,38	0,60
	ГТК	0,55	0,58	0,52	0,61	0,74	0,80	0,56	0,80	0,50	-0,24	0,21	0,34	0,11	0,42
Период вегетации	с.с.т, °C	-0,95 90,3 %	-0,96 92,2 %	-0,93 86,5 %	-0,96 92,2 %	-0,94 88,4 %	-0,76	-0,76	-0,91 82,8 %	-0,82	-0,03	-0,73	-0,80	-0,70	-0,86
	Σ осадков, мм	0,90	0,91	0,91	0,89	0,79	0,53	0,61	0,69	0,76	0,27	0,82	0,83	0,87	0,86
	ГТК	0,93	0,93	0,93	0,91	0,82	0,58	0,65	0,74	0,78	0,22	0,82	0,84	0,85	0,87

Судя по величине коэффициента детерминации, в максимальной степени урожайность зерна сортов ярового ячменя в условиях Предкамской зоны связана с гидротермическими показателями периода вегетации. Так, 90,3 %

колебаний урожайности вызывается колебаниями средней суточной температуры воздуха; 81,0 % колебаний урожайности вызывается колебаниями суммы осадков и 86,5 % колебаний урожайности вызывается колеба-

ниями ГТК периода вегетации. Результаты наших исследований подтверждают выявленные ранее О. В. Леваковой с соавторами [2] закономерности влияния агрометеорологических изменений климата на зерновую продуктивность ярового ячменя за 20-летний период. Авторы установили, что в условиях Нечерноземной зоны РФ урожайность зерна зависела от суммы осадков и ГТК периода вегетации ($r = 0,67/0,75$ соответственно). Однако Б. А. Гольдварг с соавторами [3] при изучении влияния количества осадков в период вегетации на урожайность районированных сортов ярового ячменя в засушливой центральной зоне Республики Калмыкия выявили решающее влияние на урожайность осадков в период налива зерна.

Аналогичная зависимость от средней суточной температуры воздуха, суммы осадков и ГТК межфазных периодов: «всходы – кущение», «всходы – колошение», «колошение – полная спелость» и периода вегетации установлена нами и для сухой массы растений с 1 м^2 ; массы зерна с 1 м^2 и массы соломы с 1 м^2 .

В условиях Предкамской зоны РТ корреляционным анализом экспериментальных данных нами выявлена сильная ($r > 0,7$) существенная на 1 % уровне значимости отрицательная зависимость числа зерен с 1 м^2 от средней суточной температуры воздуха и положительная от суммы осадков и ГТК межфазных периодов: «всходы – кущение» ($r = -0,90/0,91/0,85$ соответственно), «всходы – колошение» ($r = -0,80/0,87/0,74$ соответственно), «колошение – полная спелость» ($r = -0,85/0,57/0,54$ соответственно) и периода вегетации ($r = -0,94/0,79/0,82$ соответственно). Судя по величине коэффициента детерминации, 82,8 % колебаний числа зерен с 1 м^2 вызывается колебаниями суммы осадков межфазного периода «всходы – колошение» и 88,4 % колебаний числа зерен с 1 м^2 вызывается колебаниями средней суточной температуры воздуха периода вегетации.

В условиях Предкамской зоны РТ корреляционным анализом экспериментальных данных нами выявлена сильная ($r > 0,7$) существенная на 1 % уровне значимости отрицательная зависимость числа растений перед уборкой с 1 м^2 от средней суточной температуры и положительная от суммы осадков и ГТК межфазных периодов: «всходы – кущение» ($r = -0,88/0,86/0,89$ соответственно) и «всходы – колошение» ($r = -0,83/0,87/0,80$ соответственно). Судя по величине коэффициента детерминации, в максимальной степени число растений перед уборкой связано с гидротермическими показателями

межфазного периода «всходы – кущение». Так, 77,4 % колебаний числа растений перед уборкой вызывается колебаниями средней суточной температуры; 74,0 % колебаний числа зерен перед уборкой вызывается колебаниями суммы осадков и 79,2 % колебаний числа зерен перед уборкой вызывается колебаниями ГТК данного межфазного периода.

В условиях Предкамской зоны РТ корреляционным анализом экспериментальных данных нами выявлена сильная ($r > 0,7$) существенная на 1 % уровне значимости отрицательная зависимость коэффициента продуктивной кустистости от средней суточной температуры воздуха и положительная от суммы осадков и ГТК межфазного периода «всходы – кущение» ($r = -0,71/0,72/0,78$ соответственно) и периода вегетации ($r = -0,76/0,53/0,58$ соответственно). Судя по величине коэффициента детерминации, в максимальной степени коэффициент продуктивной кустистости связан с ГТК межфазного периода «всходы – кущение». Так, 60,8 % колебаний коэффициента продуктивной кустистости вызывается колебаниями ГТК данного межфазного периода.

В условиях Предкамской зоны РТ корреляционным анализом экспериментальных данных нами выявлена сильная ($r > 0,7$) существенная на 1 % уровне значимости отрицательная зависимость продуктивного стеблестоя от средней суточной температуры воздуха и положительная от суммы осадков и ГТК межфазных периодов «всходы – кущение» ($r = -0,89/0,86/0,86$ соответственно), «всходы – колошение» ($r = -0,83/0,86/0,81$ соответственно) и периода вегетации ($r = -0,91/0,69/0,74$ соответственно). Судя по величине коэффициента детерминации, в максимальной степени продуктивный стеблестой связан со средней суточной температурой воздуха периода вегетации. Так, 82,8 % колебаний продуктивного стеблестоя вызывается колебаниями средней суточной температуры периода вегетации. Результаты наших исследований подтверждают выявленные О. В. Леваковой [4] закономерности влияния гидротермических условий вегетации на варибельность элементов структуры урожая ярового ячменя. Автор установила, что в условиях Рязанской области продуктивный стеблестой зависел от ГТК периода вегетации ($r = 0,85$).

В условиях Предкамской зоны РТ корреляционным анализом экспериментальных данных нами выявлена сильная ($r > 0,7$), существенная на 1 % уровне значимости, отрицательная зависимость числа зерен с растения

от средней суточной температуры воздуха и положительная от суммы осадков и ГТК межфазного периода «колошение – полная спелость» ($r = -0,84/0,64/0,62$ соответственно) и периода вегетации ($r = -0,82/0,76/0,78$ соответственно). Судя по величине коэффициента детерминации, в максимальной степени число зерен с растения связано со средней суточной температурой межфазного периода «колошение – полная спелость». Так, 70,6 % колебаний число зерен с растения вызывается колебаниями средней суточной температуры данного межфазного периода.

В наших исследованиях не установлена слабая, средняя и сильная, существенная на 1 % уровне значимости, зависимость числа зерен с колоса от гидротермических показателей межфазных периодов.

По данным А. В. Пасынкова и Е. Н. Пасынковой [8], в максимальной степени (по величине коэффициента детерминации) масса 1000 зерен ячменя связана с гидротермическими условиями репродуктивного периода («колошение – полная спелость»).

В условиях Предкамской зоны РТ корреляционным анализом экспериментальных данных нами выявлена сильная ($r > 0,7$), существенная на 1 % уровне значимости, отрицательная зависимость массы 1000 зерен от средней суточной температуры воздуха и положительная от суммы осадков и ГТК межфазного периода «колошение – полная спелость» ($r = -0,85/0,80/0,79$ соответственно) и периода вегетации ($r = -73/0,82/0,82$ соответственно). Судя по величине коэффициента детерминации, в максимальной степени масса 1000 зерен сортов ярового ячменя в условиях Предкамской зоны связана со средней суточной температурой воздуха межфазного периода «колошение – полная спелость». Так, 72,3 % колебаний массы 1000 зерен вызывается колебаниями средней суточной температуры воздуха данного межфазного периода. Аналогичные данные о влиянии высокой средней суточной температуры воздуха периода налива зерна на линейные размеры зерновки и массу 1000 зерен приведены в исследованиях Н. Shirdelmoghanloo et al. [13] и Sheng-jind NI et al. [14].

Аналогичная зависимость от средней суточной температуры воздуха, суммы осадков и ГТК межфазного периода «колошение – полная спелость» и периода вегетации установлена нами для массы зерна с растения, массы зерна с колоса и сухой массы 1 растения. По величине коэффициента детерминации, в максимальной степени масса зерна с растения, масса зерна

с колоса и сухая масса 1 растения связаны со средней суточной температурой воздуха межфазного периода «колошение – полная спелость». Так, 79,2 % колебаний массы зерна с растения, 70,6 % колебаний массы зерна с колоса и 82,8 % колебаний сухой массы 1 растения вызываются колебаниями средней суточной температуры воздуха данного межфазного периода.

Вывод. Судя по величине коэффициента детерминации, в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан вариabельность 10 из 14 количественных признаков сортов ярового ячменя: фактическая урожайность зерна (т/га); сухая масса растений (г/м²); масса зерна (г/м²); масса соломы (г/м²); число зерен с 1 м²; продуктивный стеблестой (шт./м²); число зерен с растения; масса 1000 зерен (г); масса зерна с растения (г); сухая масса 1 растения (г) обусловлена вариabельностью средней суточной температуры воздуха межфазного периода «колошение – полная спелость» и периода вегетации.

Сведения об источнике финансирования:

1. Статья подготовлена в рамках государственного задания «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка берегающих агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды», № регистрации 122011800138-7.

2. Грант Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан «Государственная поддержка научных исследований и разработок в области агропромышленного комплекса в 2023 году».

Список источников

1. Анализ адаптивного потенциала сортов и линий ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» / В. И. Блохин, И. Ю. Никифорова, И. С. Ганиева [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 4 (44). С. 163–172. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-163-172.
2. Влияние агрометеорологических изменений климата на зерновую продуктивность ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ / О. В. Левакова, И. А. Дедушев, Л. М. Ерошенко [и др.] // Юг России; экология, развитие. 2022. Т. 17. № 1 (62). С. 128–135. DOI:10/18470/1992-1098-2022-1-128-135.
3. Влияние количества осадков в период вегетации на урожайность районированных сортов ярового ячменя в засушливой центральной зоне Республики Калмыкия / Б. А. Гольдварг, М. В. Бактаев, Е. Г. Филиппов, А. А. Донцова // Зерновое хозяйство

России. 2019. № 5 (65) С. 14–17. DOI:10.31367/2079-8725-2019-65-5-14-17.

4. Левакова О. В. Вариабельность элементов структуры урожая ярового ячменя в зависимости от гидротермических условий вегетации / О. В. Левакова // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022. Т. 23. № 3. С. 327–333. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333.

5. Левакова О. В. Влияние метеорологических условий на яровой ячмень сорта Яромир и его урожайность в условиях Рязанской области / О. В. Левакова // *Зерновое хозяйство России*. 2022. Т. 14. № 2. С. 77–82. DOI:10.31367/2079-8725-2022-80-2-77-82.

6. Парамонов А. В., Федюшкин А. В., Целуйко О. А. Влияние метеорологических условий на урожайность и качество зерна ярового ячменя в Приазовской зоне Ростовской области // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2020. № 2 (38). С. 151–162. DOI:10.31774/222-1816-2020-2-151-162.

7. Пасынков А. В., Пасынкова Е. Н. Урожайность зерна ячменя и ее зависимость от минерального питания и гидротермических условий в период вегетации // *Агрохимический вестник*. 2019. № 2. С. 33–38. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10024.

8. Пасынков А. В., Пасынкова Е. Н. Зависимость показателей качества зерна пивоваренного ячменя от уровня минерального питания и гидротермических условий в период вегетации // *Агрохимический Вестник*. 2020. № 3. С. 33–41.

9. Семинченко Е. В., Солонкин А. В. Влияние климатических факторов на урожай озимой пшеницы и ярового ячменя в условиях сухой степи Нижнего Поволжья // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022. Т. 14. № 3. С. 58–74. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-58-74.

10. Фатыхов И. Ш., Огнев В. Н., Федоров С. Н. Урожайность ячменя и ее структура в зависимости от метеорологических условий на госсортоучастках Удмуртской Республики // *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2010. № 1 (22). С. 42–46.

11. Филенко Г. А., Васильченко С. А., Донцов Д. П. Продуктивность сорта ярового ячменя Леон в зависимости от метеословий в Южной зоне Ростовской области // *Зерновое хозяйство России*. 2017. № 1 (49). С. 43–49.

12. Шайтанов О. Л., Тагиров М. Ш. Основные тенденции изменения климата в Татарстане в XXI веке. Казань: Фолиант, 2018. С. 35.

13. Grain filling rate improves physical grain quality in barley under heat stress conditions during the grain-filling period / Shirdelmoghanloo H., Kefei Chen, Blakey N. Paynter [et al.] // *Plant Sci*. 2022. Vol. 13. DOI:10.3389/fpls.2022.858652.

14. Sheng-jind NI, Hui-fang ZHAO, Guo-ping ZHANG. Effects of past-heading high temperature on some quality traits of malt barley // *Journal of integrative Agriculture* 2020. Vol. 19. No. 11. P. 2674–2679. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62878-9.

References

1. Analiz adaptivnogo potenciala sortov i linij yarovogo yachmenya po priznaku «massa 1000 zeren» / V. I. Blohin, I. Yu. Nikiforova, I. S. Ganieva [i dr.] // *Zernobobovye i krupyanye kultury*. 2022. № 4 (44). S. 163–172. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-163-172.

2. Vliyanie agrometeorologicheskikh izmenenij klimata na zernovuyu produktivnost' yarovogo yachmenya v usloviyah Nechernozemnoj zony RF / O. V. Levakova, I. A. Dedushev, L. M. Eroshenko [i dr.] // *Yug Rossii; ekologiya, razvitie*. 2022. Т. 17. № 1 (62). S. 128–135. DOI:10/18470/1992-1098-2022-1-128-135.

3. Vliyanie kolichestva osadkov v period vegetacii na urozhajnost' rajonirovannyh sortov yarovogo yachmenya v zasushlivoj central'noj zone Respubliki Kalmykiya / B. A. Gol'dvarg, M. V. Baktaev, E. G. Filippov, A. A. Doncova // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2019. № 5 (65) S. 14–17. DOI:10.31367/2079-8725-2019-65-5-14-17.

4. Levakova O. V. Variabel'nost' elementov struktury urozhaya yarovogo yachmenya v zavisimosti ot gidrotermicheskikh uslovij vegetacii / O. V. Levakova // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2022. Т. 23. № 3. С. 327–333. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333.

5. Levakova O. V. Vliyanie meteorologicheskikh uslovij na yarovoj yachmen' sorta Yaromir i ego urozhajnost' v usloviyah Ryazanskoj oblasti / O. V. Levakova // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2022. Т. 14. № 2. С. 77–82. DOI:10.31367/2079-8725-2022-80-2-77-82.

6. Paramonov A. V., Fedyushkin A. V., Celujko O. A. Vliyanie meteorologicheskikh uslovij na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovogo yachmenya v Priazovskoj zone Rostovskoj oblasti // *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*. 2020. № 2 (38). S. 151–162. DOI:10.31774/222-1816-2020-2-151-162.

7. Pasyнков A. V., Pasynkova E. N. Urozhajnost' zerna yachmenya i ee zavisimost' ot mineral'nogo pitaniya i gidrotermicheskikh uslovij v period vegetacii // *Agrohimicheskij vestnik*. 2019. № 2. С. 33–38. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10024.

8. Pasyнков A. V., Pasynkova E. N. Zavisimost' pokazatelej kachestva zerna pivovarennoho yachmenya ot urovnya mineral'nogo pitaniya i gidrotermicheskikh uslovij v period vegetacii // *Agrohimicheskij Vestnik*. 2020. № 3. С. 33–41.

9. Seminchenko E. V., Solonkin A. V. Vliyanie klimaticheskikh faktorov na urozhaj ozimoi pshenicy i yarovogo yachmenya v usloviyah suhoj stepi Nizhnego Povolzh'ya // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022. Т. 14. № 3. С. 58–74. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-58-74.

10. Fatyhov I. Sh., Ognev V. N., Fyodorov S. N. Urozhajnost' yachmenya i eyo struktura v zavisimosti ot meteorologicheskikh uslovij na gossortouchastkah Udmurtskoj Respubliki // *Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2010. № 1 (22). С. 42–46.

11. Filenko G. A., Vasil'chenko S. A., Doncov D. P. Produktivnost' sorta yarovogo yachmenya Leon v zavisimosti ot meteoslovij v Yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2017. № 1 (49). С. 43–49.

12. Shajtanov O. L., Tagirov M. Sh. Osnovnye tendencii izmeneniya klimata v Tatarstane v XXI veke. Kazan': Foliant, 2018. S. 35.

13. Grain filling rate improves physical grain quality in barley under heat stress conditions during the grain-filling period / Shirdelmoghanloo N., Kefei Chen, Blakey H. Paynter [et al.]

// Plant Sci. 2022. Vol. 13. DOI:10.3389/fpls.2022.858652.

14. Sheng-jind NI, Hui-fang ZHAO, Guo-ping ZHANG. Effects of past-heading high temperature on some quality traits of malt barley // Journal of Integrative Agriculture 2020. Vol. 19. No. 11. R. 2674–2679. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62878-9.

Сведения об авторах:

В. И. Блохин ✉, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0002-5604-0154>;

И. Ю. Никифорова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0003-4313-2401>;

И. С. Ганиева, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0002-9925-0178>;

М. А. Ланочкина, научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0001-5609-5529>;

Ю. В. Малафеева, научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0001-7461-381X>;

Д. С. Дюрбин, младший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0002-7298-0699>

ТАТНИИСХ - ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, ул. Оренбургский тракт, 48, Казань, Россия, 420059

✉ bvikazan@bk.ru

Original article

PREVAILING INFLUENCE OF HYDROTHERMAL PARAMETERS OF VEGETATION INTERPHASE PERIODS ON GRAIN PRODUCTIVITY AND YIELD STRUCTURE OF SPRING BARLEY VARIETIES

Vasily I. Blokhin ✉, **Irina Yu. Nikiforova**, **Irina S. Ganieva**, **Marina A. Lanochkina**, **Yulia V. Malafeeva**, **Denis S. Durbin**

TatSRIA - Subdivision of FIC KazSC of RAS, Kazan, Russia


✉ bvikazan@bk.ru

Abstract. The aim of the research is to identify the influence of hydrothermal parameters in the interphase periods of vegetation on the formation of grain productivity and yield structure of spring barley under the conditions of the Predkamye zone of the Republic of Tatarstan. The research was conducted in 2019–2022 in the TatSRIA - Subdivision of FIC KazSC of RAS. The targets of the research were 9 two-row varieties of spring barley. It was found that the power of influence of the year on grain yield and structure elements varied from 77.8 to 92.8 %, except for the trait “number of grains in the ear” – 1.2 %. In 2019 reliably high average varietal values of grain yield (4.41 t / ha) and elements of yield structure were obtained: dry weight of plants per 1 m² (995.38 g), grain weight per 1 m² (462.95 g), straw weight per 1 m² (532.43 g), number of grains per 1 m² (8908.0), productive stalk density (632 pcs / m²), 1000 grain weight (52.4 g), grain weight per ear (0.74 g). Reliably low values of yield and all structural elements, except for the number of grains in the ear, were characteristic for 2021. The correlation analysis of experimental data revealed a strong ($r > 0.7$), reliable at 1 % significance level, dependence of grain yield and structural elements on hydrothermal indicators of interphase periods of vegetation. According to the value of the determination coefficient, the variability of 10 traits out of the 14 studied quantitative traits of spring barley varieties, is caused by variability of the average daily air temperature of the interphase periods: “earing – full ripeness” and “sprouting – full ripeness”. It was revealed that fluctuations in grain weight per plant 79.2 %, grain weight per ear 70.6 % and dry weight of 1 plant 82.8 % are caused by variations in the average daily air temperature of the interphase period “earing – full ripeness”.

Key words: yield, quantitative traits, meteorological conditions, correlation, coefficient of determination.

For citation: Blokhin V. I., Nikiforova I. Yu., Ganieva I. S., Lanochkina M. A., Malafeeva Yu. V., Durbin D. S. Prevailing influence of hydrothermal parameters of vegetation interphase periods on grain productivity and yield structure of spring barley varieties. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 4(76): 9-18. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_9-18.

Authors:

V. I. Blokhin , Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0002-5604-0154>;

I. Yu. Nikiforova, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0003-4313-2401>;

I. S. Ganieva, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0002-9925-0178>;

M. A. Lanochkina, Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0001-5609-5529>;

Yu. V. Malafeeva, Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0001-7461-381X>;

D. S. Durbin, Junior Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0002-7298-0699>
TatSRIA - Subdivision of FIC KazSC of RAS (Tatar Scientific Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science "Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"), 48 Orenburgsky Trakt St., Kazan, Russia, 420059

 bvikazan@bk.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 15.09.2023; одобрена после рецензирования 03.11.2023; принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 15.09.2023; approved after reviewing 03.11.2023; accepted for publication 07.12.2023.

Научная статья

УДК 631.83

DOI 10.48012/1817-5457_2023_4_18-26

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ХЛОРИСТОГО КАЛИЯ ПРИ ЕГО ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ЗЕРНОПАРПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ДЕРНОВО-СРЕДНЕПОДЗОЛИСТОЙ СРЕДНЕСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Бортник Татьяна Юрьевна , **Карпова Алина Юрьевна**

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

 altabor@bk.ru

Аннотация. Изложены обобщенные данные исследований в длительном полевом опыте с удобрениями, который был заложен в 1979 г. на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве. Рассмотрена эффективность применения хлористого калия по отношению к разным фонам; средние ежегодные дозы элементов питания за 1979–2023 гг. составили $N_{56}P_{53}K_{54}$. В среднем в год от внесения хлористого калия на фоне NP получено увеличение урожайности: викоовсяной смеси – на 22,7 %, озимых зерновых – 20,9 %, картофеля – 24,6 %, кормовой свеклы – 10,2 %, ячменя – 10,3 %. Средняя продуктивность зернопарпропашного севооборота в год под влиянием длительного использования хлористого калия увеличилась на 0,59 т з.е./га, или 14,8 % по отношению к фону азотно-фосфорного удобрения. Выявлено положительное действие хлористого калия на некоторые показатели качества растениеводческой продукции. Систематическое использование хлористого калия в средней дозе 54 кг д.в./га в течение более чем 40 лет не способствовало существенному накоплению содержания подвижного калия в дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве по сравнению с исходным состоянием в 1979 г.; обеспеченность почвы этим элементом в 2022 г. низкая. При этом формируется отрицательный или нулевой баланс калия в почве в связи с высоким выносом его с урожаем сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: хлористый калий, известкование, системы удобрения, урожайность, зернопарпропашной севооборот, дерново-подзолистая почва.

Для цитирования: Бортник Т. Ю., Карпова А. Ю. Эффективность хлористого калия при его длительном использовании в зернопаропропашном севообороте на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(76). С. 18-26. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_18-26.

Актуальность исследований. Калий – важнейший макроэлемент питания растений, в значительной степени обуславливающий формирование урожайности сельскохозяйственных культур с высоким качеством продукции растениеводства. Обеспеченность почв доступными формами этого элемента является одним из наиболее значимых показателей, особенно для условий Нечерноземной зоны, где большая часть пахотных земель представлена дерново-подзолистыми почвами, обладающими низким потенциальным плодородием. В современных условиях в России применение калийных удобрений сведено к минимуму, а во многих случаях сельскохозяйственные предприятия полностью отказываются от их использования. Это связано не только с высокой ценой удобрений, но и с недооценкой роли калийного питания растений и калийных удобрений в воспроизводстве плодородия почв [2]. Небольшое количество калия поступает с органическими удобрениями, средняя насыщенность которыми на гектар пашни в Нечерноземье составляет 1–2 т. Таким образом, в течение последних 30–40 лет происходит существенный недобор урожайности сельскохозяйственных культур, снижение сбора белка, крахмала и других показателей качества растениеводческой продукции. Кроме того, в земледелии формируется отрицательный баланс калия.

Хлористый калий – одно из самых распространенных калийных удобрений в России. Однако эффективность разового применения калийных удобрений не всегда проявляется, так как зависит от конкретных агрометеорологических условий года, требований культуры, почвенных условий, применения других агрохимикатов, особенно такого комплексного приема воспроизводства плодородия почв, как известкование [1, 3–4]. Выявить влияние систематического использования хлористого калия на урожайность наиболее значимых для Нечерноземья сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции, а также на свойства дерново-подзолистых почв возможно при проведении исследований в длительных полевых опытах [3, 8]. В данной работе сделано обобщение действия хлористого калия на различных фонах за период более чем 40 лет.

Цель исследований: оценка эффективности длительного использования хлористого калия в зернопаропропашном севообороте.

Задачи исследований:

1. Изучить влияние хлористого калия на урожайность сельскохозяйственных культур.
2. Установить эффективность использования хлористого калия на продуктивность зернопаропропашного севооборота.
3. Выявить влияние хлористого калия на качество продукции растениеводства.
4. Установить действие систематического использования хлористого калия на свойства дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы.

Материалы и методы. Работа проведена на базе длительного полевого опыта, который был заложен в 1979 г. на землепользовании учхоза Ижевского СХИ (ныне УНПК «Агротехнопарк» Удмуртского ГАУ) И. П. Дерюгиным и А. С. Башковым. В исследования включились Т. Ю. Бортник с 2021 г. и А. Ю. Карпова с 2010 г.; авторами данной статьи сделано обобщение за все годы исследований с 1979 г. Опыт входит в Геосеть опытов с удобрениями РФ [6]. Схема опыта включает варианты сочетаний и соотношений органических и минеральных удобрений на фоне извести:

1. Без удобрений (контроль).
2. Известь по 1 Нг.
3. Известь + N_1P_1 .
4. Известь + $N_1P_1K_1$.
5. Известь + навоз 40 т/га.
6. Известь + навоз 40 т/га + $N_1P_1K_1$.
7. Известь + навоз 40 т/га + $N_1P_1K_{0,5}$.

В качестве минеральных удобрений с 1979 г. использовались аммиачная селитра, суперфосфат двойной, хлористый калий. В схеме указаны соотношения элементов питания в зернопаропропашном севообороте (занятый пар – озимые зерновые – пропашные – ячмень). Дозы элементов питания устанавливались по зональным рекомендациям и по годам изменялись в зависимости от требований культуры и ее планируемой урожайности. Средние ежегодные полные (одинарные) дозы под культуры в действующем веществе составили: под викоовсяную смесь – $N_{38}P_{35}K_{35}$; под озимые зерновые (озимая рожь и озимая тритикале) – $N_{53}P_{50}K_{47}$; под пропашные (кар-

тофель и кормовая свекла) – $N_{80}P_{70}K_{100}$; под ячмень – $N_{60}P_{60}K_{40}$. В варианте 7 внесена половинная доза калия. Средняя ежегодная доза по севообороту составила $N_{56}P_{53}K_{54}$. Навоз КРС полуперепревший вносили один раз в ротацию под пропашную культуру; перед внесением в пробах навоза определяли содержание НРК, которое было близким к средним показателям подстилочного навоза ($N - 0,50\%$; $P_2O_5 - 0,25\%$ и $K_2O - 0,60\%$). Известкование проводили известняковой мукой, полученной из месторождений Удмуртской Республики, один раз в восемь лет по полной гидролитической кислотности; последний раз в 2021 г. В 2019–2021 гг. удобрения не вносили; культуры возделывались по последствию. В настоящее время идет XI ротация севооборота; в 2023 г. возделывали озимую тритикале.

Общая площадь делянки $6 \times 20 = 120 \text{ м}^2$; учетная площадь – $5 \times 19 = 95 \text{ м}^2$. Повторность четырехкратная, расположение повторений в 4 яруса с рендомизированным расположением вариантов внутри повторений. Общая площадь под опытом – 1 га.

Условия проведения исследований. Землепользование опытного поля УНПК «Агротехнопарк» Удмуртского ГАУ является частью территории Среднего Предуралья в пределах южно-таежной подзоны таежно-лесной зоны. Данная местность характеризуется следующими климатическими показателями: средняя многолетняя годовая температура воздуха составляет $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$; продолжительность вегетационного периода с температурой более 5 и $10 \text{ }^\circ\text{C}$ – 164 и 123 дня; длительность безморозного периода – 120 и 125 дней; сумма активных температур (более $10 \text{ }^\circ\text{C}$) – $1900\text{--}2000 \text{ }^\circ\text{C}$; средняя многолетняя сумма осадков за год – $475\text{--}500 \text{ мм}$, за вегетационный период – $250\text{--}270 \text{ мм}$. Средняя высота снежного покрова – $45\text{--}55 \text{ см}$; гидротермический коэффициент – 1,1; приход ФАР за вегетационный период с температурой выше $10 \text{ }^\circ\text{C}$ – $2,0\text{--}2,5 \text{ млрд ккал/га}$.

Почва опытного участка типичная для условий Вятско-Камской земледельческой провинции – дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая на красно-буром опесчанном суглинке. При закладке опыта в 1979 г. почва была слабокислая ($pH_{KCl} - 5,25$), содержание гумуса $2,15\%$, $N_r - 2,75 \text{ ммоль/100 г}$, $S - 10,8 \text{ ммоль/100 г}$, содержание подвижных форм фосфора и калия по А. Г. Кирсанову среднее – 69 и 91 мг/кг соответственно.

Технология возделывания сельскохозяйственных культур общепринятая для условий

Удмуртской Республики. Использовались сорта, включенные в Госреестр для Удмуртской Республики.

Учеты, наблюдения и анализы проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Учет урожайности – сплошной. Отбор почвенных проб после уборки урожая проводили агрохимическим буром БОП-3. Агрохимические анализы почвенных проб выполнены в лаборатории агрохимии Удмуртского ГАУ по общепринятым методикам. Статистическая обработка полученных данных выполнена методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову.

Результаты исследований. Урожайность сельскохозяйственных культур. В течение более чем 40 лет продолжалось изучение эффективности удобрений в севообороте. И каждая культура за эти годы возделывалась несколько раз. В зависимости от агрометеорологических условий эффективность удобрений была различной. В частности, в отдельные годы не выражен был эффект от калийных удобрений. В то же время в благоприятных условиях при возделывании калиелюбивых культур (пропашных) эффект от калийных удобрений был выражен довольно ярко. В таблице 1 приведены средние данные по урожайности. Обобщение позволило выявить влияние калийных удобрений в среднем за ряд лет. Для большей наглядности приведены гистограммы (рис. 1), где рассмотрено действие только хлористого калия на фоне азотно-фосфорных удобрений и извести.

Так, урожайность зеленой массы викоовсяной смеси в среднем получена относительно высокая. От внесения хлористого калия получена существенная прибавка урожайности $3,5 \text{ т/га}$, что составляет по отношению к варианту известь + NP – $22,7\%$. Для культуры с коротким вегетационным периодом это весьма значительная прибавка. Средняя доза внесения хлористого калия составила 35 кг/га в д.в. Однако если в системе удобрения эта доза снижена наполовину (вариант 7), то влияние хлористого калия на урожайность зеленой массы в пределах ошибки опыта.

Озимые культуры в разные годы показывали различную отзывчивость на удобрения; в основном это было связано с условиями перезимовки культур. Средние данные показали, что от внесения хлористого калия в варианте 4 получено существенное увеличение урожайности зерна на $0,46 \text{ т/га}$ по отношению к варианту 3, что соответствует $20,9\%$. Половинная доза (K_{24}) привела к тенденции снижения урожайности относительно полной (K_{47}).

Таблица 1 – Влияние хлористого калия на урожайность сельскохозяйственных культур, т/га (среднее 1979–2023 гг.)

№	Варианты	Урожайность культур, т/га				
		викоовсяная смесь, зеленая масса	озимые зерновые, зерно	картофель, клубни	кормовая свекла, корнеплоды	ячмень, зерно
1.	Без удобрений (к)	10,2	1,36	7,68	26,3	1,34
2.	Известь	11,6	1,47	8,72	37,6	1,54
3.	Известь + N ₁ P ₁	15,4	2,20	12,2	46,8	2,23
4.	Известь + N ₁ P ₁ K ₁	18,9	2,66	15,2	51,6	2,46
5.	Известь + навоз 40 т/га	11,7	1,71	14,1	52,3	1,88
6.	Известь + навоз 40 т/га + N ₁ P ₁ K ₁	20,5	2,74	17,3	56,1	2,78
7.	Известь + навоз 40 т/га + N ₁ P ₁ K _{0,5}	20,1	2,60	15,0	54,8	2,58
	НСР ₀₅	3,2	0,17	2,9	4,7	0,26

Уровень урожайности картофеля в течение исследований в целом получен низкий. Это связано с довольно низкой обеспеченностью почвы элементами питания и высокими требованиями культуры. Тем не менее, отзывчивость картофеля на урожайность в целом проявилась. Известно, что картофель очень хорошо отзывается на удобрение калием. В нашем опыте средняя прибавка урожайности от внесения хлористого калия составила 3,0 т/га, или 24,6 %; этот показатель статистически доказан. Выражена также тенденция снижения урожайности картофеля при использовании половинной дозы K₅₀ по сравнению с полной – K₁₀₀. Таким образом, внесение калийных удобрений в дозе по действующему веществу 50 кг/га явно недостаточно для получения высокой урожайности.

Из пропашных культур в длительном опыте также возделывалась кормовая свекла, которая показала высокую отзывчивость на удобрения. Применение хлористого калия на фоне извести и азотно-фосфорных удобрений привело к получению существенной прибавки урожайности корнеплодов – 4,8 т/га, что соответствует 10,2 %. Использование хлористого калия в половинной дозе уступает по эффективности полной дозе, поэтому на дерново-подзолистых почвах следует рекомендовать под кормовую свеклу использование калийных удобрений в дозе не менее 100 кг/га по действующему веществу.

Завершает севооборот ячмень – культура, широко используемая в Среднем Предуралье и в целом в России на кормовые и продовольственные цели. Прибавка от использования хлористого калия составила 0,23 т/га; этот показатель находится на уровне положительной тенденции и статистически не доказан, однако в целом при составлении системы удобрения под ячмень не следует отказываться от приме-

нения калийных удобрений, так как сбалансированное питание способствует получению стабильной урожайности культур независимо от агрометеорологических условий.

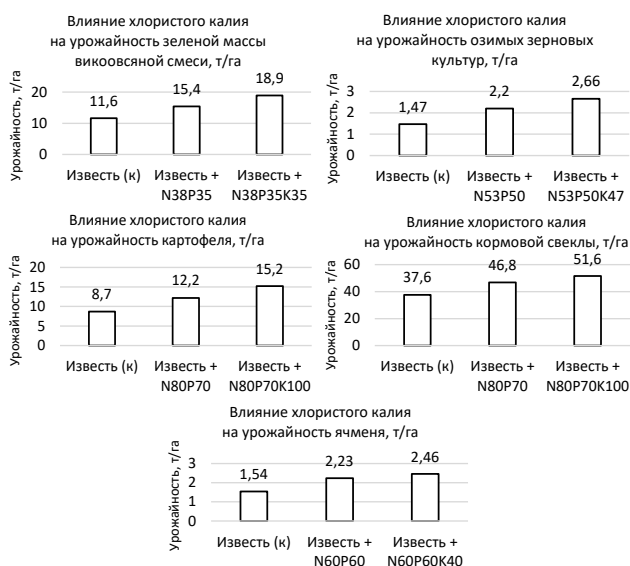


Рисунок 1 – Действие хлористого калия на фоне азотно-фосфорных удобрений и извести

Чтобы в целом рассмотреть результаты эффективности удобрений по севообороту, сделан пересчет урожайных данных в зерновые единицы. В таблице 2 представлена средняя ежегодная продуктивность зернопаропропашного севооборота.

Средняя продуктивность севооборота в год в значительной степени зависела от применения удобрений. По всем вариантам, кроме варианта, где вносили только известь, получены существенные прибавки. От внесения хлористого калия среднее увеличение продуктивности в год составило 0,59 т з.е./га, или 14,8 %. При средней дозе внесения в действующем веществе K₅₄ агрономическая окупаемость калийного удобрения составила 10,9 кг з.е./кг д.в. Это высокий показатель окупаемости.

Таблица 2 – Влияние хлористого калия на среднюю ежегодную продуктивность зернопаропропашного севооборота (среднее 1979–2023 гг.)

№	Варианты	Средняя продуктивность в год, т з.е./га	Отклонение от контроля	
			т з.е./га	%
1.	Без удобрений (к)	2,37	-	-
2.	Известь	3,02	0,65	27,4
3.	Известь + N ₅₆ P ₅₃	3,99	1,62	68,4
4.	Известь + N ₅₆ P ₅₃ K ₅₄	4,58	2,21	93,2
5.	Известь + навоз 40 т/га	4,05	1,68	70,9
6.	Известь + навоз 40 т/га + N ₅₆ P ₅₃ K ₅₄	5,01	2,64	111,4
7.	Известь + навоз 40 т/га + N ₅₆ P ₅₃ K ₂₇	4,76	2,39	100,8
	НСР ₀₅		1,09	

Качество растениеводческой продукции. В таблице 3 приведены некоторые наиболее интересные показатели качества продукции, полученные в течение исследований в длительном опыте.

Оценивая влияние удобрений на качество продукции сельскохозяйственных культур, следует отметить, что наиболее благоприятные показатели качества получены при сбалансированном питании растений – при использовании органоминеральных систем удобрения на фоне систематического известкования. Так, выражена тенденция снижения содержания сырого протеина в зеленой массе викоовсяной смеси и в зерне ячменя при отсутствии калия в системе удобрения. Содержание нитратов в продукции при сбалансированном питании растений обычно не превышает ПДК (для картофеля – 250 мг/кг; для кормовой свеклы – 2000 мг/кг). Выявлено достоверное снижение содержания нитратов в корнеплодах кормовой свеклы при использовании хлористого калия в составе полного минерального удобрения (ва-

риант 4) на 86 мг/кг по отношению к варианту 3 без калия.

Калий участвует в углеводном обмене растений и способствует накоплению водорастворимых сахаров – в варианте 4 этот показатель достоверно превышает вариант 3 на 0,6 %.

Таким образом, установлено положительное влияние хлористого калия на показатели качества растениеводческой продукции.

Физико-химические свойства почвы. Многочисленными исследованиями в России и за рубежом установлено, что накопление доступного калия в почвах в основном происходит при систематическом использовании удобрений [1, 2, 7, 9]. Известно, что даже на высококультурных почвах дефицит калия в системах удобрения приводит к деградации их калийного состояния [5].

За более чем 40 лет использования систем удобрения в почве каждого варианта сформировался определенный уровень плодородия. В таблице 4 представлены физико-химические свойства и содержание подвижного калия по А. Г. Кирсанову в пахотном слое 0–20 см.

Представляло интерес рассмотреть кислотные свойства почвы при систематическом применении удобрений и известии. Известкование было проведено осенью 2021 г. На контрольном варианте выражено значительное подкисление относительно исходного состояния (слабокислая); почву следует отнести к среднекислым. Под влиянием известкования снизилась обменная и гидролитическая кислотность относительно контроля; реакция почвы нейтральная. Известно, что применение минеральных удобрений способствует подкислению почвы, так как большинство этих агрохимикатов (в том числе аммиачная селитра и хлористый калий, которые применяются в данном опыте) являются физиологически кислыми.

Таблица 3 – Влияние хлористого калия на показатели качества продукции сельскохозяйственных культур

№	Варианты	Сырой протеин в зеленой массе викоовся, %	Сырой протеин в зерне ячменя, %	Крахмал в картофеле, %	Нитраты в картофеле, мг/кг	Водорастворимые сахара в кормовой свекле, %	Нитраты в кормовой свекле, мг/кг
1.	Без удобрений (к)	8,44	6,08	10,3	29,0	12,2	141
2.	Известь	11,3	6,50	10,8	17,4	12,5	184
3.	Известь + N ₁ P ₁	11,8	9,13	12,3	31,1	10,9	240
4.	Известь + N ₁ P ₁ K ₁	12,0	10,8	12,5	21,8	11,5	154
5.	Известь + навоз 40 т/га	12,0	7,38	14,0	18,9	11,8	301
6.	Известь + навоз 40 т/га + N ₁ P ₁ K ₁	14,2	11,2	13,5	16,0	11,8	293
7.	Известь + навоз 40 т/га + N ₁ P ₁ K _{0,5}	14,0	11,0	13,0	18,0	12,0	292
	НСР ₀₅	3,7	F _φ < F _τ	2,9	9,1	0,6	69

Таблица 4 – Влияние хлористого калия на агрохимические показатели дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы (2022 г.)

№	Варианты	pH _{KCl}	Нг, ммоль/ 100 г почвы	S, ммоль/ 100 г почвы	V, %	K ₂ O, мг/кг почвы по А. Г. Кирсанову
1.	Без удобрений (к)	5,07	2,32	11,0	83	53
2.	Известь	6,08	0,86	13,2	94	62
3.	Известь + N ₁ P ₁	5,68	1,16	12,5	92	65
4.	Известь + N ₁ P ₁ K ₁	5,77	1,10	13,1	92	76
5.	Известь + навоз 40 т/га	6,02	0,86	12,2	92	55
6.	Известь + навоз 40 т/га + N ₁ P ₁ K ₁	5,72	1,24	11,4	90	71
7.	Известь + навоз 40 т/га + N ₁ P ₁ K _{0,5}	5,72	1,28	11,6	90	54
	НСР ₀₅	0,14	0,19	2,1	н.опр.	13

Однако на фоне извести + NP не выражено подкисление под влиянием хлористого калия; реакция почвы является близкой к нейтральной. Такой же уровень отмечен и при использовании органоминеральных систем удобрения и внесении хлористого калия в полной или половинной дозе. При рассмотрении гидролитической кислотности выражены те же закономерности.

Сумма обменных оснований на контрольном варианте не изменилась по сравнению с исходным состоянием. Под влиянием известкования этот показатель достоверно увеличился; в этом варианте наиболее высока степень насыщенности почв основаниями – 94 %; такое состояние почвы благоприятно для возделывания большинства сельскохозяйственных культур. Использование минеральных удобрений на фоне извести и органоминеральная система удобрения поддерживают данные показатели на таком же уровне. Применение хлористого калия в полной или половинной дозе не привело к существенным изменениям физико-химических свойств дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы.

Содержание подвижного калия в почве контрольного варианта и при систематическом известковании не претерпевало значительных изменений, по сравнению с исходным состоянием (91 мг/кг) выражено даже снижение этого показателя. Стабилизация содержания подвижного калия на низком уровне при дефиците этого элемента в системе удобрения отмечалась и другими исследователями [5]. Существенное накопление подвижного калия относительно контроля выявлено при использовании хлористого калия в варианте 4 по отношению к варианту 3 – известь + NP. Однако при использовании половинной дозы калия (вариант 7 по отношению к варианту 6) выражено достоверное снижение этого показателя; обеспеченность почвы подвижным ка-

лием в этом варианте низкая. Таким образом, использование калийных удобрений в среднем в год в дозе 27 кг K₂O/га явно недостаточно для воспроизводства этого показателя почвенного плодородия.

В целом после более чем 40-летнего использования систем удобрения обеспеченность почвы подвижным калием по всем вариантам низкая.

Баланс элементов питания дает возможность судить о поддержании плодородия почвы или о его истощении, а также оценить устойчивость агроландшафтов. В течение всех лет исследований проводился анализ растительных проб основной и побочной продукции всех культур на содержание элементов питания, в том числе калия; данные ежегодно включали в отчеты о научно-исследовательской работе. На основании этих результатов был рассчитан средний ежегодный баланс калия по соотношению поступления элемента в составе удобрений и выноса с урожайностью сельскохозяйственных культур (рис. 2).

При этом вынос элементов питания подсчитан как с учетом соломы зерновых культур, так и без него. Это сделано в связи с тем, что с 2005 г. было принято решение солому зерновых культур не убирать с поля, как это было ранее, а равномерно вносить на те же участки, с которых она была убрана. Таким образом, часть калия, вынесенного из почвы с урожаем побочной продукции, возвращалась в почву и шла на воспроизводство ее плодородия.

Если учитывать вынос калия с соломой зерновых культур, то отрицательный баланс формируется не только в контрольном варианте, но и при использовании NP на фоне известкования. При введении калия в систему удобрения и возврате калия с соломой в почву (вариант 4) баланс формируется практически нулевой, то есть не происходит агроистощения почвы в отношении калия.

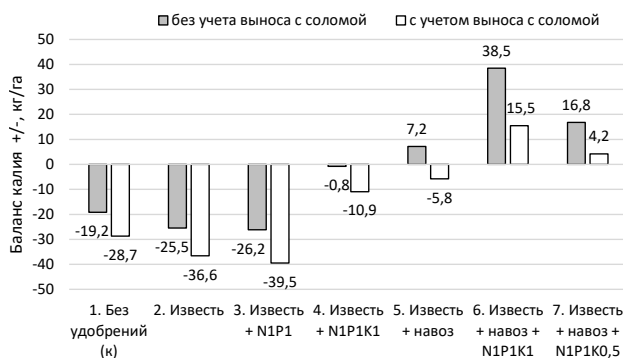


Рисунок 2 – Баланс калия (K_2O) в почве при различных системах удобрения (в среднем за год), кг/га

При регулярном внесении навоза в сочетании с известкованием и полным минеральным удобрением формируется положительный баланс калия.

Заключение. На основании обобщения результатов длительного полевого опыта за 1979–2023 гг. можно сделать следующие выводы.

1. Установлено положительное влияние хлористого калия на фоне NP на урожайность сельскохозяйственных культур:

– при использовании средней дозы K_{35} существенная прибавка урожайности зеленой массы викоовсяной смеси по отношению к варианту $N_{38}P_{35}$ составила 3,5 т/га, что соответствует 22,7 %;

– при использовании средней дозы K_{47} существенная прибавка урожайности зерна озимых зерновых культур по отношению к варианту $N_{53}P_{50}$ составила 0,46 т/га, что соответствует 20,9 %;

– при использовании средней дозы K_{100} существенные прибавки урожайности картофеля по отношению к варианту $N_{80}P_{70}$ составили 3,0 т/га, что соответствует 24,6 %;

– при использовании средней дозы K_{100} существенная прибавка урожайности корнеплодов кормовой свеклы по отношению к варианту $N_{80}P_{70}$ составила 4,8 т/га, что соответствует 10,2 %;

– при использовании средней дозы K_{40} увеличение урожайности зерна ячменя по отношению к варианту $N_{60}P_{60}$ составило 0,23 т/га, что соответствует 10,3 %.

2. Длительное использование хлористого калия в зернопаропропашном севообороте при средней дозе K_{54} способствовало достоверному ежегодному повышению его продуктивности в среднем на 0,59 т з.е./га, или 14,8 % по отношению к варианту с использованием азотно-фосфорного удобрения. Эффективно применение хлористого калия в соста-

ве полного минерального удобрения на фоне систематического известкования и внесения органического удобрения; при этом достигнута максимальная средняя ежегодная продуктивность зернопаропропашного севооборота – 4,76–5,01 т з.е./га.

Внесение половинных доз калийного удобрения K_{28} не способствует существенному увеличению продуктивности культур.

3. Выявлено положительное действие хлористого калия на качество растениеводческой продукции, в частности, отмечено достоверное снижение содержания нитратов в корнеплодах кормовой свеклы и повышение содержания водорастворимых сахаров.

4. Систематическое применение хлористого калия в течение 40 лет в зернопаропропашном севообороте на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве не способствует накоплению в ней подвижного калия по отношению к исходному состоянию в 1979 г. Содержание подвижного калия по А. Г. Кирсанову при средней ежегодной дозе K_{54} к 2022 г. составило 71–76 мг/кг, что соответствует низкой обеспеченности почвы этим элементом. Такой уровень недостаточен для получения высокой и стабильной урожайности сельскохозяйственных культур. При внесении только азотно-фосфорных удобрений на фоне известки формируется отрицательный баланс калия в почве за счет высокого выноса этого элемента с урожаем сельскохозяйственных культур. Введение калия в систему удобрения приводит к нулевому балансу элементов питания в почве. При регулярном внесении навоза в сочетании с известкованием и полным минеральным удобрением формируется положительный баланс калия.

Таким образом, необходимо ежегодное внесение калийных удобрений в зависимости от требований культуры и обеспеченности почв этим элементом в ориентировочных дозах кг/га по действующему веществу K_{30-100} .

Список источников

1. Белослудцев\ Д. В., Исупов А. Н., Башкова А. С. Изменение калийного состояния почвы при длительном применении минеральных удобрений на фоне последствий известкования // Плодородие. 2021. № 1 (118). С. 33–36.

2. Беляев Г. Н. Калийные удобрения из калийных солей Верхнекамского месторождения и их эффективность. Пермь: Перм. кн. изд-во, 2005. 304 с.

3. Изменение физико-химических свойств дерново-подзолистых почв в залежи и при ин-

тенсивном сельскохозяйственном использовании / Т. Ю. Бортник, А. В. Дмитриев, А. Н. Исупов [и др.] // Плодородие. 2023. № 4 (133). С. 70–74.

4. Исупов А. Н. Изменение калийного состояния дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы под действием доз извести // Роль вузовской науки в развитии агропромышленного комплекса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. 13–15 октября 2021. Нижний Новгород, 2021. С. 81–84.

5. Кулеш О. Г., Мезенцева Е. Г. Трансформация калийного состояния высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в условиях применения калий-дефицитных систем удобрения // Почвоведение и агрохимия. 2021. № 1. С. 51–59.

6. Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации. Издание второе. Москва: ВНИИА, 2005. 196 с.

7. Просьянников Е. В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 13–17.

8. Якименко В. Н. Изменение содержания калия и магния в профиле почвы длительного полевого опыта // Агрохимия. 2019. № 3. С. 19–29.

9. Bijay-Singh, Tek B. Sapkota. The effect of adequate and excessive application of mineral fertilizers on the soil // Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, 2022. URL : <https://www.science-direct.com/science/article/pii/B9780128229743000513> (дата обращения 11.07.2023).

References

1. Belosludcev D. V., Isupov A. N., Bashkov A. S. Изменение калийного состояния почвы при длительном применении минеральных удобрений на фоне последе-

ствия известкования // Плодородие. 2021. № 1 (118). С. 33–36.

2. Belyaev G. N. Kalijnye udobreniya iz kalijnyh solej Verhnekamskogo mestorozhdeniya i ih effektivnost'. Perm': Perm. kn. izd-vo, 2005. 304 с.

3. Изменение физико-химических свойств дерново-подзолистых почв в залежи и при интенсивном сельскохозяйственном использовании / Т. Ю. Бортник, А. В. Дмитриев, А. Н. Исупов [и др.] // Плодородие. 2023. № 4 (133). С. 70–74.

4. Isupov A. N. Изменение калийного состояния дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы под действием доз извести // Роль вузовской науки в развитии агропромышленного комплекса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. 13–15 октября 2021. Нижний Новгород, 2021. С. 81–84.

5. Kulesh O. G., Mezenceva E. G. Transformaciya kalijnogo sostoyaniya vysokokul'turnoj derново-podzolistoj legkosuglinistoj pochvy v usloviyah primeneniya kalij-deficitnyh sistem udobreniya // Pochvovedenie i agrohimiya. 2021. № 1. С. 51–59.

6. Reestr attestatov dlitel'nyh opytov s udobreniyami i drugimi agrohimičeskimi sredstvami Rossijskoj Federacii. Izdanie vtoroje. Moskva: VNIIA, 2005. 196 s.

7. Prosyannikov, E. V. Agrohimičeskije aspekty ustojčivogo zemledeliya / E. V. Prosyannikov // Agrohimičeskij vestnik. 2019. № 5. С. 13–17.

8. Yakimenko, V. N. Изменение содержания калия и магния в профиле почвы длительного полевого опыта // Агрохимия. 2019. № 3. С. 19–29.

9. Bijay-Singh, Tek B. Sapkota. The effect of adequate and excessive application of mineral fertilizers on the soil // Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, 2022. URL : <https://www.science-direct.com/science/article/pii/B9780128229743000513> (дата обращения 11.07.2023).

Сведения об авторах:

Т. Ю. Бортник , доктор сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-1899-5176>;

А. Ю. Карпова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-6438-4838>

Удмуртский ГАУ, ул. Кирова, 16, Ижевск, Россия, 426033

 altabor@bk.ru

Original article

EFFECTIVENESS OF POTASSIUM CHLORIDE IN LONG-TERM APPLICATION IN GRAIN-FALLOW CROP ROTATION ON SODDY-MEDIUM-PODZOLIC MEDIUM-LOAMY SOIL

Tatyana Yu. Bortnik , **Alina Yu. Karpova**

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

 altabor@bk.ru

Abstract. The article summarizes the research data from a long-term field experiment with fertilizers, which was started in 1979 on soddy-medium-podzolic medium-loamy soil. The effectiveness of the potassium chloride application in relation to different fertilizers background is considered; average doses for 1979–2023 amounted to $N_{56}P_{33}K_{54}$. On average per year, the addition of potassium chloride against the background of NP increased

the yield of: vetch-oat mixture – by 22.7 %; winter grains – by 20.9 %; potatoes – by 24.6 %; fodder beet – by 10.2 %; barley – by 10.3 %. The average productivity of grain-fallow crop rotation per year under the influence of long-term use of potassium chloride increased by 0.59 tons grain units/ha or 14.8 % relative to the nitrogen-phosphorus fertilizer application. A positive effect of potassium chloride on some indicators of the quality of crop products has been revealed. The systematic application of potassium chloride at an average dose of 54 kg of active substance/ha for more than 40 years didn't contribute to a significant accumulation of the available potassium content in the soddy-medium-podzolic medium-loamy soil compared to the initial state in 1979; the soil supply with this element was low in 2022. In this case, a negative or zero balance of potassium in the soil is formed due to its high removal from crop yields.

Key words: *potassium chloride, liming, fertilization systems, productivity, grain-fallow crop rotation, soddy-podzolic soil.*

For citation: *Bortnik T. Yu., Karpova A. Yu. Effectiveness of potassium chloride in long-term application in grain-fallow crop rotation on soddy-medium-podzolic medium-loamy soil. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 4(76): 18-26. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_18-26.*

Authors:

T. Yu. Bortnik , Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-1899-5176>;

A. Yu. Karpova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-6438-4838>
Udmurt State Agricultural University, 16, Kirova St., Izhevsk, Russia, 426033

 altabor@bk.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 09.10.2023; одобрена после рецензирования 28.10.2023;

принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 09.10.2023; approved after reviewing 28.10.2023; accepted for publication 07.12.2023.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЛЕСА НА ВЫРУБКАХ И МЕРЫ СОДЕЙСТВИЯ В ЭЭРБЕКСКОМ УЧАСТКОВОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ

Болат-оол Чочала Кунгаевна ✉, Седембиль Шолбан Андреевич

ФГБОУ ВО «ТувГУ», Кызыл, Россия

✉ 4o4ala@mail.ru

Аннотация. Воспроизводство лесных ресурсов хозяйственно ценными породами и повышение продуктивности древостоев являются важными проблемами лесного хозяйства России. Цель исследования – оценка естественного возобновления леса на вырубках и меры содействия лесовосстановлению на территории Ээрбекского участкового лесничества Республики Тыва. Экспериментальная часть исследования проводилась на территории ГКУ «Кызылское лесничество» на общей площади 9,0 га. Были рассмотрены лесотаксационные материалы по лесничеству, проекты естественного лесовосстановления. Для оценки естественного возобновления заложены пробные площади на 43-м квартале, в 12, 13, 23-м выделах. Проведен учет жизнеспособного подроста древесных пород. На первой пробной площадке средний возраст подроста составил 20 лет, высота 1,7 м, на втором и третьем участках подрост в возрасте 8–9 лет, высота 0,6–0,7 м. По шкале оценки успешности естественного возобновления встречаемость подроста равна 10 %, количество жизнеспособного подроста составляет 1,2–1,7 тыс. шт. на 1 га, что является редким. В изучаемых насаждениях доминирует жизнеспособный лиственничный подрост, что указывает на успешность процесса естественного лесовозобновления. В целях содействия естественному лесовосстановлению необходимо проводить минерализацию почвы и осуществлять уход за подростом.

Ключевые слова: лес, лесовосстановление, жизнеспособный подрост, лиственница, лесное насаждение, порода, естественное возобновление.

Для цитирования: Болат-оол Ч. К., Седембиль Ш. А. Естественное возобновление леса на вырубках и меры содействия в Ээрбекском участковом лесничестве // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(76). С. 27-34. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_27-34.

Актуальность. Одной из важных проблем лесного хозяйства России и других стран мира является воспроизводство в кратчайшие сроки лесных ресурсов хозяйственно ценными породами и повышение продуктивности древостоя [1]. Согласно ст. 61 Лесного кодекса Российской Федерации, вырубленные, погибшие, поврежденные леса подлежат воспроизводству, которое осуществляется путем лесного семеноводства, лесовосстановления и ухода за лесами [2]. Лесовосстановление осуществляется в соответствии с Правилами [7] в целях возрождения вырубленных, погибших, поврежденных лесов и должно обеспечивать восстановление лесных насаждений, сохранение биологического разнообразия лесов, их полезных функций.

Естественное восстановление лесов осуществляется за счет мер содействия путем сохранения подроста лесных древесных пород

при проведении рубок лесных насаждений, минерализации почвы, огораживании и т.п. [7]. В основном естественное возобновление протекает стихийно, но может регулироваться, направляться лесоводом. При естественном лесовосстановлении применяют несколько способов, которые отличаются разнообразием, разной биологией и экологией древесных культур, природно-климатическими и экономическими условиями, способами рубок. Исходя из этого естественное лесовосстановление – это управляемый процесс, который является активной формой лесовозобновления.

Использование естественного возобновления леса имеет важное экономическое и экологическое значение, так как сокращает затраты на его восстановление. При этом вырастают устойчивые насаждения, где природные древостои состоят из деревьев на всех стадиях роста и развития, прошедших жесткий есте-

ственный отбор в конкретных лесорастительных условиях и лучше к ним приспособившихся. Возобновительные процессы способствуют биологическому равновесию в лесу, обеспечивают постоянство его существования, а следовательно, и пользования им.

На территории Республики Тыва лиственничные леса относятся к основным лесобразующим породам, но пожары и незаконная рубка леса, каждый год уничтожающие продуктивный лес, снижают количественный и качественный показатель лиственничных лесов из состава лесного фонда. Искусственное восстановление леса, возобновившееся на территории республики с 2015 г., связано с недостаточной изученностью процесса выращивания саженцев и семян, привезенных из других регионов Сибири, в данных лесорастительных условиях. Возобновление лиственничных пород, с одной стороны, повышает биоразнообразие и пожароустойчивость, а с другой стороны, в засушливом, резко континентальном климате республики обеспечивает более длительное влияние на окружающую среду. Это связано с биологическими особенностями лиственничных лесов, такими как долговечность, быстрота роста, способность произрастать на различных почвах и пожароустойчивость.

Цель исследования – оценка естественного возобновления леса на вырубках и меры воздействия на территории Ээрбекского участкового лесничества Республики Тыва.

Материал и методы исследований. Экспериментальная часть исследований проводилась на территории Ээрбекского участкового лесничества ГКУ «Кызылское лесничество» Республики Тыва. В соответствии с выбранной темой были рассмотрены все лесотаксационные материалы по лесничеству, проекты естественного лесовосстановления. На месте определены типы леса по В. Н. Сукачеву [3].

Оценка естественного возобновления под пологом древостоев, а также измерение других лесоводственных и таксационных характеристик осуществлялись с помощью закладки пробных площадей на 43-м квартале, выделах 12, 13, 23. На каждой из этих площадей были заложены по 3 учетных площадки с размерами 50 × 50 м. В пределах пробной площади фиксировали наличие или отсутствие хотя бы одного жизнеспособного экземпляра подроста хвойных пород с определением категории его высоты. В случае отсутствия подроста такая пробная площадь считалась «нулевой». Если в пределах пробной пло-

щади имелось несколько экземпляров подроста, подсчитывали его численность по категориям высоты. На учетной площадке фиксировали также наличие лиственных пород (по породам и категориям высоты) [8].

К категории жизнеспособного подроста относили экземпляры, не имеющие следов повреждений или болезней, а также резкого снижения прироста по высоте за последние 3–5 лет. По категории крупности выделяли мелкий (0,1–0,5 м), средний (0,6–1,5 м) и крупный (более 1,5 м) подрост. Средний возраст подроста на обследуемых площадях определяли для всех пород, участвующих в возобновительном процессе. Для хвойных пород возраст отдельных экземпляров определяли по мутовкам, для лиственных – по годичным кольцам на срезе стволика модельных экземпляров подроста [7].

Жизненное состояние подроста определяли по методике В. А. Алексеева (1989) по следующей шкале категорий жизненного состояния подроста: жизнеспособный, нежизнеспособный и поврежденный [5].

К жизнеспособному относили подрост хвойных пород со следующими характеристиками:

- 1) густая, зеленая или темно-зеленая хвоя; выраженная мутовчатость;
- 2) островершинная или конусообразная симметричная густая или средней густоты крона протяженностью не менее 1/3 ствола в группе деревьев и 1/2 при одиночном их размещении;
- 3) прирост по высоте за последние 3–5 лет не утрачен; прирост вершинного побега не менее прироста боковых ветвей верхней половины кроны;
- 4) прямые стволики; гладкая и мелкочешуйчатая кора без лишайников.

Для измерения высоты подроста изготовили специальный мерный шест. На основании результатов индивидуального перечета подрост сгруппировали по происхождению, породам, возрастным группам и состоянию.

Густота, или заселенность площади подростом, – количество экземпляров подроста древесных пород, выраженное в тысячах штук на гектар. Обычно количество подроста округляют до 0,1 тысячи, а всходы учитывают отдельно [8].

По густоте возобновление разделяют:

- на редкое – при количестве подроста до 2 тыс. шт./га, или при глазомерной оценке встречаемость составляет не более 1 экз. на 5 м²;
- средней густоты – 2–8 тыс. шт./га, что при глазомерной оценке составляет 1 экз. на 2–4 м²;

- густое – 8–13 тыс. шт./га, встречаемость подроста «на каждом шагу», или 1 экз. на 1 м²;
- очень густое – более 13 тыс. шт./га, встречаемость подроста более 1 экз. на 1 м².

Степень равномерности размещения подроста определяли по соотношению количества учетных площадок с подростом к общему количеству заложённых учетных площадок:

$$t = N_{\text{подр}} / N_{\text{общ.}}$$

При $t > 0,65$ размещение считается равномерным и дополнительных мероприятий, направленных на улучшение процесса лесовосстановления, не требуется. При $t \leq 0,65$ размещение подроста неравномерное и требуются мероприятия в виде дополнения, мер содействия или при оценке успешности возобновления «отсутствует» создание лесных культур.

Групповое возобновление представлено отдельными группами, в каждой из которых насчитывается не менее 10 мелких или 5 средних и крупных жизнеспособных экземпляров сомкнутого подроста. По сути, это образование биогрупп, парцелл [7].

Оценку успешности возобновления проводили по шкалам успешности естественного возобновления (табл. 1) [7].

Результаты исследований. Ээрбекское участковое лесничество входит в ГКУ «Кызылское лесничество» Министерства лесного хозяйства и природопользования Республики Тыва, расположено в восточной части Республики Тыва, относится к Южно-Сибирской горной лесорастительной зоне Алтае-Саянского горно-лесостепного района.

Климат района расположения лесничества резко континентальный. Определяющими климат факторами являются холодная продолжительная зима, короткое жаркое лето, большая сухость воздуха, резкие изменения температуры при переходе от зимы к лету и ото дня к ночи.

Погодные условия в период проведения исследований по влагообеспеченности и режи-

му среднесуточных температур существенно различались между собой. В 2020 г. выпало 342 мм осадков, средняя температура воздуха в период вегетации 16,3 °С. 2021 г. тоже относится к умеренно влажным годам, осадков выпало 322 мм, средняя температура по сравнению с 2020 г. немного ниже – 15,6 °С. Гидротермический коэффициент 2020 и 2021 гг. относится к умеренно влажным годам (ГТК = 1,29–1,30) и показывает обеспеченность растений влагой в период вегетации. В 2022 г. средняя температура 17,2 °С выше, чем в предыдущие годы, но по количеству выпавших осадков (144 мм) год относится к засушливым.

Лесовосстановительные мероприятия на территории Ээрбекского участкового лесничества проводятся на вырубках, гарях, редилах, прогалинах, иных не покрытых лесной растительностью или пригодных для лесовосстановления землях [3]. Для этого обеспечивается ежегодный учет площадей данных земель, при котором в зависимости от состояния на них подроста и молодняка определяются способы лесовосстановления в соответствии с Правилами лесовосстановления. При этом отдельно учитываются площади лесных участков, подлежащие естественному, искусственному и комбинированному лесовосстановлению [7]. Лесовосстановительные мероприятия на каждом лесном участке, предназначенном для лесовосстановления, осуществляются в соответствии с проектом [2].

На территории Ээрбекского участкового лесничества после проведения рубок при выполнении лесовосстановительных работ значительный объем вырубок оставляется под естественное возобновление леса (как проведение мер содействия).

Почва отведенных пробных площадей горная каштанового типа, сформирована в условиях засушливого климата, мощность до 50 см, гумусовый горизонт и горизонт вымывания имеют относительное развитие (до 11 см). Гумусовый горизонт окрашен в характерный каштановый цвет.

Таблица 1 – Способы лесовосстановления в зависимости от количества жизнеспособного подроста и молодняка главных лесных древесных пород

Способы лесовосстановления		Древесные породы	Группы типов леса, типы лесорастительных условий	Количество жизнеспособного подроста и молодняка, тыс. шт. на 1 га
Естественное лесовосстановление	Путем мероприятий по сохранению подроста, уход за подростом	Сосна, лиственница	Зеленомошниковая	Более 3
			Чернично-долгомошниковая	Более 2,5
	Путем минерализации почвы, уход за подростом		Зеленомошниковая	1–3
			Чернично-долгомошниковая	1–2,5

Из кустарниковых пород под пологом леса встречается рододендрон, спирея, шиповник. Травяной покров составляют в основном брусника, багульник, голубика, злаки, осоки, зеленые мхи, лишайники, бадан.

В таблице 2 отражены результаты выборочных рубок, проведенных на территории лесничества за 3 года.

Таблица 2 – Объем выборочных рубок

2020 г.		2021 г.		2022 г.	
площадь, га	общий запас, м ³	площадь, га	общий запас, м ³	площадь, га	общий запас, м ³
281,51	11 897,5	266,8	14 851,35	238,79	10 841,04

За последние три года объем рубок на территории Ээрбекского участкового лесничества остается в пределах 238,8–281,5 га, общий запас вырубленной древесины 10,8–14,8 тыс. м³.

Объем площадей, отведенных под рубку, с каждым годом уменьшается на 20–30 га. В 2021 г. общий запас вырубленной древесины больше, чем в 2020 и 2022 гг. Основную часть заготовленной древесины составляют деловой лес и дрова для населения.

Характеристики пробных площадок: гарь 2015 г., выборочные рубки с 2016 по 2020 г., по наличию древесины относятся к сухостою, имеют слабую захламленность.

По параметрам лесорастительных условий рельеф участка – горно-лесостепной, II пояс, склон 10°, 15°, разнотравно-брусничный тип леса, по классификации сетки типов лесных участков относится к сравнительно бедным

свежим (мезофильный) суборям, почва лесная каштановая, слабая степень задернения.

По материалам Государственного лесного реестра, лесоводственно-таксационные показатели насаждения до пожара 2015 г. следующие: по породному составу преобладала лиственница, на 12-м выделе произрастал и кедр, возраст насаждения 90, 170 лет, 5-й бонитет, общий запас 184 м³/га (табл. 3).

В таблице 4 дано таксационное описание пробных площадей по результатам исследований. После пожара и рубок на местности породный состав такой: 10Л, бонитет на 13, 23-м выделах не изменился, но полнота снизилась до 0,1, запас насаждения со 184 м³/га снизился до 73 м³/га.

Результаты обследования первой пробной площади с тремя учетными площадками, расположенной на 12-м выделе 43-го квартала урочища Сайыр, отражены в таблице 5.

По результатам полевых исследований на первой пробной площади много мелкого подроста, особенно на 1-й и 3-й учетных площадках. Число крупного подроста на 1-й учетной площадке составило 110, меньше всего – на 3-й учетной площадке. Средний возраст подроста 19–20 лет, средняя высота 1,6–1,8 м.

Поскольку шкалы для оценки успешности естественного возобновления ориентированы на крупный подрост, то необходимо пересчитать количество мелкого и среднего подроста в категорию крупного.

Для мелкого подроста применяется коэффициент 0,5, для среднего – 0,8, для крупного – 1,0. При сплошном пересчете выявили 1820 шт. подроста, после перевода на крупный подрост – 1200 шт.

Таблица 3 – Таксационное описание по материалам Государственного лесного реестра

№ выдела	Площадь, га	Лесоводственно-таксационные показатели насаждения до рубки					
		состав	класс возраста	возраст, лет	тип леса/ТЛУ	бонитет/полнота	запас, м ³ /га
12	3,5	8Л2К	9	170	РТБР/В ₂	5/0,6	66
13	3,0	10Л	5	90	РТБР/В ₂	5/0,6	58
23	2,5	10Л	5	90	РТБР/В ₂	5/0,5	60
Итого							184

Таблица 4 – Таксационное описание по результатам обследования

№ выдела	Площадь, га	Лесоводственно-таксационные показатели насаждения после рубки					
		состав	класс возраста	возраст, лет	тип леса/ТЛУ	бонитет/полнота	запас, м ³ /га
12	3,5	10Л	11	204	РТБР/В ₂	4/0,2	25
13	3,0	10Л	7	132	РТБР/В ₂	5/0,1	27
23	2,5	10Л	7	134	РТБР/В ₂	5/0,1	21
Итого							73

Таблица 5 – Перечетная ведомость жизнеспособного подроста № 12

Лесничество Кызылское Участковое лесничество Ээрбекское
Урочище Сайыр Квартал 43 Выдел № 12 площадь участка 3,5 га

№ учетной площадки	Порода	Распределение подроста по высоте, шт.				Средняя высота, м	Средний возраст, лет
		мелкий (до 0,5 м)	средний (0,6–1,5 м)	крупный (свыше 1,5 м)	итого		
1	Лц	350	200	110	660	1,7	20
2	Лц	250	100	90	440	1,8	19
3	Лц	400	300	20	720	1,6	20
Всего		1000	600	220	1820		
Коэффициент перевода		0,5	0,8	1,0	–		
Итого на 1 га		500	480	220	1200		

Вторая пробная площадь находится на 13-м выделе 43-го квартала урочища Сайыр, результаты перечета подроста приведены в таблице 6. По результатам подсчета подроста преобладает лиственница со средним возрастом 6–10 лет, средняя высота 0,5–0,8 м. Крупного подроста в 5 раз меньше, чем мелкого, соотношение 310 к 1500. Количество подроста больше на 1-й и 2-й учетных площадках – 950 и 1010 шт. на 1 га. При сплошном перечете выявлено 2610 шт. подроста на 1 га, после перевода – 1700 шт.

Третья пробная площадь находится на 23-м выделе 43-го квартала урочища Сайыр, результаты перечетной ведомости жизнеспособного подроста представлены в таблице 7.

На третьей пробной площади 8–10-летний подрост имеет высоту 0,6–0,9 м. Крупного подроста больше на 2-й и 3-й учетных площадках, мелкого подроста – на 1-й и 3-й. Общее количество жизнеспособного подроста после перевода на крупный составило 1787 шт.

В таблице 8 дана характеристика подроста, произрастающего на пробных площадях.

Основной породой лесовозобновления является лиственница. На 1-й пробной площадке средний возраст подроста 20 лет, высота 1,7 м, на 2-м и 3-м участках подрост имеет 8–9-летний возраст, высоту ствола 0,6–0,7 м. По жизнеспособности подрост имеет густую зеленую хвою,

выраженную мутовчатость, прямые стволы, гладкую и мелкочешуйчатую кору без лишайников. Пробные площади по встречаемости подроста имеют 10 %, что относится к групповым, где не менее 10 шт. мелких или 5 шт. средних и крупных экземпляров жизнеспособного и сомкнутого подроста определяют распределение по площади. По густоте пробные площади относятся к редким, так как имеют подрост меньше 2 тыс. шт. на 1 га [7].

В таблице 9 отражены намеченные мероприятия по лесовосстановлению в зависимости от количества жизнеспособного подроста и молодняка главных лесных древесных пород.

На пробных площадях количество подроста варьирует от 1,2 до 1,7 тыс. шт. В Правилах лесовосстановления по критериям и требованиям для лиственницы в Алтае-Саянском горно-лесостепном районе количество жизнеспособного подроста должно быть в пределах 1–3 тыс. шт. на 1 га. В целях содействия естественному лесовосстановлению необходимо проводить минерализацию почвы и уход за подростом.

На изученных площадях запланированы данные мероприятия, так как почвы бедные и сильнозадерненные. В лесостепной зоне общее количество агротехнических и лесоводственных уходов должно составлять от 5 до 10 на весь период выращивания лесных культур.

Таблица 6 – Перечетная ведомость жизнеспособного подроста на выделе № 13

Лесничество Кызылское Участковое лесничество Ээрбекское
Урочище Сайыр Квартал 43 Выдел № 13 площадь участка 3,0 га

№ учетной площадки	Порода	Распределение подроста по высоте, шт.				Средняя высота, м	Средний возраст, лет
		мелкий (до 0,5 м)	средний (0,6–1,5 м)	крупный (свыше 1,5 м)	итого		
1	Лц	700	200	110	1010	0,7	9
2	Лц	300	500	150	950	0,8	10
3	Лц	500	100	50	650	0,5	6
Всего		1500	800	310	2610		
Коэффициент перевода		0,5	0,8	1,0	–		
Итого на 1 га		750	640	310	1700		

Таблица 7 – Перечетная ведомость жизнеспособного подроста на выделе № 23
Лесничество Кызылское Участковое лесничество Ээрбекское
Урочище Сайыр Квартал 43 Выдел № 23 площадь участка 2,5 га

№ учетной площадки	Порода	Распределение подроста по высоте, шт.				Средняя высота, м	Средний возраст, лет
		мелкий (до 0,5 м)	средний (0,6–1,5 м)	крупный (свыше 1,5 м)	итого		
1	Лц	550	240	90	880	0,9	10
2	Лц	350	400	200	950	0,6	8
3	Лц	450	200	150	800	0,7	9
Всего		1350	840	440	2630		
Коэффициент перевода		0,5	0,8	1,0	–		
Итого на 1 га		675	672	440	1787		

Таблица 8 – Характеристика подроста и молодняка

№ п/п	Лесоводственно-таксационные показатели						
	со-став	средний возраст, лет	средняя высота подроста, м	жизнеспособность подроста	количество, тыс. шт./га	категория густоты	встречаемость подроста и молодняка, %
1	10Л	20	1,7	Жизнеспособный	1,2	Редкий	10
2	10Л	8	0,6	Жизнеспособный	1,7	Редкий	10
3	10Л	9	0,7	Жизнеспособный	1,7	Редкий	10

Таблица 9 – Ведомость участков, намеченных для проведения мер содействия естественному возобновлению леса

Характеристика участка	Номер выдела		
	12	13	23
Площадь, га	3,5	3,0	2,5
Категория участка (вырубка, гарь, насаждение)	Гарь, вырубка	Гарь, вырубка	Гарь, вырубка
Тип леса, лесорастительных условий	РТБР, В ₂	РТБР, В ₂	РТБР, В ₂
Состояние участка: - состав насаждения - класс возраста - полнота - захламенность	10Л 11 0,2 Средняя	10Л 7 0,1 Средняя	10Л 7 0,1 Средняя
Наличие возобновления	Лиственница, семенное	Лиственница, семенное	Лиственница, семенное
Напочвенный покров (степень покрытия)	Травянистый кустарниковый (средняя)	Травянистый кустарниковый (средняя)	Травянистый кустарниковый (средняя)
Источники обсеменения, расстояние до них, м	Лес по краю гари, стены леса, 15 м	Лес по краю гари, стены леса, 15 м	Лес по краю гари, стены леса, 15 м
Степень минерализации почвы, %	25	25	25
Меры содействия естественному лесовозобновлению	Минерализованные полосы	Минерализованные полосы	Минерализованные полосы
Предусмотренные противопожарные мероприятия	Напашка минеральных полос	Напашка минеральных полос	Напашка минеральных полос

При этом в первый год их роста должно быть проведено до 4 уходов. Агротехнический уход включает в себя подавление, скашивание травянистой и древесно-кустарниковой растительности механическим способом. Минерализация почвы – это вспашка борозд трактором ДТ-75 с плугом ПКЛ-70 в виде микропонижений.

Содействие естественному лесовосстановлению путем минерализации почвы необходимо проводить на площадях, где имеются источники семян ценных древесных пород (примыка-

ющие лесные насаждения, отдельные семенные деревья или их группы, куртины, полосы под пологом поступающих в рубку лесных насаждений с полнотой не более 0,6) [8]. Минерализация почвы должна проводиться в годы удовлетворительного и обильного урожая семян лесных насаждений. Наилучший срок проведения минерализации – до начала опадения семян лесных древесных растений.

Вырубки с сохранением подроста на всех исследуемых площадях удовлетворительно

возобновляются за счет предварительного хвойного возобновления. Это указывает на первостепенное значение сохранения подроста при рубке. Вырубки без сохранения подроста в большинстве своем также восстанавливаются хвойными породами вполне удовлетворительно, однако сроки восстановления затягиваются на длительный период. Большой ущерб лесовосстановлению на данных землях наносит бессистемная пастьба скота.

Успешное возобновление гарей зависит от характера лесных пожаров. Беглый низовой пожар, как правило, не уничтожает весь подрост и не повреждает более старые деревья, которые выполняют роль обсеменителей. Они обеспечивают достаточное и успешное возобновление в течение 5–7 лет. Это связано с оставлением семенных деревьев и присутствием в окружающих стенах леса деревьев лиственницы в возрасте семеношения.

Интенсивные пожары, особенно повторяющиеся на одной и той же площади, уничтожают весь подрост и повреждают почти все деревья до полного их усыхания [5]. В этом случае возобновление гарей проходит медленнее, в течение 10–20 лет, если на этих землях нет пастьбы скота.

По данным исследования, в целом по лесничеству гари с достаточным возобновлением составляют 83 %, гари с недостаточным возобновлением – 8 %, и гари, где возобновление отсутствует, – 9 %. Это говорит о том, что гари возобновляются успешно, естественным путем, хвойными породами без смены пород.

Выводы. Исследование по естественному лесовозобновлению проведено в Эрбекском участковом лесничестве на общей площади 9,0 га. На всех опытных участках отмечается появление подроста хозяйственно ценных пород в количестве 1,2–1,7 тыс. шт. на 1 га. В Правилах лесовосстановления по критериям и требованиям для лиственницы в Алтае-Саянском горно-лесостепном районе количество жизнеспособного подроста должно быть в пределах 1–3 тыс. шт. на 1 га. В целях содействия естественному лесовосстановлению необходимо проводить минерализацию почвы и осуществлять уход за подростом. В изучаемых насаждениях доминирует жизнеспособный лиственничный подрост, что указывает на успешность процесса естественного лесовозобновления.

Список источников

1. Кириленко Н. С., Куриленко Н. И. Исследование проблем лесовосстановления и перспективы использования нового оборудования // *Машиностроение*

новые концепции и технологии: Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск. Красноярск: ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева», 2021. С. 104–107. – EDN ZTFEDW.

2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 29.12.2022) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 10.01.2023).

3. Лесохозяйственный регламент Кызылского лесничества [Электронный ресурс]: сайт Министерства лесного хозяйства и природопользования Республики Тыва. Кызыл, 2023. URL: <https://mpr.rtyva.ru/page/6222/> (дата обращения 05.03.2023).

4. Особенности естественного лесовозобновления в условиях южной тайги на примере ельников заповедника «Кологривский лес» / С. Н. Волков, А. С. Мухин, С. А. Чистяков [и др.] // *Лесохозяйственная информация*. 2021. № 2. С. 39–48.

5. Оценка естественного возобновления леса на гари с использованием данных, полученных с помощью беспилотного летательного аппарата / А. В. Кабонен, О. И. Гаврилова, А. В. Грязькин, К. А. Пак // *Сибирский лесной журнал*. 2022. № 2. С. 11–20.

6. Постановление Правительства Республики Тыва от 21.12.2022 № 821 «Об утверждении Стратегии развития лесного хозяйства Республики Тыва на период до 2023 года» / Республика Тыва, Законы. Доступ из СПС Гарант (дата обращения: 15.05.2023).

7. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 04.12.2020 № 1014 «Правила лесовосстановления» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74983471/> (дата обращения 26.05.2023).

8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11.02.2021 № 312-р «Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года». Москва: Правительство РФ, 2021.

References

1. Kirilenko N. S., Kurilenko N. I. Issledovanie problem lesovosstanovleniya i perspektivy ispol'zovaniya novogo oborudovaniya // *Mashinostroenie: novye koncepcii i tekhnologii: Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, Krasnoyarsk. Krasnoyarsk: FGBOU VO «Sibirskij gosudarstvennyj universitet nauki i tekhnologij imeni akademika M. F. Reshetneva», 2021. S. 104–107. – EDN ZTFEDW.*

2. Lesnoj kodeks Rossijskoj Federacii ot 04.12.2006 № 200-FZ (red. ot 29.12.2022) [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.01.2023).

3. Lesohozyajstvennyj reglament Kyzylskogo lesnichestva [Elektronnyj resurs]: sayt Ministerstva lesnogo hozyajstva i prirodnopol'zovaniya Respubliki Tyva. Kyzyl, 2023. URL: <https://mpr.rtyva.ru/page/6222/> (data obrashcheniya 05.03.2023).

4. Osobennosti estestvennogo lesovozobnovleniya v usloviyah yuzhnoj tajgi na primere el'nikov zapovednika «Kologrivskij les» / S. N. Volkov, A. S. Muhin, S. A. Chistyakov [i dr.] // Lesohozyajstvennaya informaciya. 2021. № 2. S. 39–48.

5. Ocenka estestvennogo vozobnovleniya lesa na gari s ispol'zovaniem dannyh, poluchennyh s pomoshch'yu bespilotnogo letatel'nogo apparata / A. V. Kabonen, O. I. Gavrilova, A. V. Gryaz'kin, K. A. Pak // Sibirskij lesnoj zhurnal. 2022. № 2. S. 11–20.

6. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Tyva ot 21.12.2022 № 821 «Ob utverzhdenii Strategii razvitiya

lesnogo hozyajstva Respubliki Tyva na period do 2023 goda» / Respublika Tyva, Zakony. Dostup iz SPS Garant (data obrashcheniya: 15.05.2023).

7. Prikaz Ministerstva prirodnyh resursov i ekologii RF ot 04.12.2020 № 1014 «Pravila lesovosstanovleniya» [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74983471/> (data obrashcheniya 26.05.2023).

8. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 11.02.2021 № 312-r «Ob utverzhdenii Strategii razvitiya lesnogo kompleksa Rossijskoj Federacii do 2030 goda». Moskva: Pravitel'stvo RF, 2021.

Сведения об авторах:

Ч. К. Болат-оол✉, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Ш. А. Седембил, магистр, участковый лесничий Ээрбекского участкового лесничества ФГБОУ ВО «ТувГУ», ул. Монгуша Сата, 9, Кызыл, Россия, 667000

✉4o4ala@mail.ru

Original article

NATURAL REFORESTATION IN CLEARINGS AND ASSISTANCE MEASURES IN THE EERBEK FOREST DISTRICT

Chochala K. Bolat-ool✉, **Sholban A. Sedembil**

Tuvan State University, Kyzyl, Russia

✉4o4ala@mail.ru

Abstract. *The reproduction of forest resources with commercially valuable tree species and increasing productivity of timber stand are the urgent problems of forest management in Russia. The purpose of the study is to assess the natural reforestation in clearings and assistance measures in the territory of the Eerbek Forest District of the Republic of Tyva. The experimental part of the research was conducted in the territory of Kyzylskoe Forest District with a total area of 0.9 ha. Forest estimation materials in the forest district, naturally regenerated stands projects were considered. To assess the natural reforestation, the trial plots were laid out on the 43rd quarter, in the allotments 12, 13, 23. The inventory of viable undergrowth of tree species was carried out. The average age of the undergrowth was 20 years, height was 1.7 m on the 1st trial plot; the undergrowth was 8–9 years old, trunk height was 0.6–0.7 m on the 2nd and 3rd plots. According to the scale of assessment the effectiveness of natural reforestation, the occurrence of undergrowth is 10 %, the number of viable undergrowth is 1.2–1.7 thousand pieces per hectare, which are rare features. The viable larch undergrowth is dominated in the studied plantings, this indicates the effectiveness of natural reforestation. In order to promote natural reforestation, soil mineralization and undergrowth tending should be carried out.*

Key words: forest, reforestation, viable undergrowth, larch, forest planting, species, natural reforestation.

For citation: Bolat-ool Ch. K., Sedembil Sh. A. Natural reforestation in clearings and assistance measures in the Eerbek forest district. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy.* 2023; 4(76): 27-34. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_27-34.

Authors:

Ch. K. Bolat-ool✉, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

Sh. A. Sedembil, Master's degree student, district forester of the Eerbek forest district

Tuvan State University, 9 Mongusha Sata St., Kyzyl, Russia, 667000

✉4o4ala@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 06.09.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 06.09.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 07.12.2023.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РОСТА БЫЧКОВ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ ГЕНЕАЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Васильев Владислав Романович¹, Краснова Оксана Анатольевна² ✉

¹Министерство сельского хозяйства
и продовольствия Удмуртской Республики, Ижевск, Россия

²Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

²krasnova-969@mail.ru

Аннотация. Научные исследования проводились в Кировской области. Целью исследований являлось повышение продуктивности бычков герефордской породы путем использования разных заводских линий в условиях АО «Агрофирма «Немский». В задачи исследования входило определение живой массы, расчет абсолютных, среднесуточных, относительных приростов бычков герефордской породы от рождения до 15 месяцев, проведение сравнительного анализа полученных результатов. Объектом исследований были чистопородные бычки герефордской породы четырех заводских линий. Животные с учетом пола, возраста, живой массы, состояния здоровья отобраны и сформированы в четыре группы по 20 голов: 1-я группа – линия Р. Таймстер 2218772, 2-я группа – линия Пейсеро 2259249, 3-я группа – линия Хастлер 22173739, 4-я группа – линия Диво 23С 2257520. Проведенные исследования позволили отметить, что наиболее высокими показателями роста отличаются животные линий Р. Таймстер 2218772 и Пейсеро 2259249. Максимальная живая масса в 15 месяцев наблюдалась у животных линий Р. Таймстер 2218772 и Пейсеро 2259249, составив 464,8 кг и 477,3 кг. Максимальные среднесуточные приросты наблюдались в период 8–12 месяцев – 998 г и 1025 г, в 12–15 месяцев – 1026 г и 1101 г. Наилучшие показатели относительного прироста отмечались у животных линии Пейсеро 2259249 в периоды 8–12 месяцев, 12–15 месяцев и составляли 38,8 % и 23,1 %. При дальнейшем совершенствовании стада крупного рогатого скота рекомендуется обратить особое внимание на быков-производителей данных линий и проводить подбор коров с наивысшими комплексными классами.

Ключевые слова: герефордская порода, бычки, линейная принадлежность, живая масса, абсолютный прирост, среднесуточный прирост, относительный прирост.

Для цитирования: Васильев В. Р., Краснова О. А. Сравнительная оценка роста бычков герефордской породы разных генеалогических линий // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(76). С. 35-40. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_35-40.

Актуальность. На современном этапе развития мясного скотоводства в Российской Федерации наблюдается дефицит потребления говядины при одновременном сокращении объемов производства мяса крупного рогатого скота. Основная причина – сокращение численности откормочного поголовья скота молочного направления при недостаточных темпах развития специализированного мясного скотоводства [1, 12].

В 2020 г. продовольственная независимость Российской Федерации по такому показателю, как обеспеченность говядиной, составила 83,9 % с сохранением тенденции сокращения потребления говядины на душу населения (до 13,2 кг), при этом в 2010 г. данный параметр

составлял всего 66,3 %. Рост самообеспеченности связан в первую очередь с сокращением импортных поставок, а не с ростом объемов производства. Таким образом, в современных реалиях развития скотоводства необходимо наращивать производство качественной говядины. Известно, что в Российской Федерации говядину традиционно получают путем откорма молочного скота. В последние годы в связи со снижением поголовья молочного скота в целом и его совершенствованием путем повсеместной голштинизации, а также ухудшением воспроизводительной способности маточного поголовья ввиду узконаправленной селекции на увеличение продуктивности молочного скота количество и качество откормочного

молодняка значительно уменьшилось. В связи с этим одной из задач развития животноводства является переход на производство говядины за счет более широкого развития мясного скотоводства и использования мясных пород крупного рогатого скота [2, 7, 9, 11].

В Приволжском федеральном округе одной из наиболее распространенных пород мясного направления продуктивности является герефордская порода. Крупный рогатый скот герефордской породы характеризуется многими положительными качествами: он достаточно хорошо приспособлен к природно-климатическим условиям многих регионов России, благодаря чему получил широкое распространение, масса взрослой коровы в среднем составляет 600 кг, а быки достигают 850 кг [3]. Телята характеризуются высокими показателями среднесуточного прироста – от 900 до 1500 г [5]. Многие авторы отмечают, что при применении современных подходов и технологий производства использование герефордского скота для производства говядины может приносить значительную прибыль при относительно высоких показателях рентабельности, однако в нашей стране у породы ухудшились экстерьерные показатели, снизилась живая масса, поэтому стада герефордского скота нуждаются в совершенствовании племенных и продуктивных качеств [4, 10].

Перспективы развития мясного скотоводства в регионах Приволжского федерального округа неоднократно изучались в последние годы, по мнению многих ученых, современный герефордский скот должен иметь высокий рост, длинное и растянутое туловище, широкую и глубокую грудь, это и определяет высокую живую массу, поэтому необходимо направить работу на получение животных крупного телосложения, с большой живой массой на базе применения лучшего генетического потенциала отечественной селекции [8]. В связи с этим, основываясь на заинтересованности в изучении этой темы и ее актуальности, мы провели научную работу по улучшению продуктивных качеств скота герефордской породы.

Целью научных исследований являлось повышение продуктивности бычков герефордской породы путем использования разных заводских линий в условиях АО «Агрофирма «Немский» Кировской области.

Для выполнения цели исследования были поставлены следующие **задачи**:

1) определить живую массу, абсолютные, среднесуточные, относительные приросты

бычков герефордской породы от рождения до 15 месяцев;

2) провести сравнительный анализ полученных результатов.

Материалы и методика исследований. Экспериментальная часть работы была выполнена в племенном заводе АО «Агрофирма «Немский» Кировской области в период 2022–2023 гг. Маточное поголовье стада комплектовалось животными из разных хозяйств, поэтому генеалогический состав достаточно разнообразен. Использованные быки-производители имели происхождение от популяций разных регионов России, а также от животных канадской селекции. Ввиду данных факторов стадо крупного рогатого скота имеет достаточно четкую генеалогическую дифференциацию. Данные генеалогические группы в хозяйстве состоят из многочисленных групп потомков. В нашем исследовании объектом изучения являются чистопородные бычки герефордской породы четырех заводских линий. Животные с учетом пола, возраста, живой массы, состояния здоровья были отобраны и сформированы по 20 голов в четыре группы: 1-я группа – линия Р. Таймстер 2218772, 2-я группа – линия Пейсера 2259249, 3-я группа – линия Хастлер 22173739, 4-я группа – линия Диво 23С 2257520. Опытных животных взвешивали при рождении, в 205 дней, 8, 12, 15 месяцев на электронных весах, на основе полученных данных определяли расчетным путем абсолютный, среднесуточный, относительный приросты.

Молодняк герефордской породы в хозяйстве выращивался при одинаковых условиях кормления и содержания. Бычков до 6–8 месяцев выращивают под матерями на подсосе. Основным продуктом питания для телят является молоко. Телят с 15–20-дневного возраста приучают к поеданию концентратов и сена. Сено в хозяйстве используют качественное, а концентраты имеют в своем составе белково-витаминные добавки. Схемы кормления телят составляют с учетом возраста, живой массы, планируемого прироста, эффективности конверсии питательных веществ в продукцию, молочности и периода отела коров. Схемы кормления в хозяйстве рассчитаны на получение среднесуточных приростов 850–900 г при достижении живой массы 240 кг в 8 месяцев. Зерновая смесь для подкормки телят содержит 14–15 % сырого протеина, 65–72 % переваримых питательных веществ, 7–10 % сырой клетчатки, 0,6 % кальция, 0,5 % фосфора и 1 % калия, а также 6 600–11 020 МЕ витамина А в 1 кг.

В зимний период животные содержатся на открытых площадках с кормовым проходом, по обе стороны которого находятся загоны с деревянным ограждением, с глубокой подстилкой для укрытия от непогоды, кроме этого имеются родильные отделения. Летнее содержание – круглосуточное содержание скота на пастбище.

Цифровой материал, полученный нами, был обработан методом биометрической статистики по Н. А. Плохинскому с определением достоверности разницы по таблице Стьюдента.

Результаты исследований. Живая масса животных в мясном скотоводстве имеет большое значение, так как с этим показателем напрямую связано количество получаемой продукции. Живая масса является основным показателем роста и развития животного в молодом возрасте. Крупные животные обладают более высокой интенсивностью роста и оплатой корма. Особенности роста бычков герефордской породы изучали с рождения до 15-месячного возраста. Результаты динамики живой массы представлены в таблице 1.

Исходя из динамики показателей живой массы бычков разных заводских линий, можно отметить, что наибольшей живой массой при рождении обладали животные 1-й и 2-й групп – 25,6 кг и 26,3 кг. В 3-й и 4-й группах живая масса при рождении бычков была несколько меньше и составила 22,5 кг и 24,1 кг. При отъеме в 205 дней максимальная живая масса была у животных во 2-й группе, составив 220,9 кг, что достоверно ($P \geq 0,99$) больше показателей у животных 3-й и 4-й групп на 4,05 % и 2,98 % соответственно.

Живая масса в 1-й группе у бычков составила 218,4 кг, что достоверно ($P \geq 0,95$) больше на 2,87 % показателя в 3-й группе и на 1,82 % больше показателя в 4-й группе. Живая масса во всех группах соответствовала минимальному требованию к классу элита – 210 кг. В 8 ме-

сяцев живая масса во всех группах животных превышала минимальные требования к классу элита-рекорд – 245 кг. Максимальная живая масса была у животных во 2-й группе – 255,2 кг, что достоверно ($P \geq 0,95$) больше показателя в 3-й группе на 3,6 %. В 12 месяцев живая масса во всех группах животных превышала минимальные требования к классу элита-рекорд – 355 кг. Максимальная живая масса была у животных во 2-й группе – 378,2 кг, что достоверно ($P \geq 0,95$) больше показателя в 3-й группе на 3,74 %. В 15 месяцев живая масса во всех группах животных превышала минимальные требования к классу элита-рекорд – 430 кг. Максимальная живая масса была у животных во 2-й группе – 477,3 кг, что достоверно ($P \geq 0,999$) больше показателя в 3-й и 4-й группах на 5,3 % и 4,5 %. Живая масса у животных в 1-й группе составила 464,8 кг, что достоверно ($P \geq 0,95$) больше показателя в 3-й группе на 2,5 %. Результаты живой массы показали превосходство линий Р. Таймстер 2218772 и Пейсеро 2259249.

На основании показателей рассчитали абсолютные приросты по периодам роста (рис. 1).

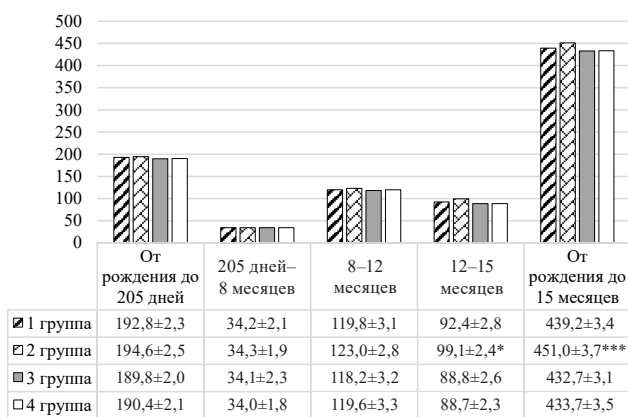
Исходя из динамики абсолютных приростов бычков разных заводских линий, можно отметить, что наибольший показатель во все возрастные периоды отмечался во 2-й группе. Максимальный показатель отмечаем в период 12–15 месяцев – 99,1 кг, что достоверно ($P \geq 0,95$) больше показателей в 3-й и 4-й группах на 11,6 % и 11,7 % соответственно. Максимальный показатель отмечаем в период от рождения до 15 месяцев – 451,0 кг, что достоверно ($P \geq 0,999$) больше показателей в 3-й и 4-й группах на 4,2 % и 3,9 % соответственно. Результаты абсолютных приростов показали превосходство линий Р. Таймстер 2218772 и Пейсеро 2259249. Максимальное превосходство абсолютного прироста отмечаем у животных линии Пейсеро 2259249.

Среднесуточные приросты по периодам роста представлены на рисунке 2.

Таблица 1 – Динамика живой массы бычков герефордской породы разных заводских линий, кг ($X \pm m$)

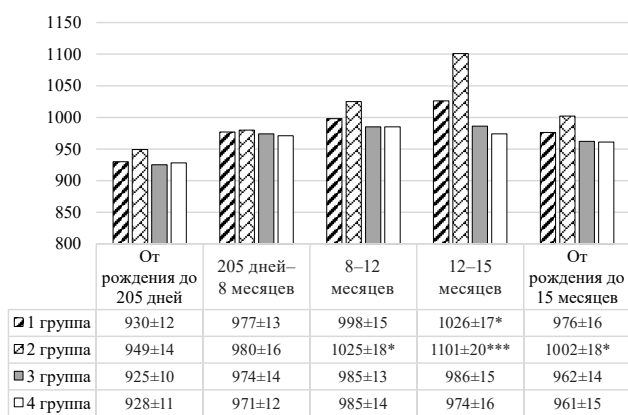
Возраст	Группа				Минимальные требования по живой массе молодняка [6]		
	1	2	3	4	элита-рекорд	элита	I класс
При рождении	25,6±2,6	26,3±2,9	22,5±2,2	24,1±2,5	-	-	-
205 дней	218,4±2,8*	220,9±2,5**	212,3±2,2	214,5±2,4	225	210	195
8 месяцев	252,6±3,5	255,2±3,2*	246,4±3,6	248,5±3,3	245	235	215
12 месяцев	372,4±4,9	378,2±5,4*	364,6±5,1	368,1±4,7	355	335	305
15 месяцев	464,8±4,4*	477,3±4,7***	453,4±4,1	456,8±4,4	430	405	370

Примечание: * – $P \geq 0,95$; ** – $P \geq 0,99$; *** – $P \geq 0,999$.



* – P ≥ 0,95; *** – P ≥ 0,999

Рисунок 1 – Динамика абсолютных приростов бычков герефордской породы разных заводских линий, кг (X±m)



* – P ≥ 0,95; *** – P ≥ 0,999

Рисунок 2 – Среднесуточные приросты бычков герефордской породы разных заводских линий, г (X±m)

По всем периодам роста отмечаем максимальные среднесуточные приросты у животных в 1-й и 2-й группах. Максимальное превосходство наблюдали в период 8–12 месяцев во 2-й группе – 1025 г, что достоверно (P ≥ 0,95) больше показателей в 3-й и 4-й группах на 4,06 %. Максимальное превосходство по среднесуточным приростам наблюдали в период 12–15 месяцев в 1-й и 2-й группах – 1026 г и 1101 г, что достоверно (P ≥ 0,95; P ≥ 0,999) больше показателей в 3-й и 4-й группах на 4,06 %; 5,3 % и 11,7 %; 13,04 % соответственно. Максимальное превосходство по среднесуточным приростам наблюдали в период от рождения до 15 месяцев во 2-й группе – 1002 г, что достоверно (P ≥ 0,95) больше показателей в группах 3 и 4 на 4,1 % и 4,3 % соответственно. Результаты среднесуточных приростов показали превосходство линий Р. Таймстер 2218772 и Пейсеро 2259249. Максимальное превосходство по среднесуточному приросту отмечаем у животных линии Пейсеро 2259249.

Относительный прирост характеризует интенсивность роста животных в определенные периоды, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика относительных приростов бычков герефордской породы разных заводских линий, % (X±m)

Период	Группа			
	1	2	3	4
От рождения до 205 дней	158	157,4	161,6	159,5
205 дней – 8 месяцев	14,5	14,4	14,8	14,6
8–12 месяцев	38,3	38,8	38,6	38,7
12–15 месяцев	22,0	23,1	21,7	21,5
От рождения до 15 месяцев	179,1	179,1	181,1	180,3

Показатели относительного прироста в период от рождения до 205-дневного возраста бычков в 3-й группе составили максимальную величину – 161,6 % по сравнению с другими группами, это объясняется тем, что животные имели меньшую живую массу при рождении – 22,5 кг и к концу 205-дневного возраста набрали живую массу 212,3 кг. Тенденция незначительного увеличения относительного прироста у животных в 3-й группе сохраняется до 8-месячного возраста и составила 14,8 %. Далее в остальные периоды наблюдается незначительное снижение относительного прироста. Наилучшие показатели относительного прироста животных отмечаются во 2-й группе в периоды 8–12, 12–15 месяцев и составляют 38,8 % и 23,1 %.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования позволяют отметить, что наиболее высокими показателями роста отличаются животные линий Р. Таймстер 2218772 и Пейсеро 2259249. Максимальная живая масса в 15 месяцев наблюдалась у животных этих линий, составив 464,8 кг и 477,3 кг. Максимальные среднесуточные приросты наблюдались в период 8–12 месяцев – 998 г и 1025 г, в 12–15 месяцев – 1026 г и 1101 г. При дальнейшем совершенствовании стада крупного рогатого скота рекомендуется обратить особое внимание на быков-производителей данных линий и производить подбор коров с наивысшими комплексными классами.

Список источников

1. Адаптивные качества ценных локальных пород сельскохозяйственных животных / М. Б. Улимашев, В. В. Голембовский, О. А. Краснова [и др.] // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2 (28). С. 137–149.

2. Данкверт С. А., Холманов А. М., Осадчая О. Ю. Производство мяса в мире. Москва: Экономика, 2016. 495 с.

3. Дедюкин А. М., Санникова Н. А., Воробьева С. Л. Характеристика племенного стада герефордского скота в ООО «СП «Восток» Селтинского района Удмуртской Республики // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологии в России, Ижевск, 24–26 февраля 2021 года. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. С. 29–32.

4. Краснова О. А., Васильев В. Р. Продуктивность крупного рогатого скота герефордской породы в АО «Агрофирма «Немский» Кировской области // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Ижевск, 15–18 февраля 2022 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. Т. II. С. 58–61.

5. Марясов А. Н., Харлап С. Ю. Обоснование эффективности выращивания бычков герефордской породы по высокоинтенсивной технологии // Молодежь и наука. 2020. № 8.

6. Методические рекомендации по Порядку и условиям поведения бонитировки племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/126/126cf69a13f0e268ec8f46c5f87cd562.pdf?ysclid=lpqsn1avsn137761637> (дата обращения 15.09.2023).

7. Объем рынка говядины, самообеспеченность и душевое потребление в России в 2001–2020 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://meatinfo.ru/news/obem-rinka-govyadini-samoobespechennost-i-dushevoe-419786> (дата обращения 07.11.2020).

8. Оценка мясной продуктивности скота герефордской породы в условиях Удмуртской Республики / А. М. Дедюкин, Н. А. Санникова, М. И. Васильева, С. Л. Воробьева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (102). С. 250–254.

9. Производственное использование маточно-поголовья мясных пород крупного рогатого скота (обзор) / О. А. Краснова, И. Р. Тлецерук, Н. В. Коник [и др.] // Генетика и разведение животных. 2023. № 2. С. 36–47.

10. Рост и развитие бычков герефордской породы в условиях Удмуртии / А. М. Дедюкин, Н. А. Санникова, С. Л. Воробьева, С. И. Коконков // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2 (74). С. 4–11.

11. Krasnova O. A., Vasileva M. I. The Use of Bioantioxidant Complexes is a Basis of Affective Beef Production // Young Scientist USA. Vol. 3. Raleigh, USA : Lulu Press, 2015. P. 3–6.

12. Variability of hematological indices of brown swiss cattle with different technologies of keeping

/ A. F. Shevkhuzhev, M. B. Ulimbashev, I. K. Taov, O. O. Getokov, E. R. Gosteva // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Т. 8. № 6. С. 591–596.

References

1. Adaptivnye kachestva cennyh lokal'nyh porod sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh / M. B. Ulimbashev, V. V. Golembovskij, O. A. Krasnova [i dr.] // Aktual'nye voprosy sel'skohozyajstvennoj biologii. 2023. № 2 (28). S. 137–149.

2. Dankvert S. A., Holmanov A. M., Osadchaya O. Yu. Proizvodstvo myasa v mire. Moskva: Ekonomika, 2016. 495 s.

3. Dedyukin A. M., Sannikova N. A., Vorob'eva S. L. Harakteristika plemennogo stada gerefordskogo skota v ООО «SP «Vostok» Seltinskogo rajona Udmurtskoj Respubliki // Tekhnologicheskie trendy ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj godu nauki i tekhnologii v Rossii, Izhevsk, 24–26 fevralya 2021 goda. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. S. 29–32.

4. Krasnova O. A., Vasil'ev V. R. Produktivnost' krupnogo rogatogo skota gerefordskoj породы v АО «Агрофирма «Немский» Кировской области // Nauchnye razrabotki i innovacii v reshenii strategicheskikh zadach agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 2-h tomah, Izhevsk, 15–18 fevralya 2022 goda. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2022. Т. II. S. 58–61.

5. Maryasov A. N., Harlap S. Yu. Obosnovanie effektivnosti vyrashchivaniya bychkov gerefordskoj породы po vysokointensivnoj tekhnologii // Molodezh' i nauka. 2020. № 8.

6. Metodicheskie rekomendacii po Poryadku i usloviyam povedeniya bonitirovki plemennogo krupnogo rogatogo skota myasnogo napravleniya produktivnosti [Elektronnyj resurs]. 2020. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/126/126cf69a13f0e268ec8f46c5f87cd562.pdf?ysclid=lpqsn1avsn137761637> (data obrashcheniya 15.09.2023).

7. Ob'em rynka govyadini, samoobespechennost' i dushevoe potreblenie v Rossii v 2001–2020 gg. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://meatinfo.ru/news/obem-rinka-govyadini-samoobespechennost-i-dushevoe-419786> (data obrashcheniya 07.11.2020).

8. Ocenka myasnoj produktivnosti skota gerefordskoj породы v usloviyah Udmurtskoj Respubliki / A. M. Dedyukin, N. A. Sannikova, M. I. Vasil'eva, S. L. Vorob'eva // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 4 (102). S. 250–254.

9. Proizvodstvennoe ispol'zovanie matochnogo pogolov'ya myasnyh porod krupnogo rogatogo skota (obzor) / O. A. Krasnova, I. R. Tleceruk, N. V. Konik [i dr.] // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2023. № 2. S. 36–47.

10. Rost i razvitie bychkov gerefordskoj породы v usloviyah Udmurtii / A. M. Dedyukin, N. A. Sannikova, S. L. Vorob'eva, S. I. Kokonov // Vestnik Izhevskoj go-

sudarstvennoj sel'skokozyajstvennoj akademii. 2023. № 2 (74). S. 4–11.

11. Krasnova O. A., Vasileva M. I. The Use of Bioantioxidant Complexes is a Basis of Affective Beef Production // Young Scientist USA. Vol. 3. Raleigh, USA : Lulu Press, 2015. P. 3–6.

12. Variability of hematological indices of brown swiss cattle with different technologies of keeping / A. F. Shevkhuzhev, M. B. Ulimbashev, I. K. Taov, O. O. Getokov, E. R. Gosteva // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. T. 8. № 6. S. 591–596.

Сведения об авторах:

В. Р. Васильев¹, главный специалист-эксперт отдела животноводства и племенного дела;

О. А. Краснова^{2✉}, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-0304-512X>

¹Министерство сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской Республики, ул. им. Вадима Сивкова, 120, Ижевск, Россия, 426011

²Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

[✉]krasnova-969@mail.ru

Original article

COMPARATIVE EVALUATION OF GROWTH OF HEREFORD BULL-CALVES OF DIFFERENT GENEALOGICAL LINES

Vladislav R. Vasilyev¹, **Oksana A. Krasnova**^{2✉}

¹Ministry of Agriculture and Food of the Udmurt Republic, Izhevsk, Russia

²Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

[✉]krasnova-969@mail.ru

Abstract. The scientific research was carried out in Kirov region. The research purpose was to increase the productivity of bull-calves of Hereford breed by using different breeding lines in the conditions of Agrofirm "Nemsky" JSC. The tasks of the research included the determination of live weight, the calculation of absolute, average daily, relative gains of Hereford bull-calves from birth to 15 months, the comparative analysis of the obtained results. The research targets were purebred bull-calves of Hereford breed of 4 stud lines. The animals with regard to sex, age, live weight, health condition were selected and formed into four groups with 20 heads in each group: Group 1 – line R. Timster 2218772, Group 2 – line Peixero 2259249, Group 3 – line Hustler 22173739, Group 4 – line Divo23C 2257520. The conducted research revealed that the highest growth indicators were characteristic for animals of the lines R. Timster 2218772 and Peixero 2259249. The maximum live weight at 15 months was observed in animals of lines R. Timster 2218772 and Peixero 2259249, amounted to 464.8 kg and 477.3 kg. Maximum average daily gains were observed in the period of 8–12 months – 998 g and 1025 g, in 12–15 months – 1026 g and 1101 g. The best indicators of relative gain were observed in animals of the line Pasero 2259249 in the periods of 8–12 months, 12–15 months and amounted to 38.8 % and 23.1 %. To improve cattle herd it is recommended to pay special attention to servicing bulls of these lines and to make selection of cows with the highest complex classes.

Key words: Hereford breed, bull-calves, lineage, live weight, absolute gain, average daily gain, relative gain.

For citation: Vasilyev V. R., Krasnova O. A. Comparative evaluation of growth of Hereford bull-calves of different genealogical lines. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 4(76): 35-40. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_35-40.

Authors:

V. R. Vasilyev¹, Chief specialist-expert of the Department of Animal Husbandry and Breeding;

O. A. Krasnova^{2✉}, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-0304-512X>

¹Ministry of Agriculture and Food of the Udmurt Republic, 120 Vadim Sivkov St., Izhevsk, Russia, 426011

²Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

[✉]krasnova-969@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 08.09.2023; одобрена после рецензирования 15.11.2023;

принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 08.09.2023; approved after reviewing 15.11.2023; accepted for publication 07.12.2023.

Научная статья

УДК 636.222.6.064.6(470.51)

DOI 10.48012/1817-5457_2023_4_41-49

РОСТ И РАЗВИТИЕ ТЕЛОК ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Дедюкин Александр Михайлович¹ ✉, Санникова Надежда Алексеевна²,
Николаев Владимир Александрович³

¹ООО «Элита-Сервис», Ижевск, Россия

^{2,3}Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

¹dedyukin93@mail.ru

Аннотация. Основой увеличения поголовья мясного скота является рост маточного поголовья, который невозможен без введения в стадо ремонтных телок. Цель работы – изучение роста и развития телок герефордской породы различного происхождения в условиях Удмуртской Республики. Исследования проводились в ООО СП «Восток» Селтинского района Удмуртской Республики. Для реализации поставленной цели от коров удмуртской и пермской селекции были сформированы две группы телок по принципу пар-аналогов. Кормление и содержание подопытных животных были аналогичными. Контроль роста и развития животных проводился путем индивидуального взвешивания. На основании взвешиваний рассчитаны абсолютный, среднесуточный и относительный приросты. Экстерьерные особенности, рост и развитие телок герефордской породы изучались при рождении, в 205 дней, 8, 12, 15 и 18 месяцев путем снятия промеров. Во все возрастные периоды телки, полученные от коров удмуртской селекции, за исключением живой массы при рождении, превышали по данному показателю сверстниц на 3,0, 4,0, 1,5, 2,3 и 5,9 кг. За 18 месяцев выращивания абсолютный прирост телок удмуртской генерации превышал данный показатель у аналогов на 6,4 кг, или на 1,7 %. Среднесуточные приросты телок были максимальны в период подсоса – 893 г и 874 г, причем разница была в пользу животных, полученных от коров-первотелок удмуртской селекции. К возрасту 18 месяцев телки, полученные от коров удмуртской селекции, достоверно превосходили аналогов по высоте в холке на 8,4 см, в крестце – на 8,1 см, по глубине груди – на 2,9 см ($P \leq 0,001$). Они выглядели более высоконогими и узкотельными в сравнении со сверстницами, полученными от коров пермской селекции, которые в своей массе отличались от аналогов более широкой грудью (ширина груди за лопатками больше на 1,2 см ($P \leq 0,01$) и задней третью туловища (ширина в маклоках больше на 2,4 см ($P \leq 0,001$)).

Ключевые слова: мясной крупный рогатый скот, герефордская порода, телки, рост, развитие, живая масса, абсолютный, среднесуточный и относительный приросты, промеры.

Для цитирования: Дедюкин А. М., Санникова Н. А., Николаев В. А. Рост и развитие телок герефордской породы различного происхождения в условиях Удмуртской Республики // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(76). С. 41-49. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_41-49.

Актуальность. Как указывали в своих работах отечественные ученые, в частности, И. М. Дудин (2018), И. П. Иванова (2018), Т. Н. Чуворкина, О. Ф. Кадыкова, С. Н. Алексеева, Н. М. Гурьянова (2020), С. Н. Альбориева (2022), В. В. Кулинцев, А. И. Суров, А. Ф. Шевхужев (2022), И. М. Долгова, С. Ю. Петрякова, Г. Г. Зотова и др. (2023), развитие мясного скотоводства – это одно из важнейших условий выполнения продовольственной программы и импортозамещения, что становится особо актуальным в свете введения экономических санкций против Российской Федерации [1, 2, 16, 23].

Основой увеличения поголовья мясного скота является рост маточного поголовья, который невозможен без введения в стадо ремонтных телок. В России имеется богатый опыт разведения крупного рогатого скота мясных пород, в том числе и выращивания ремонтных телок, что нашло отражение в трудах И. И. Гончаровой (2016), Л. М. Смертиной, (2016), В. В. Романовой, Н. А. Николаевой, П. Ф. Пермязовой (2017), Г. И. Рагимова, В. А. Рогачева (2019), А. Ф. Шевхужева, А. И. Сурова, В. В. Голембовского, С. А. Талалаева (2023) и др. [3, 20, 22]. В Удмуртской Республике вопросами выращивания ремонтных телок занималась

целая плеяда ученых, в частности, С. Н. Ижболдина, А. И. Любимов, С. Д. Батанов, М. Р. Кудрин и др., но большая часть их работ посвящена молочному скоту [6–13, 18, 21]. В связи с этим изучение роста и развития телок герефордской породы различного происхождения в Удмуртии представляет определенный научный и практический интерес.

При выращивании телок крупного рогатого скота мясного направления продуктивности первостепенное значение имеет получение крепких, гармонично сложенных, скороспелых животных, способных потреблять значительные объемы кормов растительного происхождения и эффективно оплачивать их продукцией. Задача животноводов при выращивании ремонтного молодняка состоит не только в том, чтобы получить высокие приросты живой массы, но и в том, чтобы обеспечить хорошее развитие сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения и дыхания, а также конечностей, что очень важно для последующего содержания животных в условиях промышленной технологии [10].

Как отмечала И. И. Гончарова (2016), в мясном скотоводстве оптимальная система выращивания молодняка не разработана. Нет единого мнения и экономического обоснования целесообразности интенсивного выращивания телок от отъема до случки [3]. Поэтому проблема ускоренного развития мясного скотоводства за счет рационального выращивания и использования ремонтных телок мясных пород является актуальной, а ее решение имеет большое народно-хозяйственное значение.

Цель работы: изучение роста и развития телок герефордской породы различного происхождения в условиях Удмуртской Республики.

Основной задачей исследования было изучение роста и развития телок герефордской породы, полученных от коров удмуртской и пермской селекции.

Материал и методы, результаты исследования. Исследования роста и развития телок различного происхождения проводились в ООО СП «Восток» Селтинского района Удмуртской Республики в 2020–2022 гг. Для реализации поставленной цели от коров удмуртской и пермской селекции были отобраны две группы телок и сформированы по принципу пар-аналогов с учетом рекомендаций, изложенных в методике Е. Н. Мартыновой (2019) [15].

Рационы составлялись с учетом детализированных норм кормления по общей пи-

тательности и энергетической ценности (А. П. Калашников [и др.], 2007) [17], основываясь на данных химического состава и фактической питательности кормов. Исследования кормов по схеме полного зоотехнического анализа проводились в АО Агротехцентр «Удмуртский» Завьяловского района. Поедаемость кормов учитывалась путем взвешивания заданных кормов и несъеденных остатков ежемесячно за два смежных дня.

Рост и развитие телок контролировали путем индивидуального взвешивания в утренние часы до кормления. На основании полученных результатов были рассчитаны абсолютный, среднесуточный и относительный (по формуле Броди) приросты.

Экстерьерные особенности, рост и развитие телок мясного направления продуктивности герефордской породы изучались при рождении, в 205 дней, 8, 12, 15 и 18 месяцев путем снятия промеров с соответствующих частей тела по общепринятой методике. Взятые следующие промеры: высота в холке, высота в крестце, обхват груди, глубина и ширина груди, ширина в маклоках, ширина в седалищных буграх, косая длина туловища, косая длина зада, полуобхват зада, обхват пясти.

Основной цифровой материал обработан биометрически с использованием персонального компьютера при помощи программы Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение. Полученные в условиях ООО СП «Восток» мясные телята содержались по системе «корова-теленки» до отъема от матерей, затем их выращивание проводилось по технологии, принятой в хозяйстве. В период подсоса основным кормом для телят являлось материнское молоко. В свободном доступе были вода в групповых поилках с электроподогревом и кормовая смесь, задаваемая маточному поголовью. Для предотвращения развития минеральной недостаточности в специальные деревянные кормушки, укрепленные на боковых стенках секций, раскладывали соль-лизунец и кормовой мел.

После отъема телки содержались в групповых клетках. Кормление подопытных животных проводилось по рационам, разработанным зоотехнической службой хозяйства с учетом потребностей молодняка мясного скота. Кормовая смесь выдавалась на кормовой стол шириной около 90 см при помощи кормораздатчика-смесителя два раза в сутки. Применялся сенажно-концентратный тип

кормления. В состав кормовой смеси после отъема и до года входили: грубые корма – 75,4 % по питательности (сенаж злаково-бобовый), концентрированные – 24,6 % (зерновая смесь – 22,4 %, жмых подсолнечный – 2,2 %), сочные корма не были предусмотрены. Рационы кормления регулярно пересматривались в зависимости от технологического периода, роста животных и качества используемого корма.

За 18 месяцев выращивания телки пермской и удмуртской генерации потребили 4405,80 и 4459,92 ЭКЕ соответственно. В среднем за период содержания на 1 ЭКЕ у них приходилось 96,6 г переваримого протеина, концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества – 8,8 МДж.

Для контроля роста и развития ремонтных телок проводились систематические взвешивания, которые показали, что живая масса новорожденных телок удмуртской и пермской селекции составила 31,2 и 31,7 кг (табл. 1).

К годовалому возрасту телки достигли живой массы 309,1–307,6 кг, что соответствует классу элита-рекорд. Живая масса в пользу телок, полученных от коров удмуртской селекции, – 1,5 кг в среднем по группе.

В возрасте 15–18 месяцев все подопытные телки отнесены к высшему бонитировочному классу.

Во все возрастные периоды телки, полученные от коров удмуртской селекции, за исключением живой массы при рождении, превышали по живой массе сверстниц на 3,0, 4,0, 1,5, 2,3 и 5,9 кг (разница статистически недостоверна).

За 18 месяцев выращивания абсолютный прирост телок удмуртской генерации превышал данный показатель у аналогов на 6,4 кг, или на 1,7 % (табл. 2).

От момента рождения и до 18-месячного возраста среднесуточные приросты живой массы телок колебались в значительных пределах, демонстрируя волнообразный характер, что подтверждает периодичность роста животных.

Таблица 1 – Изменение живой массы телок герефордской породы ООО СП «Восток» ($M \pm m$), кг

Возраст	Минимальные требования по живой массе молодняка [14]				Генерация		Удмуртская генерация ± пермская
	элита-рекорд	элита	I класс	II класс	удмуртская (n=10)	пермская (n=10)	
При рождении	-	-	-	-	31,2±1,2	31,7±1,0	-0,5
205 дней	205	195	180	155	189,6±2,7	186,6±3,4	+3,0
8 месяцев	225	215	195	170	248,1±3,1	244,1±3,2	+4,0
12 месяцев	305	290	280	245	309,1±5,1	307,6±4,2	+1,5
15 месяцев	345	325	310	275	348,3±3,0	346,0±3,5	+2,3
18 месяцев	385	365	355	315	414,8±5,8	408,9±5,0	+5,9

К возрасту 205 дней масса телок, полученных от коров удмуртской селекции, увеличилась в 6,08 раза, а их аналогов – в 5,89 раза, что свидетельствует о более интенсивном росте телок удмуртской генерации. Их преимущество по живой массе в данный период составило 3,0 кг. К возрасту 205 дней по живой массе телки обеих генераций соответствовали I классу.

К моменту отъема от матерей их масса составила 248,1 и 244,1 кг. Телки, полученные от коров-первотелок удмуртской селекции, превосходили минимальные требования класса элита-рекорд на 23,1 кг, а их сверстницы – на 19,1 кг. Полученные данные свидетельствуют, что коровы-первотелки, как удмуртской, так и пермской селекции, имеют достаточно высокую молочную продуктивность.

Таблица 2 – Абсолютные приросты телок герефордской породы ООО СП «Восток» ($M \pm m$), кг

Период	Генерация		Удмуртская генерация ± пермская
	удмуртская (n=10)	пермская (n=10)	
От рождения до 205 дней	158,4±3,0	154,9±2,5	+3,5
205 дней – 8 месяцев	58,5±1,5	57,5±1,4	+1,0
8–12 месяцев	61,0±5,9	63,5±5,2	-2,5
12–15 месяцев	39,2±5,1	38,4±5,2	+0,8
15–18 месяцев	66,5±4,5	62,9±6,4	+3,6
От рождения до 18 месяцев	383,6±6,0	377,2±4,1	+6,4

Среднесуточные приросты телок были максимальны в период подсоса – 893 г и 874 г, причем разница была в пользу животных, полученных от коров-первотелок удмуртской селекции (рис. 1).



Рисунок 1 – Среднесуточные приросты телок геррефордской породы, г

Отъем хуже перенесли телки удмуртской генерации, что обуславливается большей молочной продуктивностью их матерей. В период с 8 до 12 месяцев среднесуточные приросты телок, полученных от коров-первотелок пермской селекции, на 4,0 процентных пункта превосходили удмуртских аналогов.

За 18 месяцев выращивания среднесуточные приросты по группам составили 689–701 г, то есть разница в пользу телок удмуртской генерации – 12 г, или 1,7 %.

Относительный прирост характеризует интенсивность роста животных в определенные периоды времени (табл. 3). Абсолютные показатели живой массы, согласно общим биологическим закономерностям, с возрастом увеличиваются, а относительные – снижаются. Превосходство по относительному приросту от рождения до 18-месячного возраста составило у телок удмуртской генерации на 0,80 процентных пункта. Относительные приросты телок удмуртской генерации в период от отъема до года уступают сверстницам на 1,12 процентных пункта, что связано с отъемом от матерей и более острой реакцией на отсутствие молочных кормов. В целом относительный прирост составил 172,02–171,22 %.

Для объективной оценки развития телок не ранее чем через три часа после кормления проведено их измерение (широтные промеры и обхват пясти снимались с точностью до 0,5 см, остальные – до 1,0 см). При этом до-

стоверных различий в развитии статей у них при первом измерении не выявлено (рис. 2). Они характеризовались типичным телосложением для новорожденных телят, то есть плоским телом, относительной высоконогостью.

Таблица 3 – Относительные приросты телок геррефордской породы ООО СП «Восток» (M±m), %

Период	Генерация		Удмуртская генерация ± пермская
	удмуртская (n=10)	пермская (n=10)	
От рождения до 205 дней	143,48	141,91	+1,57
205 дней – 8 месяцев	26,83	26,70	+0,13
8–12 месяцев	21,90	23,02	-1,12
12–15 месяцев	11,93	11,75	+0,18
15–18 месяцев	17,43	16,67	+0,76
От рождения до 18 месяцев	172,02	171,22	+0,80

К моменту отъема от матерей телки удмуртской генерации превосходили пермских аналогов по высоте в холке и крестце, глубине груди и косой длине туловища на 1,7, 2,1, 3,1, и 2,5 см соответственно (рис. 3). По широтным промерам преимущество у телок, полученных от коров-первотелок пермской селекции: по ширине груди за лопатками – на 2,2 см, ширине в маклоках – на 1,1 см, по другим промерам их преимущество не превышает 1,0 см.

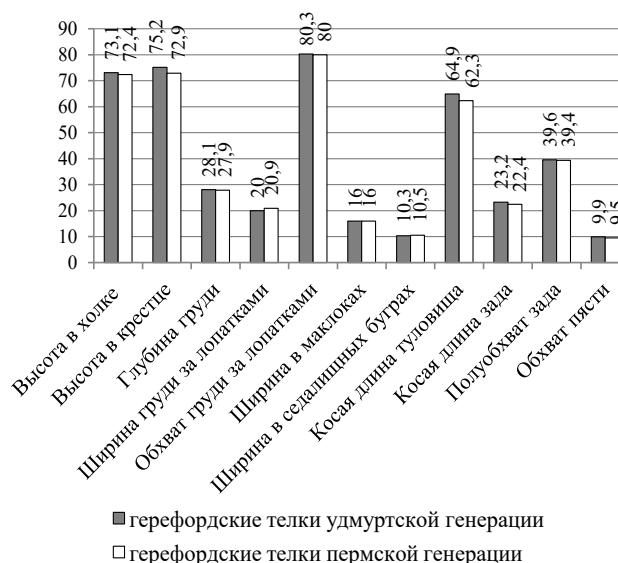


Рисунок 2 – Промеры геррефордских телок различного происхождения в период новорожденности, см

К годовалому возрасту выявленные тенденции у телок сохраняются (рис. 4).

К возрасту 18 месяцев (рис. 5) телки, полученные от коров-первотелок удмуртской селекции, достоверно превосходили аналогов по высоте в холке на 8,4 см, в крестце – на 8,1 см, глубине груди – на 2,9 см ($P \leq 0,001$).

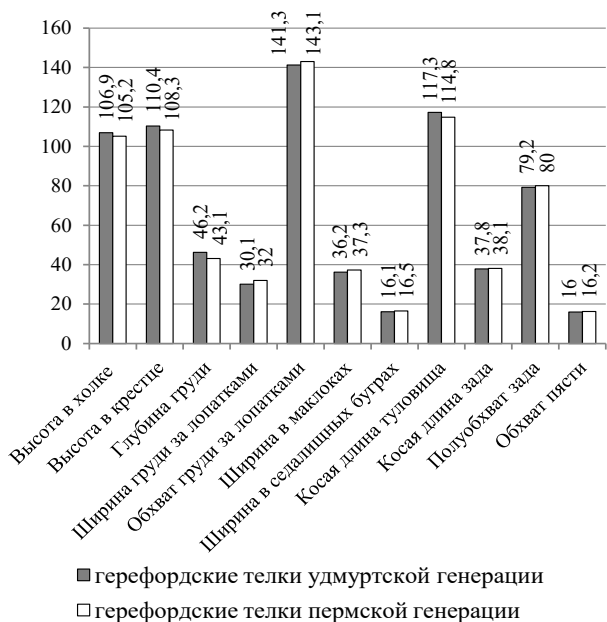


Рисунок 3 – Промеры герефордских телок различного происхождения в 8 месяцев, см

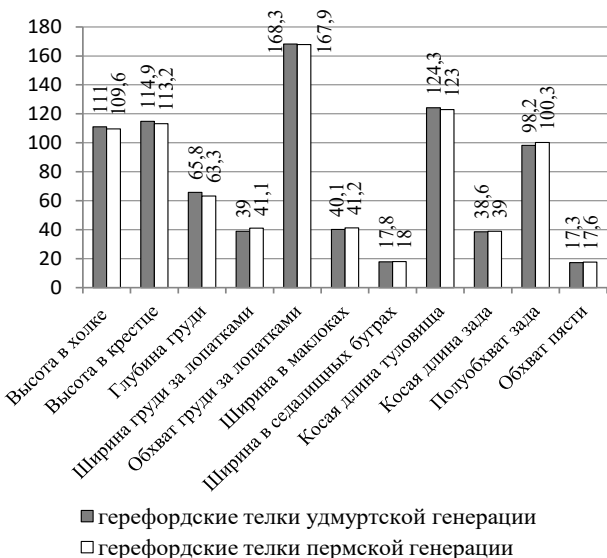


Рисунок 4 – Промеры герефордских телок различного происхождения в 12 месяцев, см

Они выглядели более высоконогими и узкотелыми в сравнении со сверстницами, полученными от коров пермской селекции, которые в своей массе отличались от аналогов более широкой грудью (ширина груди за лопатками

больше на 1,2 см ($P \leq 0,01$) и задней третью туловища (ширина в маклоках больше на 2,4 см ($P \leq 0,001$)). По остальным промерам достоверной разницы выявлено не было. Таким образом, телки, полученные от коров-первотелок пермской селекции, имеют более характерный экстерьер для мясного скота герефордской породы.

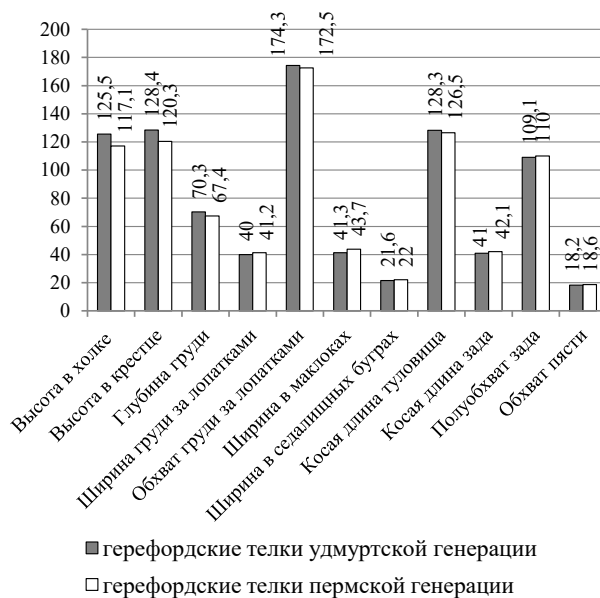


Рисунок 5 – Промеры герефордских телок различного происхождения в 18 месяцев, см

Выводы:

1. Живая масса новорожденных телок герефордской породы в ООО СП «Восток» составила 31,2–31,7 кг. К возрасту 205 дней масса телок, полученных от коров-первотелок удмуртской селекции, увеличилась в 6,08 раза, а их пермских аналогов – в 5,89 раза, что свидетельствует о более интенсивном росте телок удмуртской генерации. К возрасту 205 дней по живой массе телки обеих генераций соответствовали I классу. К моменту отъема от матерей их масса составила 248,1 и 244,1 кг. Во все возрастные периоды телки, полученные от первотелок удмуртской селекции, за исключением живой массы при рождении, превышали по живой массе сверстниц на 3,0, 4,0, 1,5, 2,3 и 5,9 кг (разница статистически недостоверна). К 18 месяцам телки удмуртской генерации достигли массы 414,8 кг, их пермские сверстницы пермской генерации – 408,9 кг.

2. Среднесуточные приросты телок были максимальны в период подсоса – 893 г и 874 г, причем отмечена разница в пользу животных, полученных от коров-первотелок удмуртской селекции. За 18 месяцев выращивания сред-

несуточные приросты по группам составили 689–701 г, преимущество телок удмуртской генерации – 12 г, или 1,7 %.

3. В период от рождения и до 18-месячного возраста преимущество по относительному приросту у телок удмуртской генерации составило на 0,80 процентных пункта, в целом относительный прирост составил 172,02–171,22 %.

4. К возрасту 18 месяцев телки, полученные от коров удмуртской селекции, достоверно превосходили аналогов по высоте в холке на 8,4 см, в крестце – на 8,1 см, глубине груди – на 2,9 см ($P \leq 0,001$) Они выглядели более высоконогими и узкотелыми в сравнении со сверстницами, полученными от коров пермской селекции, которые отличались от аналогов более широкой грудью (ширина груди за лопатками больше на 1,2 см ($P \leq 0,01$) и задней третью туловища (ширина в маклоках больше на 2,4 см ($P \leq 0,001$), то есть телки, полученные от коров пермской селекции, отличались более выраженным типом мясного скота.

Список источников

1. Альбориева С. Н. Перспективы развития мясного скотоводства // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: материалы Региональной научно-практической конференции в рамках реализации Программы «ПРИОРИТЕТ–2030». Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джамбулатова, 2022. С. 27–32. EDN HNWROH.
2. Выращивание и разведение крупного рогатого скота породы герефорд в крестьянском (фермерском) хозяйстве / Т. Н. Чуворкина, О. Ф. Кадькова, С. Н. Алексеева, Н. М. Гурьянова // Нива Поволжья. 2020. № 4 (57). С. 74–79. DOI 10.36461/NP.2020.57.4.016. EDN ZPJZOS.
3. Гончарова И. И. Продуктивное использование энергии корма в организме телок мясных пород, выращенных на разном уровне кормления // Таврический научный обозреватель. 2016. № 5-2 (10). С. 221–224. EDN WCKXTX.
4. Дунин, И. М. Племенные ресурсы специализированного мясного скотоводства – основа интенсивного производства говядины в России // Зоотехния. 2018. № 2. С. 2–4. EDN XMGPSh.
5. Иванова И. П. Особенности роста и развития молодняка мясного направления продуктивности в зависимости от генотипа // Вестник Омского ГАУ, 2018. № 4 (32). С. 36–41.
6. Ижболдина С. Н., Ившина Л. А., Сухих Т. С. Направленное выращивание ремонтного молодняка. Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. 40 с. EDN TSTWMI.
7. Ижболдина С. Н., Кудрин М. Р. Технология выращивания ремонтных телок – основа повышения молочной продуктивности коров. Электрон. дан. Ижевск: [б. и.], 2014. 101 с. EDN VUPQES.
8. Ижболдина С. Н., Селезнева Н. В. Влияние применения престартерных и стартерных комбикормов в молочный период на рост и развитие телок // Молочное и мясное скотоводство. 2013. № 5. С. 21–23. EDN QZQSFT.
9. Кудрин М. Р. Влияние технологии содержания на рост ремонтных телок // Проблемы агропромышленного комплекса: материалы научной Международной конференции. Бангкок, Паттайа (Тайланд), 2008. № 12. С. 29–30.
10. Кудрин М. Р., Ижболдина С. Н. Рост, развитие, воспроизводительные качества ремонтных телок по возрастным периодам // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53, № 1. С. 34–39. EDN TNMUBQ.
11. Кудрин М. Р., Москвичева А. Б. Технология выращивания ремонтных телок в СХПК им. Мичурина Вавожского Удмуртской Республики // Инновационное развитие АПК. Итоги и перспективы: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 06–09 февраля 2007 года. Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2007. Т. 2. С. 28–32. EDN PYEKIN.
12. Кудрин М. Р., Назарова К. П. Интенсивные технологии выращивания ремонтных телок, способствующие раннему их осеменению // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2016. Т. 1, № 9. С. 538–541. EDN WVJHOV.
13. Любимов А. И., Исупова Ю. В. Интенсивность роста и развития ремонтных телок черно-пестрой породы в зависимости от происхождения // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (51). С. 52–58. DOI 10.31563/1684-7628-2019-51-3-52-58. EDN KUGYOM.
14. Методические рекомендации по Порядку и условиям поведения бонитировки племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/126/126cf69a13f0e268ec8f46c5f87cd562.pdf?ysclid=lpqsn1avsn137761637> (дата обращения 15.09.2023).
15. Методология и методы научных исследований в животноводстве / сост. Е. Н. Мартынова. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. 108 с. EDN PXSJPF.
16. Мясное скотоводство Ставропольского края / В. В. Кулинцев, А. И. Суров, А. Ф. Шевхужев // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 2. С. 6–11. DOI 10.33943/MMS.2022.14.31.001. EDN PUSEEC.
17. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие. 3-е издание, переработанное и дополненное / Под ред.

А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. Москва, 2003. 456 с.

18. Особенности реализации генетического потенциала роста телок разных генераций / А. И. Любимов, Е. Н. Мартынова, Е. А. Ястребова // *Аграрное образование и наука – в развитии животноводства: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного работника сельского хозяйства РФ, почетного работника ВПО РФ, лауреата Государственной премии УР, ректора ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Любимова Александра Ивановича. В 2-х томах. Ижевск, 20 июля 2020 года. Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. Т. I. С. 144–147. EDN UQIARV.*

19. Рагимов Г. И., Рогачев В. А. Выращивание телок герефордской породы сибирской селекции в помещениях облегченного типа // *Инновации и продовольственная безопасность. 2019. № 4 (26). С. 58–68. DOI 10.31677/2311-0651-2019-26-4-58-68. EDN SCAUXJ.*

20. Рост и развитие молодняка в условиях северного региона / В. В. Романова, Н. А. Николаева, П. Ф. Пермьякова // *Аграрный вестник Урала. 2017. № 4 (158). С. 10. EDN YTMXXX.*

21. Селекционно-генетические параметры роста, развития и типа телосложения ремонтных телок абердин-ангусской породы и помесей с чернопестрой породой / С. Д. Батанов, О. С. Старостина, Н. А. Атнабаева, С. И. Дякин // *Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 3. С. 14–18. DOI 10.33943/MMS.2023.68.46.003. EDN LULWLH.*

22. Смертина Л. М. Выращивание телочек герефордской породы в ООО «Агрофирма Манчажская» // *Аграрное образование и наука. 2016. № 2. С. 61. EDN WDZAKJ.*

23. Тенденции развития мясного скотоводства в регионах Приволжского Федерального округа / И. М. Долгова, С. Ю. Петрякова, Г. Г. Зотова [и др.] // *Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 3. (Агропродовольственный рынок). С. 96–101.*

References

1. Al'borieva S. N. Perspektivy razvitiya myasnogo skotovodstva // *Problemy sel'skohozyajstvennogo proizvodstva na sovremennom etape i puti ih resheniya: materialy Regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii v ramkah realizacii Programmy «PRIORITET–2030».* Mahachkala: Dagestanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. M. M. Dzhambulatova, 2022. S. 27–32. EDN HNWROH.

2. Vyrashchivanie i razvedenie krupnogo rogatogo skota porody gereford v krest'yanskom (fermerskom) hozyajstve / T. N. Chuvorkina, O. F. Kadykova, S. N. Alekseeva, N. M. Gur'yanova // *Niva Povolzh'ya. 2020. № 4 (57). S. 74–79. DOI 10.36461/NP.2020.57.4.016. EDN ZPJZOS.*

3. Goncharova I. I. Produktivnoe ispol'zovanie energii korma v organizme telok myasnyh porod, vyrash-

chennyh na raznom urovne kormleniya // *Tavrcheskij nauchnyj obozrevatel'. 2016. № 5-2 (10). S. 221–224. EDN WCKXTX.*

4. Dunin, I. M. Plemennye resursy specializirovannogo myasnogo skotovodstva – osnova intensivnogo proizvodstva govyadiny v Rossii // *Zootekhniya. 2018. № 2. S. 2–4. EDN XMGPSH.*

5. Ivanova I. P. Osobennosti rosta i razvitiya molodnyaka myasnogo napravleniya produktivnosti v zavisimosti ot genotipa // *Vestnik Omskogo GAU, 2018. № 4 (32). S. 36–41.*

6. Izhboldina S. N., Ivshina L. A., Suhin T. S. Napravlennoe vyrashchivanie remontnogo molodnyaka. Izhevsk: Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2008. 40 s. EDN TSTWMJ.

7. Izhboldina S. N., Kudrin M. R. Tekhnologiya vyrashchivaniya remontnyh telok – osnova povysheniya molochnoj produktivnosti korov. Elektron. dan. Izhevsk: [b. i.], 2014. 101 s. EDN VUPQEC.

8. Izhboldina S. N., Selezneva N. V. Vliyanie primeneniya prestarternyh i starternyh kombikormov v molochnyj period na rost i razvitie telok // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2013. № 5. S. 21–23. EDN QZQSFT.*

9. Kudrin M. R. Vliyanie tekhnologii soderzhaniya na rost remontnyh telok // *Problemy agropromyshlennogo kompleksa: materialy nauchnoj Mezhdunarodnoj konferencii. Bangkok, Pattaja (Tajland), 2008. № 12. S. 29–30.*

10. Kudrin M. R., Izhboldina S. N. Rost, razvitie, vosproizvoditel'nye kachestva remontnyh telok po vozrastnym periodam // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. T. 53, № 1. S. 34–39. EDN TNMUBQ.*

11. Kudrin M. R., Moskvicheva A. B. Tekhnologiya vyrashchivaniya remontnyh telok v SKHPK im. Michurina Vavozhskogo Udmurtskoj Respubliki // *Innovacionnoe razvitie APK. Itogi i perspektivy: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Izhevsk, 06–09 fevralya 2007 goda. Izhevsk: Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2007. T. 2. S. 28–32. EDN PYEKIN.*

12. Kudrin M. R., Nazarova K. P. Intensivnye tekhnologii vyrashchivaniya remontnyh telok, sposobstvuyushchie rannemu ih osemneniyu // *Sbornik nauchnyh trudov Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva. 2016. T. 1, № 9. S. 538–541. EDN WVJHOB.*

13. Lyubimov A. I., Isupova Yu. V. Intensivnost' rosta i razvitiya remontnyh telok cherno-pestroj porody v zavisimosti ot proiskhozhdeniya // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 3 (51). S. 52–58. DOI 10.31563/1684-7628-2019-51-3-52-58. EDN KUGYOM.*

14. Metodicheskie rekomendacii po Poryadku i usloviyam povedeniya bonitirovki plemennogo krupnogo rogatogo skota myasnogo napravleniya produktivnosti [Elektronnyj resurs]. 2020. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/126/126cf69a13f0e268ec8f46c5f87cd562>.

pdf?ysclid=lpqsnlavsn137761637 (data obrashcheniya 15.09.2023).

15. Metodologiya i metody nauchnyh issledovaniy v zhivotnovodstve / sost. E. N. Martynova. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. 108 s. EDN PXSJPF.

16. Myasnoe skotovodstvo Stavropol'skogo kraja / V. V. Kulincev, A. I. Surov, A. F. Shevhuzhev // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2022. № 2. S. 6–11. DOI 10.33943/MMS.2022.14.31.001. EDN PUSEEC.

17. Normy i rationy kormleniya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh: spravocnoe posobie. 3-e izdanie? pererabotannoe i dopolnennoe / Pod red. A. P. Kalashnikova, V. I. Fisinina, V. V. Shcheglova, N. I. Klejmenova. Moskva, 2003. 456 s.

18. Osobennosti realizacii geneticheskogo potenciala rosta tyolok raznyh generacij / A. I. Lyubimov, E. N. Martynova, E. A. Yastrebova // Agrarnoe obrazovanie i nauka – v razvitii zhivotnovodstva: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 70-letiyu zaslužennogo rabotnika sel'skogo hozyajstva RF, pochetnogo rabotnika VPO RF, laureata Gosudarstvennoj premii UR, rektora FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, doktora sel'skohozyajstvennyh nauk, professora Lyubimova Aleksandra Ivanoviča. V 2-h tomah. Izhevsk, 20 iyulya 2020 goda. Izhevsk: Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skoho-

zyajstvennaya akademiya, 2020. T. I. S. 144–147. EDN UQIARV.

19. Ragimov G. I., Rogachev V. A. Vyrashchivanie telok gerefordskoj porody sibirskoj selekcii v pomeshcheniyah oblegchennogo tipa // Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'. 2019. № 4 (26). S. 58–68. DOI 10.31677/2311-0651-2019-26-4-58-68. EDN SCAYXJ.

20. Rost i razvitie molodnyaka v usloviyah severnogo regiona / V. V. Romanova, N. A. Nikolaeva, P. F. Permyakova // Agrarnyj vestnik Urala. 2017. № 4 (158). S. 10. EDN YTMXXX.

21. Selekcionno-geneticheskie parametry rosta, razvitiya i tipa teloslozheniya remontnyh telok aberdingusskoj porody i pomesej s cherno-pestroj porodoj / S. D. Batanov, O. S. Starostina, N. A. Atnabaeva, S. I. Dyakin // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2023. № 3. S. 14–18. DOI 10.33943/MMS.2023.68.46.003. EDN LULWLH.

22. Smertina L. M. Vyrashchivanie telochek gerefordskoj porody v OOO «Agrofirma Manchazhskaya» // Agrarnoe obrazovanie i nauka. 2016. № 2. S. 61. EDN WZAKJ.

23. Tendencii razvitiya myasnogo skotovodstva v regionah Privolzhskogo Federal'nogo okruga / I. M. Dolgova, S. Yu. Petryakova, G. G. Zotova [i dr.] // Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii. 2023. № 3. (Agroprodovol'stvennyj rynek). S. 96–101.

Сведения об авторах:

А. М. Дедюкин^{1✉}, заместитель начальника отдела информационно-селекционного центра, <https://orcid.org/0009-0007-1331-7049>;

Н. А. Санникова², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0009-0000-1216-7463>;

В. А. Николаев³, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Информационно-селекционный центр ООО «Элита-Сервис», ул. Красноармейская, 109А, оф. 2-5/3, Ижевск, Россия, 426003

^{2,3}Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

¹dedyukin93@mail.ru

Original article

GROWTH AND DEVELOPMENT OF HEREFORD HEIFERS OF VARIOUS ORIGINS IN THE CONDITIONS OF THE UDMURT REPUBLIC

Alexander M. Dedyukin^{1✉}, Nadezhda A. Sannikova², Vladimir A. Nikolayev³

¹Elite-Service LLC, Izhevsk, Russia

^{2,3}Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

¹dedyukin93@mail.ru

Abstract. *The beef cattle herd expansion is based on the growth of the breeding stock, which is impossible without the introduction of replacement heifers into the herd. The research purpose is to study the growth and development of Hereford heifers of various origins in the conditions of the Udmurt Republic. The research was carried out in Vostok LLC in the Seltinsky district of the Udmurt Republic. To achieve this goal, two groups of heifers were formed from cows of the Udmurt and Perm selections on the principle of pairs-analogues. Feeding and keeping of experimental animals was similar. The monitoring of animals growth and development was carried out by individual weighing. The absolute, average daily and relative gains were calculated on the base of weighing. Exterior features, growth and development of heifers of the Hereford breed were studied at birth, at 205 days, 8, 12, 15 and 18 months by taking measurements. In all age periods, heifers of Udmurt breeding, with the exception of live weight at birth, exceeded their herd mates by 3.0, 4.0, 1.5, 2.3 and 5.9 kg according to this indicator. For 18 months of breeding, the absolute growth*

of Udmurt breeding heifers exceeded this indicator for analogues by 6.4 kg or 1.7 %. The average daily growth of heifers was maximal during the period of suckling – 893 g and 874 g, and the difference was in favor of animals born from first-calf cows of Udmurt breeding. By the age of 18 months, heifers of Udmurt breeding significantly exceeded their herd mates in height at the withers by 8.4 cm, in the sacrum by 8.1 cm, at the chest depth by 2.9 cm ($P \leq 0.001$). They appeared to be more high-legged and shallow-bodied in comparison with their herd mates of Perm selection, which differed from analogues in the wider chest (the width of the chest behind the shoulder is more by 1.2 cm ($P \leq 0.01$) and in the rear third of the body (the width in hips is more by 2.4 cm ($P \leq 0.001$)).

Key words: beef cattle, Hereford breed, heifers, growth, development, live weight, absolute, average daily and relative gains, measurements.

For citation: Dedyukin A. M., Sannikova N. A., Nikolayev V. A. Growth and development of Hereford heifers of various origins in the conditions of the Udmurt Republic. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 4(76): 41-49. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_41-49.

Authors:

A. M. Dedyukin¹✉, Deputy Head of the Department of the Information and Breeding Center of Elita-Service LLC, <https://orcid.org/0009-0007-1331-7049>;

N. A. Sannikova², Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0000-1216-7463>;

V. A. Nikolayev³, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

¹Elite-Service LLC, 109 A, office 2-5/3, Krasnoarmeyskaya St., Izhevsk, Russia, 426003

^{2,3}Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

¹dedyukin93@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 18.09.2023; одобрена после рецензирования 27.10.2023;

принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 18.09.2023; approved after reviewing 27.10.2023; accepted for publication 07.12.2023.

Научная статья

УДК 636.4.084.12

DOI 10.48012/1817-5457_2023_4_49-54

ОТКОРМОЧНЫЕ КАЧЕСТВА СВИНЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ КОРМЛЕНИЯ В ПЕРИОД ДОРАЩИВАНИЯ

Краснова Оксана Анатольевна ✉, Рыболовлева Любовь Сергеевна, Кириллова Елена Петровна

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

✉ krasnova-969@mail.ru

Аннотация. Научные исследования проводились на свиноводческом комплексе ООО «Восточный» Завьяловского района Удмуртской Республики в период 2022–2023 гг. Целью исследований являлось повышение продуктивности свиней путем использования разных условий кормления животных в период доращивания. В задачи исследования входило проведение сравнительной оценки динамики роста поросят в период доращивания, определение откормочных качеств подопытных животных, проведение сравнительного анализа полученных результатов. Объектом исследований были поросята, полученные от двухпородных свиноматок (йоркшир х ландрас) и хряков породы дюрок. В зависимости от схемы кормления животные в возрасте 28 дней были сформированы в 3 группы по 80 голов: контрольная и две опытных. Все исследования были поделены на два периода: первый период – доращивание поросят отъемышей; второй период – выращивание молодняка на откорме до убоя. Рост молодняка от отъема (28 дней) до сдачи на мясокомбинат оценивали путем взвешивания поросят при переводе с участка опороса на участок доращивания, при переводе с участка доращивания на участок откорма. По ре-

зультатам взвешиваний определяли среднесуточный, относительный и абсолютный приросты. В период откорма определяли скороспелость (возраст достижения живой массы 100 кг), живую массу при снятии с откорма, проводили расчет конверсии корма во все периоды. Проведенные исследования в условиях промышленной технологии свиного комплекса «Восточный» позволяют отметить, что наилучшей скоростью роста в период доращивания и откорма характеризовались животные 1-й опытной группы, в рационе которых в период доращивания с 28-го по 65-й день использовали полнорационный комбикорм СПК-4, с 66-го по 80-й день – полнорационный комбикорм СПК-5. Такие условия кормления в данной группе животных за период доращивания и откорма определили наилучшую конверсию корма – 1,68 кг и 2,59 кг по сравнению с показателями у животных в контрольной и 2-й опытной группах.

Ключевые слова: трехпородные гибриды (ЙхЛ)хД, виды полнорационного комбикорма, период доращивания, период откорма, показатели роста, показатели откорма.

Для цитирования: Краснова О. А., Рыболовлева Е. С., Кириллова Е. П. Откормочные качества свиней в зависимости от условий кормления в период доращивания // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(76). С. 49-54. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_49-54.

Актуальность. Интенсивная технология выращивания свиней существенно отличается от традиционной. Она базируется, прежде всего, на использовании высокопродуктивных пород, применении раннего отъема поросят, внедрении современных методов кормления и содержания животных, минимизации трудовых затрат, средств и времени на производство свинины [7, 8]. Так, например, для увеличения производства свинины и улучшения ее качества в промышленных условиях рекомендуется использовать хряков породы ландрас на завершающем этапе скрещивания в трехпородном сочетании [9]. Наибольший процент оплодотворяемости прослеживается у породного сочетания йоркшир х ландрас х дюрок [3].

Для интенсивного ведения свиноводства важным условием является эффективное доращивание поросят после отъема. Доращивание поросят специалисты считают самым сложным периодом в процессе производства свинины, который в будущем оказывает влияние на здоровье и продуктивность животных до реализации на переработку. Значение кормления поросят на доращивании качественными престартерными комбикормами при раннем отъеме считается в настоящее время общепризнанным фактором для становления их иммунного статуса [1, 5]. При раннем отъеме в 28-дневном возрасте все чаще в последнее время используют сбалансированные и высокопитательные корма и пробиотические кормовые добавки, а также другие корма и добавки, обеспечивающие наибольший прирост живой массы и сохранность молодняка [2].

Организм молодняка свиней не успевает адаптироваться к частым изменениям состава корма. У молодняка, получавшего рацион одной структуры, а затем переведенного на другой, слизистая рта, желудка, тонкого и толстого кишечника, печень, поджелудочная

железа продолжают еще некоторое время выделять спектр ферментов и кислот, направленных на переваривание и усвоение питательных веществ корма, поступавшего ранее [1]. Известно, что период отъема и доращивания свиней является довольно сложным для поросят из-за перехода с молока на полнорационные комбикорма. В качестве источника белка используются корма животного и растительного происхождения, имеющие полный набор незаменимых аминокислот [4].

Интенсификация свиноводства требует создания не только современных технологий, но и выведения высокопродуктивных, хорошо приспособленных к промышленной технологии животных. В этом отношении вопросы повышения откормочных и мясных качеств свиней, благодаря правильно подобранной схеме кормления поросят на доращивании, являются крайне актуальными [6]. В связи с этим, основываясь на интересе к этой теме и ее актуальности, нами проведена научная работа по изменению условий кормления поросят в период доращивания с целью улучшению продуктивных качеств животных.

Целью научных исследований являлось повышение продуктивности свиней путем использования разных схем кормления поросят в период доращивания.

Для выполнения цели исследования были поставлены следующие **задачи**:

- 1) провести сравнительную оценку динамики роста поросят в период доращивания;
- 2) определить откормочные качества подопытного молодняка;
- 3) провести сравнительный анализ полученных результатов.

Материалы и методика исследований. Экспериментальная часть работы выполнялась на свиноводческом комплексе ООО «Восточный» Завьяловского района Удмуртской Ре-

спублики в период 2022–2023 гг. Объектом исследований были поросята в периоды доращивания и откорма. Поросята получены от двухпородных свиноматок (йоркшир х ландрас) и хряков породы дюрок. На свинокомплексе ООО «Восточный» производство свинины осуществляется по поточной технологии. Животные всех половозрастных и производственных групп содержатся в закрытых помещениях без выгула. В период доращивания поросята содержатся в групповых станках по 40 голов в клетке, в период откорма – по 80 голов. Кормление на участке доращивания осуществляется жидкими кормами (с помощью системы кормления WEDA), свиньи на откорме получают сухие комбикорма по технологии, которая используется на свинокомплексе.

Для исследования были сформированы три группы (контрольная группа и две опытных) поросят на доращивании в возрасте 28 дней в зависимости от схемы кормления, приведенной в таблице 1. Все исследования были разделены на два периода: первый период – доращивание поросят-отъемышей, второй период – выращивание молодняка на откорме до убоя.

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Количество голов	Вид корма	Возраст
Контрольная группа	80	СПК-3	28–45
		СПК-4	46–65
		СПК-5	66–80
1-я опытная группа	80	СПК-4	28–65
		СПК-5	66–80
2-я опытная группа	80	СПК-4	28–65
		СПК-6	66–80

Примечание: СПК – полнорационный комбикорм для свиней.

Рост молодняка от отъема (28 дней) до сдачи на мясокомбинат оценивали путем взвешивания при переводе с участка опороса на участок доращивания, при переводе с участка доращивания на участок откорма. По результатам взвешиваний определяли среднесуточный, относительный и абсолютный приросты. В период откорма определяли скороспелость (возраст достижения живой массы 100 кг), живую массу при снятии с откорма, конверсию корма.

Цифровой материал, полученный нами, был обработан методом биометрической статистики по Н. А. Плехинскому с определением достоверности разницы по таблице Стьюдента.

Результаты исследований. В промышленном свиноводстве выращивание молодня-

ка является достаточно сложным технологическим этапом. Решение непростых моментов на данном этапе заключается в максимальном использовании высокого потенциала роста поросят. Поэтому специалисты на производстве наиболее тщательно подходят к технологии кормления и содержания животных. В момент отъема поросят от свиноматок надо понимать, что молодняк подвергается серьезным стрессам, и это обязательно сказывается на продуктивности животных, даже может привести к гибели. В наших исследованиях использовались разные схемы кормления в период доращивания.

Динамика роста поросят контрольной и опытных групп приведена на рисунке 1 и в таблице 2.

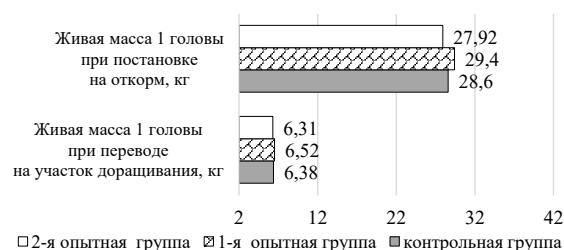


Рисунок 1 – Динамика живой массы поросят при переводе на доращивание и при постановке на откорм

При переводе животных на участок доращивания живая масса во всех группах не имела существенных отличий. Так, в контрольной группе она была 6,38 кг, в опытных группах – 6,52 кг и 6,31 кг. Возраст при переводе животных на участок доращивания составил 28 дней. В период доращивания с 28-го по 45-й день животным контрольной группы скармливали полнорационный комбикорм СПК-3, с 46-го по 65-й день – полнорационный комбикорм СПК-4, с 66-го по 80-й день – полнорационный комбикорм СПК-5. В период доращивания с 28-го по 65-й день животные в 1-й опытной группе получали полнорационный комбикорм СПК-4, с 66-го по 80-й день – полнорационный комбикорм СПК-5. В период доращивания с 28-го по 65-й день животным во 2-й опытной группе скармливали полнорационный комбикорм СПК-4, с 66-го по 80-й день – полнорационный комбикорм СПК-6. В результате за период доращивания, с 28-го по 80-й день, условия кормления в группах существенно отличались. При таких условиях кормления наибольшая живая масса 1 головы при постановке на откорм в 80 дней отмечалась в 1-й опытной группе и составила 29,4 кг, что досто-

верно ($P \geq 0,95$) больше на 2,8 % и 5,3 %, чем у животных в контрольной и во 2-й опытной группах.

Таблица 2 – Сравнительная оценка динамики роста поросят за период доращивания

Показатель	Группы животных		
	контроль-ная	1-я опыт-ная	2-я опыт-ная
Возраст при переводе на участок доращивания, дни	28		
Среднесуточный прирост, г	427,3±6,0	440,0±7,0*	415,0±8,0
Абсолютный прирост, кг	22,22±0,35	22,88±0,38	21,61±0,39
Возраст перевода на откорм, дни	80		
Конверсия корма, кг	1,74±0,03*	1,68±0,02	1,78±0,04*

Примечание: * – $P \geq 0,95$.

Максимальный среднесуточный прирост за период доращивания отмечался у животных в 1-й опытной группе, составив 440,0 г, что достоверно ($P \geq 0,95$) больше на 2,9 % и 6,0 %, чем у животных в контрольной и во 2-й опытной группах. Максимальный абсолютный прирост за период доращивания отмечался у животных в 1-й опытной группе – 22,88 кг, что достоверно ($P \geq 0,95$) больше на 2,9 % и 5,8 %, чем у животных в контрольной и во 2-й опытной группах.

Наилучшая конверсия корма за период доращивания выявлена у животных в 1-й опытной группе и составила 1,68 кг. Конверсия корма у животных в контрольной группе достоверно ($P \geq 0,95$) больше на 3,5 %, чем в 1-й опытной группе, а во 2-й опытной группе – достоверно ($P \geq 0,95$) больше на 5,9 %, чем в 1-й опытной.

На основании полученных результатов на доращивании отмечаем, что условия кормления в 1-й опытной группе были наиболее эффективными, рост животных имел достоверное превосходство в сравнении с показателями животных в контрольной и во 2-й опытной группах. После окончания периода доращивания, с 80-го дня животные находились на откорме. Полученные показатели об откормочных качествах молодняка представлены в таблице 3 и на рисунке 2.

По результатам откорма можно судить, что минимальный возраст достижения живой массы 100 кг, равный 140,4 дня, наблюдался у животных в 1-й опытной группе. Возраст достижения живой массы 100 кг во 2-й опытной группе достоверно ($P \geq 0,95$) больше на 1,0 %, чем у животных в 1-й опытной группе. Возраст

достижения живой массы 100 кг в контрольной группе больше на 0,5 %, чем у животных в 1-й опытной. Наибольшая предубойная живая масса отмечалась у животных в 1-й опытной группе, составив 129,2 кг, что достоверно ($P \geq 0,99$) больше на 1,1 % и 1,8 %, чем у животных в контрольной и во 2-й опытной группах.

Таблица 3 – Откормочные качества подопытного молодняка

Показатель	Группа		
	контроль-ная	1-я опыт-ная	2-я опыт-ная
Возраст достижения живой массы 100 кг, дней	141,2±0,3	140,4±0,4	141,8±0,3*
Предубойная живая масса, кг	127,8±0,39	129,2±0,41**	126,9±0,45
Возраст сдачи на переработку, дни	181±4	179±2	182±3
Конверсия корма, кг	2,62±0,04	2,59±0,02	2,65±0,03*

Примечание: * – $P \geq 0,95$; ** – $P \geq 0,99$.

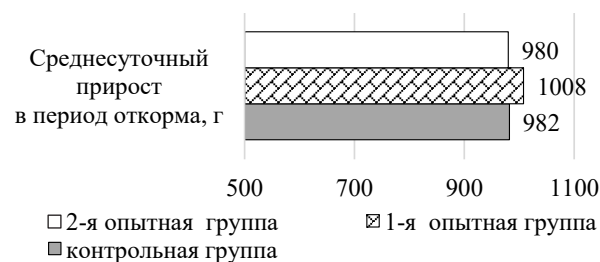


Рисунок 2 – Среднесуточные приросты животных в период откорма, г

Наименьший возраст сдачи на переработку наблюдали у животных в 1-й опытной группе – 179 дней, максимальный возраст 182 дня – у животных во 2-й опытной, в контрольной группе данный показатель составляет 181 день.

Наибольший среднесуточный прирост в период откорма отмечался у животных в 1-й опытной группе – 1008 г, что достоверно ($P \geq 0,95$) больше на 2,6 % и 2,8 %, чем у животных в контрольной и во 2-й опытной группах.

Наилучшая конверсия корма за период откорма отмечалась у животных в 1-й опытной группе и составила 2,59 кг. Конверсия корма у животных в контрольной группе больше на 1,1 %, чем у животных в 1-й опытной. Конверсия корма у животных во 2-й опытной группе достоверно ($P \geq 0,95$) больше на 2,3 %, чем у животных в 1-й опытной. На основании полученных на откорме результатов отмечаем, что условия кормления животных в 1-й опытной группе были наиболее эффективными в период доращивания, в последующем перио-

де рост животных имел достоверное превосходство в сравнении с показателями животных в контрольной и во 2-й опытной группах.

Выводы. Таким образом, проведенные в условиях промышленной технологии свинокомплекса «Восточный» исследования позволяют заявить, что наилучшей скоростью роста в период доращивания и откорма характеризовались животные в 1-й опытной группе, в рационе которых в период доращивания с 28-го по 65-й день использовали полнорационный комбикорм СПК-4, с 66-го по 80-й день – полнорационный комбикорм СПК-5. Такие условия кормления в данной группе животных за период доращивания и откорма определили наилучшую конверсию корма – 1,68 кг и 2,59 кг по сравнению с показателями у животных в контрольной и во 2-й опытной группах.


Список источников

1. Беззубов В. И. Корма и кормление – важнейшие составляющие продуктивности свиней // Зоотехническая наука Беларуси. 2013. Т. 48, № 2. С. 3–7.
2. Доращивание поросят-отъемышей в возрастном периоде 28–81 день / О. В. Чепуштанова, Л. В. Ширяева, Л. С. Полуйктова, О. А. Тырышкина // Вестник биотехнологии. 2016. № 1 (7). С. 6.
3. Кириллова Е. П., Краснова О. А., Чернова А. А. Результаты осеменения чистопородных и помесных свиноматок генетики DanBred // Актуальные аспекты повышения племенных и продуктивных качеств животных: материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения кандидата сельскохозяйственных наук, доцента кафедры частного животноводства А. П. Степашкина, Ижевск, 25 октября 2022 г. Ижевск: УдГАУ, 2022. С. 89–93.
4. Луговой М. М., Капитонова Е. А. Влияние кормовых протеиновых негидролизированных гранул на некоторые показатели при выращивании поросят // Главный зоотехник. 2020. № 5. С. 9–15.
5. Рыболовлева Л. С., Краснова О. А., Кириллова Е. П. Влияние разных видов комбикормов на показатели роста и сохранности поросят в период доращивания // Актуальные аспекты повышения племенных и продуктивных качеств животных: материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения кандидата сельскохозяйственных наук, доцента кафедры частного животноводства А. П. Степашкина, Ижевск, 25 октября 2022 г. Ижевск: УдГАУ, 2022. С. 123–126.
6. Сердюк Г. Н. Способ прогноза стрессчувствительности свиней в раннем возрасте // Генетика и разведение животных. 2018. № 4. С. 77–80.
7. Убойные и мясные качества молодняка свиней на откорме в зависимости от полноценности рациона с пробиотической добавкой / Л. Н. Гамко, Т. Л. Талызина, А. Г. Менякина, И. И. Сидоров // Вестник аграрной науки. 2023. № 1 (100). С. 17–23.
8. Chemical composition of the meat and fat of pigs of various genotypes / O. A. Krasnova, N. P. Kazantseva, E. V. Hardina [et al.] // Ecology, Environment and Conservation. 2020. Vol. 26, No. 4. P. 1587–1591.
9. Productive qualities of hybrid pigs / O. A. Krasnova, N. P. Kazantseva, M. R. Kudrin [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. Vol. 11, No. 14. P. 1114.

References

1. Bezzubov V. I. Korma i kormlenie – vazhnyeshie sostavlyayushchie produktivnosti svinej // Zootekhnicheskaya nauka Belarusi. 2013. T. 48, № 2. S. 3–7.
2. Dorashchivanie porosyat-ot'emyshey v vozrastnom periode 28–81 den' / O. V. Chepushtanova, L. V. Shiryayeva, L. S. Poluyaktova, O. A. Tyryshkina // Vestnik biotekhnologii. 2016. № 1 (7). S. 6.
3. Kirillova E. P., Krasnova O. A., Chernova A. A. Rezul'taty osemeneniya chistoporodnyh i pomesnyh svinomatok genetiki DanBred // Aktual'nye aspekty povysheniya plemennyh i produktivnyh kachestv zhivotnyh: materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk, docenta kafedry chastnogo zhivotnovodstva A. P. Stepashkina, Izhevsk, 25 oktyabrya 2022 g. Izhevsk: UdGAU, 2022. S. 89–93.
4. Lugovoj M. M., Kapitonova E. A. Vliyanie kormovyh proteinovyh negidrolizirovannyh granul na nekotorye pokazateli pri vyrashchivanii porosyat // Glavnyj zootekhnik. 2020. № 5. S. 9–15.
5. Rybolovleva L. S., Krasnova O. A., Kirillova E. P. Vliyanie raznyh vidov kombikormov na pokazateli rosta i sohrannosti porosyat v period dorashchivaniya // Aktual'nye aspekty povysheniya plemennyh i produktivnyh kachestv zhivotnyh: materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk, docenta kafedry chastnogo zhivotnovodstva A. P. Stepashkina, Izhevsk, 25 oktyabrya 2022 g. Izhevsk: UdGAU, 2022. S. 123–126.
6. Serdyuk G. N. Sposob prognoza stresschuvstvitel'nosti svinej v rannem vozraste // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2018. № 4. S. 77–80.
7. Ubojnye i myasnye kachestva molodnyaka svinej na otkorme v zavisimosti ot polnocennosti raciona s probioticheskoy dobavkoj / L. N. Gamko, T. L. Talyzina, A. G. Menyakina, I. I. Sidorov // Vestnik agrarnoj nauki. 2023. № 1 (100). S. 17–23.
8. Chemical composition of the meat and fat of pigs of various genotypes / O. A. Krasnova, N. P. Kazantseva, E. V. Hardina [et al.] // Ecology, Environment and Conservation. 2020. Vol. 26, No. 4. P. 1587–1591.
9. Productive qualities of hybrid pigs / O. A. Krasnova, N. P. Kazantseva, M. R. Kudrin [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. Vol. 11, No. 14. P. 1114.

Сведения об авторах:

О. А. Краснова , доктор сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-0304-512X>;

Л. С. Рыболовлева, аспирант;

Е. П. Кириллова, ассистент

Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

 krasnova-969@mail.ru

Original article

FATTENING QUALITIES OF PIGS DEPENDING ON FEEDING CONDITIONS DURING THE NURSERY PERIOD

Oksana A. Krasnova , **Lyubov S. Rybolovleva**, **Elena P. Kirillova**

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

 krasnova-969@mail.ru

Abstract. *The research was carried out at the pig-breeding complex Vostochny of Zavyalovsky district of the Udmurt Republic in the period of 2022–2023. The research purpose was to increase the productivity of pigs by using different feeding conditions during the nursery period. The research tasks were to carry out a comparative assessment of piglet growth dynamics during the nursery period, to determine the fattening qualities of experimental animals, to carry out a comparative analysis of the results obtained. The research targets were piglets from two-breed sows (Yorkshire x Landrace) and Duroc boars. Depending on the feeding scheme, at the age of 28 days the animals were formed into 3 groups of 80 heads each: one control and two experimental groups. The studies were divided into 2 periods: the first is the nursery period of weaned piglets; the second is the period of young stock growing and fattening until slaughter. The growth of young animals from weaning (28 days) to delivery to the meat-processing plant was evaluated by weighing when moving piglets from the farrowing to the nursery area, and when moving from the nursery to the fattening area. The average daily, relative and absolute gains were determined based on the results of weighing. During the fattening period we determined precocity (age of reaching 100 kg of live weight), live weight at removal from fattening, calculated feed conversion in all periods. The conducted research in the conditions of industrial technology of pig-breeding complex Vostochny revealed that the best growth rate in the nursery and fattening period had the animals of the first experimental group, which diet included the complete feed SPK-4 in the nursery period from the 28th day to the 65th day, from the 66th day to the 80th day the complete feed SPK-5 was used. Such feeding conditions in this group of animals for the period of nursery and fattening determined the best feed conversion of 1.68 kg and 2.59 kg in comparison with the indicators of animals in the control group and in the second experimental group.*

Key words: *three-breed hybrids (YxL)xD, types of complete feed, nursery period, fattening period, growth indicators, fattening indicators.*

For citation: *Krasnova O. A., Rybolovleva L. S., Kirillova E. P. Fattening qualities of pigs depending on feeding conditions during the nursery period. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2023; 4(76): 49-54. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_49-54.*

Authors:

О. А. Краснова , Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-0304-512X>;

Л. С. Рыболовлева, postgraduate student;

Е. П. Кириллова, Assistant

Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

 krasnova-969@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 08.09.2023; одобрена после рецензирования 16.11.2023; принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 08.09.2023; approved after reviewing 16.11.2023; accepted for publication 07.12.2023.

Научная статья

УДК 636.2.087.72+619:616.391-085.31-546-386 DOI 10.48012/1817-5457_2023_4_55-62

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ РАСТВОРОВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ-МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И РАСТВОРОВ ИХ ХЕЛАТНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ *EX TEMPORE*

Куликов Андрей Николаевич

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

andrey.kulikov.1991@bk.ru

Аннотация. Для лечения и профилактики гипомикроэлементозов широко применяют минеральные кормовые добавки. В их состав часто входят неорганические соли металлов-микроэлементов. Они достаточно дешевы, но имеют невысокую усвояемость и токсичны при передозировке. В более эффективных современных кормовых добавках применяют хелатные комплексные соединения металлов-микроэлементов. Они лишены вышеуказанных недостатков, но при этом существенно дороже. В настоящее время значительное число животноводческих хозяйств испытывает финансовые сложности. Это не позволяет некоторым из них приобретать в нужных объемах эффективные минеральные кормовые добавки. Для решения данной проблемы нами была разработана предельно дешевая кормовая добавка. Она представляет собой расфасованные в емкости смеси веществ, при растворении которых в воде образуется раствор хелатных комплексных соединений с нужными свойствами. В дальнейшем он выпаивается животным. Таким образом, происходит жидкофазный синтез хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов непосредственно перед их использованием (*ex tempore*). Такие наборы реагентов очень просты в применении, имеют низкую себестоимость, а их малый вес и объем снижает расходы на хранение и транспортировку. В данной работе приводятся результаты оценки эффективности их применения. Растворы хелатных комплексных соединений разных металлов-микроэлементов (Fe, Co, Mn, Zn, Cu) давались животным по отдельности по дробно-периодической схеме. На наш взгляд, она является наиболее эффективной, поскольку снижает проявления антагонизма микроэлементов как на этапе усвоения в желудочно-кишечном тракте, так и на этапе включения в метаболические пути. Результаты сравнивались с данными, полученными при использовании растворов неорганических солей тех же микроэлементов. В ходе исследования оценивалось общее состояние животных, прирост массы тела и динамика изменения содержания микроэлементов в сыворотке крови. Была показана более высокая эффективность применения получаемых растворов хелатных комплексных соединений.

Ключевые слова: телята, микроэлементы, хелатные комплексные соединения.

Для цитирования: Куликов А. Н. Сравнение эффективности применения в качестве кормовой добавки растворов неорганических солей металлов-микроэлементов и растворов их хелатных комплексных соединений, получаемых *ex tempore* // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(76). С. 55-62. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_55-62.

Актуальность. Минеральные кормовые добавки широко применяются для лечения и профилактики гипомикроэлементозов [5, 8, 11]. Их эффективность неодинакова и зависит от того, какие вещества входят в их состав [1]. Неорганические соли металлов-микроэлементов имеют невысокую биодоступность и токсичны при передозировке [1]. При совместном использовании неорганических соединений нескольких микроэлементов оказываются ярко выражены проявления их антагонизма [3].

При использовании хелатных комплексных соединений антагонизм микроэлементов менее выражен [10]. (Хотя, на наш взгляд, он не может быть устранен полностью из-за конкуренции разных микроэлементов за встраивание в активные центры ферментов [2]). Биодоступность хелатных комплексных соединений микроэлементов значительно выше, чем у неорганических солей [4, 7].

Вместе с тем, минеральные кормовые добавки на основе хелатных комплексных сое-

динений существенно дороже, чем их аналоги на основе неорганических солей.

В сложившихся сейчас условиях многие животноводческие хозяйства испытывают экономические сложности. Некоторые из них оказываются не в состоянии приобретать в достаточном объеме современные кормовые добавки. Таким образом, дефицит микроэлементов у животных не купируется, а продуктивность продолжает снижаться. Результатом являются еще большие экономические потери.

Решением данной проблемы может стать создание предельно дешевых, но при этом эффективных кормовых добавок. Для этого требуется значительно снизить их себестоимость, а также издержки, связанные с логистикой. Данная задача может быть решена только при использовании комплексного подхода.

Можно сформулировать следующие требования к таким кормовым добавкам, их рецептурам и технологии производства, а также схемам применения.

1. Необходимо упростить процесс производства кормовой добавки, чтобы иметь возможность использовать недорогое оборудование. Нужно уменьшить количество технологических операций, сократить время производства и трудозатраты.

2. Следует использовать недорогое и легко доступное химическое сырье (желательно отечественного производства).

3. Необходимо снизить стоимость тары, минимизировать затраты, связанные с транспортировкой и хранением кормовой добавки. Следовательно, необходимо добиться ее наибольшей компактности.

4. Для достижения высокой биодоступности металлов-микроэлементов необходимо использовать их хелатные комплексные соединения.

5. Нужно обеспечить возможность использования «гибких» схем применения кормовой добавки с учетом реальной потребности в микроэлементах животных в каждом конкретном хозяйстве.

6. Кормовая добавка должна состоять из нескольких компонентов, позволяющих получать комплексные соединения как одного, так и нескольких микроэлементов по желанию потребителя. В этом случае также появится возможность устранения проблемы, связанной с антагонизмом микроэлементов при применении схем их раздельного использования.

Выполнение комплекса всех указанных требований кажется невозможным лишь на пер-

вый взгляд. Однако при использовании новых подходов это удалось успешно реализовать.

Как уже было отмечено, новая кормовая добавка представляет собой раствор хелатных комплексных соединений, который готовится непосредственно перед применением (*ex tempore*) путем смешивания с водой для выпаивания содержимого пакетов (емкостей), в которых расфасованы необходимые вещества.

Для получения раствора хелатных комплексных соединений того или иного микроэлемента используется набор реагентов, который состоит из двух частей, хранящихся отдельно:

1. Неорганическая соль металла-микроэлемента в виде сухого порошка (находящегося в пакете) или слегка подкисленного (для предотвращения гидролиза) раствора, находящегося в небольшой емкости.

2. Смесь веществ, способных реагировать с растворами солей микроэлементов с образованием хелатных комплексных соединений умеренной стабильности.

Данные вещества должны быть нетоксичными. Могут применяться аминокислоты, пептиды, белки, многоосновные карбоновые кислоты, гидроксикислоты, многоатомные спирты, углеводы и т.д. В данной работе использовалась смесь глицина, метионина и сахарозы.

В процессе приготовления кормовой добавки содержимое данных емкостей последовательно добавляют к воде для выпаивания и перемешивают. При этом получается раствор хелатных комплексных соединений нужного микроэлемента. В нем присутствуют комплексные соединения с разными лигандами. При этом в растворе устанавливается динамическое химическое равновесие. Если при изменении условий (величины pH или др.) какое-то из комплексных соединений разложится, то сразу же образуется новое комплексное соединение другого состава.

За счет этого ион (атом) металла будет постоянно находиться в составе того или иного хелатного комплексного соединения. Это является важным, поскольку в разных отделах желудочно-кишечного тракта животных значения pH сильно различаются. Это могло бы привести к разложению некоторых комплексных соединений в том случае, если бы данный подход не применялся.

В качестве лигандов выступают вещества, являющиеся для организма естественными метаболитами. Предполагается, что это по-

зволит использовать механизмы облегченного или активного транспорта при их всасывании в желудочно-кишечном тракте и при поступлении в клетки. За счет этого возможно повышение усвояемости микроэлементов.

При реакции неорганической соли металламикроэлемента с другими веществами из набора реагентов образуются комплексные соединения умеренной стабильности. После поступления в клетки они должны разлагаться с высвобождением ионов металламикроэлементов, а высвободившиеся при этом вещества (ранее выступавшие в качестве лигандов) будут легко включаться в метаболические пути.

Количественный состав наборов реагентов подобран таким образом, что при растворении содержимого одного набора в рекомендуемом объеме воды получится раствор, необходимый для выпаивания строго определенному числу животных с учетом их суточной потребности.

Если животные испытывают дефицит нескольких микроэлементов, то допускается одновременное использование нескольких разных наборов.

Однако при этом необходимо учитывать антагонизм и синергизм микроэлементов [3].

Целесообразно одновременно давать животным соединения микроэлементов, которые являются синергистами, или, по крайней мере, не проявляют антагонизма.

Применение хелатных комплексных соединений способно снизить проявления антагонизма на этапе всасывания в ЖКТ, но, вероятно, не позволяет полностью устранить его на этапе включения микроэлементов в активные центры ферментов [2]. Поэтому более перспективным представляется раздельное введение растворов комплексных соединений разных микроэлементов, хотя в практическом животноводстве это может вызвать определенные сложности.

В целом необходимо отметить, что при использовании обычных жидких кормовых добавок их также смешивают с водой для выпаивания. В данном случае к воде надо будет добавить содержимое набора реагентов. Данное различие не должно вызвать у персонала животноводческих хозяйств каких-либо затруднений.

Однако за счет данного подхода достигается снижение издержек, связанных с транспортировкой и хранением кормовой добавки. Наборы имеют намного меньший вес и объем по сравнению с «традиционными» жидкими

кормовыми добавками, содержащими большое количество воды.

При этом экономия достигается и за счет отсутствия необходимости применения консервантов в составе рецептуры.

Процесс производства также значительно упрощается и сводится лишь к приготовлению смеси реагентов и ее фасовке в пакеты (емкости).

В 2019 г. ООО «Производственная компания Ижсинтез-Химпром» был получен патент на изобретение RU 2705297 «Кормовая добавка на основе комплексного соединения металла с аминокислотой» (А. В. Шишкин, А. Н. Куликов и др.), где описано применение указанных подходов [12].

В дальнейшем были разработаны наборы реагентов с несколько усовершенствованной (в рамках предложенной концепции) рецептурой. Необходимо было оценить эффективность их применения и сопоставить ее с результатами использования неорганических солей.

Цель работы: сравнить эффективность применения растворов неорганических солей Cu, Zn, Mn, Co, Fe и растворов их хелатных комплексных соединений (приготовленных из разработанных наборов реагентов) для купирования недостатка микроэлементов у телят.

Задачи:

1. Оценить динамику содержания данных микроэлементов в сыворотке крови животных.
2. Оценить изменение общего состояния и прирост массы тела животных в процессе исследования.

Материалы и методы. Исследование было выполнено в АО «Путь Ильича» Завьяловского района Удмуртской Республики в зимне-весенний период на 30 телках голштинизированной холмогорской породы возрастом 1 месяц. Средняя масса животных составляла $56,4 \pm 2,5$ кг. Телята были разделены на 3 группы (две подопытные и одна контрольная), по 10 голов в каждой. Условия их содержания, основной рацион и потребление воды были одинаковыми.

Животным из 1-й группы по дробно-периодической схеме последовательно вводились растворы хелатных комплексных соединений: Cu, Zn, Mn, Co, Fe, приготовленные из разработанных наборов реагентов непосредственно перед применением (*ex tempore*). При этом в течение одного дня животные получали соединения только одного микроэлемента. Курс введения всех пяти указанных микроэлементов составлял 5 дней. В течение 30 дней было проведено 6 таких курсов.

Реагенты были разведены в таком количестве и в таком объеме воды, чтобы была получена расчетная дозировка по каждому микроэлементу. Растворы хелатных комплексных соединений животным задавались перорально по 15 мл с помощью шприца без иглы.

Телятам 2-й группы таким же способом, по аналогичной схеме и в том же объеме, вводились растворы неорганических солей (CuSO_4 , MnSO_4 , CoSO_4 , FeCl_3 , ZnSO_4). При этом дозировка по микроэлементам была точно такой же, как в 1-й группе.

3-я группа телят растворы соединений микроэлементов не получала. Вместо этого животным аналогичным образом перорально вводилась дистиллированная вода в том же объеме.

В таблице 1 представлена схема проведения исследования и дозировка микроэлементов.

Поскольку продолжительность одного курса введения соединений пяти разных микроэлементов (в 1-й и 2-й группах) составляла 5 дней, то при выбранной мелко-периодической схеме однократно вводимая доза каждого из них была в 5 раз выше суточной. При этом среднесуточная доза соответствовала суточной потребности.

Исследование проводилось в период между 1-м и 2-м месяцем жизни животных, поэтому принимались значения суточной потребности, средние между таковыми для 30 и 60 дней жизни животного. Использовались значения, рекомендованные при применении неорганических

солей [9]. Это является оправданным, поскольку 2-я группа телят получала именно их.

Среднесуточная дозировка (по микроэлементам) в 1-й и 2-й группах составляла: Cu – 8 мг, Fe – 60 мг, Zn – 53 мг, Mn – 47 мг, Co – 0,7 мг. Дозировка на каждый курс введения (5 дней) составляла: Cu – 40 мг, Fe – 300 мг, Zn – 265 мг, Mn – 235 мг, Co – 3,5 мг.

У животных 1-й и 2-й (подопытных) групп проводилось взятие крови до начала исследования (0 день), а также через сутки после выполнения двух (11-й день), четырех (21-й день) и шести (31-й день) курсов введения растворов. Взятие крови на 11-й и 21-й дни осуществлялось рано утром до введения очередного раствора. У животных 3-й контрольной группы кровь для исследования бралась в те же дни.

В аттестованных лабораториях было определено содержание микроэлементов в сыворотке крови.

Также оценивалось общее состояние животных и их прирост массы.

При статистической обработке рассчитывались средние значения показателей и среднее квадратическое отклонение (σ). Оценка достоверности различий двух совокупностей осуществлялась с использованием непараметрического критерия Вилкоксона-Манна-Уитни.

Результаты исследования. При оценке содержания микроэлементов в сыворотке крови животных были получены следующие результаты, представленные в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Схема введения растворов телятам и дозировка микроэлементов

№ группы	Вводимые вещества	Дни введения	Разовая доза микроэлемента	Общая доза введенных микроэлементов (за 30 дней исследования)
1	Хелатные комплексные соединения кобальта (II)	1, 6, 11, 16, 21, 26	Co 3,5 мг	Co 21 мг Zn 1590 мг Mn 1410 мг Cu 240 мг Fe 1800 мг
	Хелатные комплексные соединения цинка	2, 7, 12, 17, 22, 27	Zn 265 мг	
	Хелатные комплексные соединения марганца (II)	3, 8, 13, 18, 23, 28	Mn 235 мг	
	Хелатные комплексные соединения меди (II)	4, 9, 14, 19, 24, 29	Cu 40 мг	
	Хелатные комплексные соединения железа (III)	5, 10, 15, 20, 25, 30	Fe 300 мг	
2	CoSO_4	1, 6, 11, 16, 21, 26	Co 3,5 мг	Co 21 мг Zn 1590 мг Mn 1410 мг Cu 240 мг Fe 1800 мг
	ZnSO_4	2, 7, 12, 17, 22, 27	Zn 265 мг	
	MnSO_4	3, 8, 13, 18, 23, 28	Mn 235 мг	
	CuSO_4	4, 9, 14, 19, 24, 29	Cu 40 мг	
	FeCl_3	5, 10, 15, 20, 25, 30	Fe 300 мг	
3	Дистиллированная вода	с 1 по 30	Нет	Нет

Таблица 2 – Содержание микроэлементов в сыворотке крови телят

День	№ группы	Кобальт, (мкг%)	Цинк, (мкг%)	Медь, (мкг%)	Марганец, (мг/кг)	Железо, (мкмоль/л)
0	1	3,0±0,4	90,8±5,3	76,4±5,2	0,048±0,003	16,9±0,9
	2	3,1±0,5	92,0±6,8	80,1±8,2	0,046±0,002	15,8±0,9
	3	3,0±0,7	93,6±7,9	77,8±11,1	0,042±0,003	17,0±0,8
11	1	3,5±0,6	102,3±6,4*	85,1±7,9	0,055±0,004*	18,3±1,1*
	2	3,3±0,4	96,8±3,9**	82,3±6,6	0,052±0,020*	19,1±0,9*
	3	3,1±0,3	93,6±6,5	79,1±5,8	0,040±0,004	17,2±1,2
21	1	4,5±0,7**	110,2±8,2**	99,6±2,4**	0,070±0,005**	25,0±1,9**
	2	4,1±0,3**	99,7±5,4**	92,3±3,8**	0,064±0,006**	22,0±1,6**
	3	3,3±0,5	88,4±5,1	75,3±7,4	0,048±0,005	19,3±1,2
31	1	4,8±0,5**	116,0±6,8**	107,3±7,3**	0,092±0,005**	28,5±1,2**
	2	4,6±0,5**	102,8±6,0**	97,0±7,3**	0,081±0,004**	25,7±1,2**
	3	3,4±0,6	92,2±5,9	79,2±5,2	0,047±0,010	18,6±1,3
Референсный интервал		3,0–5,0	100–150	80–120	0,15–0,25	17,9–35,8

Примечание: * – p < 0,05; ** – p < 0,01.

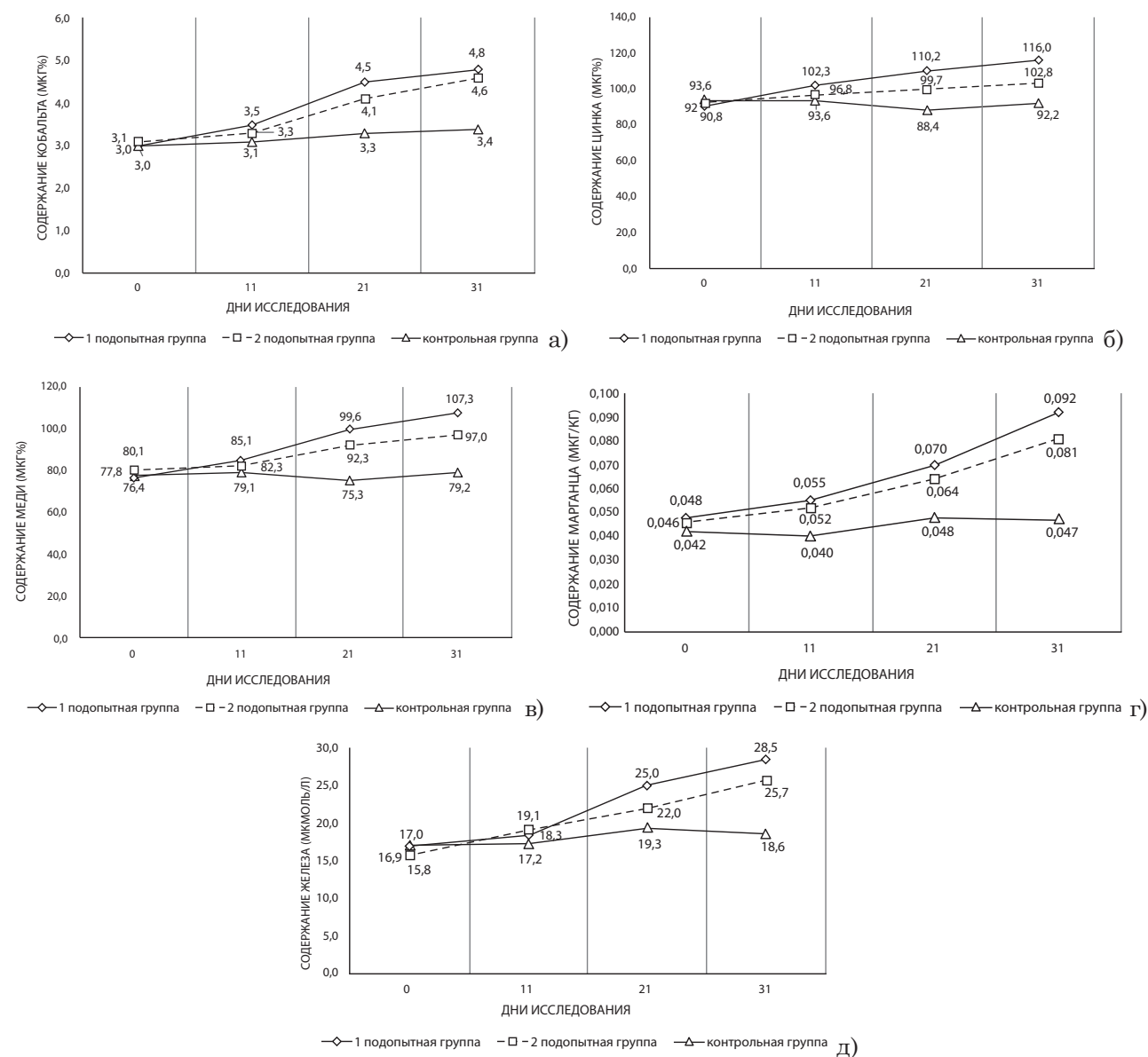


Рисунок 1 – Динамика изменения содержания микроэлементов в сыворотке крови телят: а) кобальта; б) цинка; в) меди; г) марганца; д) железа

До начала исследования у животных всех групп содержание в сыворотке крови цинка, меди, железа и марганца было сниженным, а содержание кобальта соответствовало нижней границе референсных интервалов.

В дальнейшем у животных обеих подопытных групп содержание всех указанных микроэлементов повысилось по сравнению с контролем. При этом более выраженным повышение оказалось в 1-й группе.

Различия между 1-й и 3-й группами, а также между 2-й и 3-й группами оказались достоверными: по содержанию цинка, марганца и железа на 11-й, 21-й и 31-й дни, а по содержанию меди и кобальта – на 21-й и 31-й дни.

При этом также оказались достоверными и различия между 1-й и 2-й группами: по содержанию цинка, марганца и железа на 11-й, 21-й и 31-й дни, по содержанию меди – на 21-й и 31-й дни.

Таким образом, повышения содержания микроэлементов в сыворотке крови телят удалось добиться при использовании как растворов хелатных комплексных соединений, так и растворов неорганических солей. Однако применение растворов хелатных комплексных соединений оказалось более эффективным.

Также выполнялась оценка общего состояния и прироста массы тела телят подопытных и контрольной групп.

До начала исследования все телята имели признаки дефицита микроэлементов: низкую двигательную активность, периодическую диарею, взъерошенный волосяной покров с очагами аллопеции, сниженную эластичность кожи, задержку роста и развития. Отмечалось снижение потребления корма и нарушение пищевого поведения (телята облизывали несъедобные предметы).

Признаки проявления дефицита микроэлементов исчезли у телят 1-й группы после 3–4 курсов введения, а у телят 2-й группы – только после 5–6 курсов. Таким образом, у телят 1-й группы улучшение общего состояния происходило быстрее, чем во 2-й группе.

В 3-й (контрольной) группе состояние телят не улучшилось.

У телят из 1-й подопытной группы за время исследования (30 дней) прирост массы тела составил $23,2 \pm 2,9$ кг, а у животных 2-й группы – $18,4 \pm 3,2$ кг. В 3-й контрольной группе прирост массы был наименьшим и составил $15,7 \pm 3,7$ кг. Различия оказались достоверными между 1-й и 3-й группами ($p < 0,01$), а между 2-й и 3-й группами – недостоверными ($p > 0,05$).

Таким образом, использование в качестве кормовой добавки растворов хелатных комплексных соединений Cu, Zn, Mn, Co, Fe, полученных *ex tempore* из предложенных наборов реагентов, оказалось более эффективным по сравнению с применением растворов их неорганических солей по одинаковой дробно-периодической схеме.

При этом быстрее нормализовалось общее состояние телят (исходно испытывавших недостаток микроэлементов), а содержание в сыворотке крови Fe, Zn, Cu, Co, Mn повысилось в большей мере. Прирост массы тела также оказался выше.

Приготовление растворов из набора реагентов не представляет сложностей. Для этого требуется лишь растворить содержимое пакетов в воде, предназначенной для выпаивания животным. При использовании «традиционных» жидких кормовых добавок делают то же самое – содержимое емкости смешивают с водой.

Использованные в данной работе наборы реагентов позволяют получать хелатные комплексные соединения тех или иных металлов-микроэлементов по отдельности. В каждом конкретном животноводческом хозяйстве можно использовать соединения только тех микроэлементов, которых действительно не хватает животным. Становится возможным избежать избыточного введения в рацион соединений тех микроэлементов, дефицита в которых нет. При этом появляется возможность для дополнительной экономии средств.

Если животные испытывают дефицит нескольких микроэлементов, то наиболее перспективным представляется использование дробно-периодических схем с их отдельным введением (аналогичных описанной выше схеме). Однако это может оказаться неудобным для персонала животноводческих хозяйств.

Поэтому в случае необходимости возможно и совместное использование нескольких разных наборов, позволяющих получить комплексные соединения двух или более микроэлементов одновременно. Но при этом следует учитывать их антагонизм и синергизм.

Проявляют синергизм или не обладают антагонизмом при умеренных дозировках [6] следующие сочетания микроэлементов: 1) Fe и Cu; 2) Co и Mn; 3) Co и Cu; 4) Cu и Mn; 5) Fe и Mn; 6) Co, Fe, Cu, Mn; 7) Co, Cu и Mn; 8) Fe, Cu и Mn; 9) Co, Fe, Mn.

Выводы:

1. У телят 1-й группы, получавших растворы хелатных комплексных соединений, было

достигнуто более высокое содержание микроэлементов в сыворотке крови по сравнению с животными 2-й группы, получавшими растворы неорганических солей.

2. У телят 1-й группы улучшение общего состояния происходило быстрее, чем во 2-й группе. При этом прирост массы тела у телят 1-й группы был выше.

Список источников

1. Влияние неорганических и органических форм микроэлементов на метаболические процессы в организме дойных коров / Е. В. Быкова, А. П. Коробов, И. И. Калюжный, А. П. Гуменюк // *Аграрный научный журнал*. 2018. № 9. С. 10–15.

2. Влияние хелатных комплексных соединений некоторых металлов-микроэлементов и их неорганических солей на биохимические показатели телят / М. С. Куликова [и др.] // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2021. № 3 (59). С. 43–49.

3. Гуркина Л. В., Наумова И. К., Лебедева М. В. Взаимное действие биогенных микроэлементов и элементов тяжелых металлов в организме животных // *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2016. № 1. С. 32–37.

4. Келлер С., Бул Ф., Кёйперс М. Хелатные микроэлементы: правильный выбор // *Животноводство России*. 2020. № 3. С. 14–18.

5. Корочкина Е. А. Влияние микроэлементов цинка, кобальта, йода, селена, марганца, меди на здоровье и продуктивные качества животных // *Генетика и разведение животных*. 2016. № 3. С. 69–73.

6. Лушников Н. А. Минеральные вещества и природные добавки в питании животных. Курган: КГСХА, 2003. 192 с.

7. Лютых О. Большая роль микроэлементов // *Эффективное животноводство*. 2020. № 4 (161). С. 95–99.

8. Машкина Е. И., Степаненко Е. С. Влияние витаминно-минерального питания на гематологические показатели крови телят-молочников // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2018. № 1 (159). С. 113–115.

9. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. Москва, 2003. 456 с.

10. Особенности действия органических и неорганических источников микроэлементов в питании животных (обзор) / В. С. Крюков, С. Г. Кузнецов, Р. В. Некрасов, С. В. Зиновьев // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2020. № 3. С. 27–54.

11. Парасюк Л. П., Дельцов А. А., Бачинская В. М. Изучение стабильности нового многокомпонентного препарата для профилактики и лечения эндемического зоба у сельскохозяйственных животных // *Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы*

сырья и продуктов животного происхождения: сборник трудов 2-й Научно-практической конференции, Москва, 23 июня 2023 г. / Под общей редакцией С. В. Позябина, Л. А. Гнездиловой. Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2023. С. 152–153.

12. Патент № 2705297 С1 Российская Федерация, МПК А23К 20/142, А23К 20/20. Кормовая добавка на основе комплексного соединения металла с аминокислотой: № 2018141897: заявл. 27.11.2018: опубл. 06.11.2019 / А. В. Шишкин, А. Н. Куликов, Н. Г. Овчинина [и др.].

References

1. Vliyanie neorganicheskikh i organicheskikh form mikroelementov na metabolicheskie processy v organizme dojnyh korov / E. V. Bykova, A. P. Korobov, I. I. Kalyuzhnyj, A. P. Gumenyuk // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2018. № 9. S. 10–15.

2. Vliyanie helatnyh kompleksnyh soedinenij nekotoryh metallov-mikroelementov i ih neorganicheskikh solej na biokhimicheskie pokazateli telyat / M. S. Kulikova [i dr.] // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021. № 3 (59). S. 43–49.

3. Gurkina L. V., Naumova I. K., Lebedeva M. V. Vzaимное dejstvie biogennyh mikroelementov i elementov tyazhelyh metallov v organizme zhivotnyh // *Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya*. 2016. № 1. S. 32–37.

4. Keller S., Bul F., Kyojpers M. Helatnye mikroelementy: pravil'nyj vybor // *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2020. № 3. S. 14–18.

5. Korochkina E. A. Vliyanie mikroelementov cinka, kobal'ta, joda, selena, marganca, medi na zdorov'e i produktivnye kachestva zhivotnyh // *Genetika i razvedenie zhivotnyh*. 2016. № 3. S. 69–73.

6. Lushnikov N. A. Mineral'nye veshchestva i prirodnye dobavki v pitanii zhivotnyh. Kurgan: KGSKHA, 2003. 192 s.

7. Lyutyh O. Bol'shaya rol' mikroelementov // *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2020. № 4 (161). S. 95–99.

8. Mashkina E. I., Stepanenko E. S. Vliyanie vitaminno-mineral'nogo pitaniya na gematologicheskie pokazateli krovi telyat-molochnikov // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. № 1 (159). S. 113–115.

9. Normy i raciony kormleniya sel'skokozyajstvennyh zhivotnyh: spravochnoe posobie / Pod red. A. P. Kalashnikova, V. I. Fisinina, V. V. Shcheglova [i dr.]. 3-e izd., pererab. i dop. Moskva, 2003. 456 s.

10. Osobennosti dejstviya organicheskikh i neorganicheskikh istochnikov mikroelementov v pitanii zhivotnyh (obzor) / V. S. Kryukov, S. G. Kuznecov, R. V. Nekrasov, S. V. Zinov'ev // *Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh*. 2020. № 3. S. 27–54.

11. Parasyuk L. P., Del'cov A. A., Bachinskaya V. M. Izuchenie stabil'nosti novogo mnogokomponentnogo preparata dlya profilaktiki i lecheniya endemicheskogo zoba u sel'skokozyajstvennyh zhivotnyh // *Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny, zootekh-*

nii, biotekhnologii i ekspertizy syr'ya i produktov zhivotnogo proiskhozhdeniya: sbornik trudov 2-j Nauchno-prakticheskoy konferencii, Moskva, 23 iyunya 2023 g. / Pod obshchej redakciej S. V. Pozyabina, L. A. Gn-ezdilovoj. Moskva: Sel'skohozyajstvennye tekhnologii, 2023. S. 152–153.

12. Patent № 2705297 C1 Rossijskaya Federaciya, МПК А23К 20/142, А23К 20/20. Kormovaya dobavka na osnove kompleksnogo soedineniya metalla s aminokislotoj: № 2018141897: zayavl. 27.11.2018: opubl. 06.11.2019 / A. V. Shishkin, A. N. Kulikov, N. G. Ov-chinina [i dr.].

Сведения об авторе:

А. Н. Куликов, кандидат ветеринарных наук, доцент, <https://orcid.org/0009-0009-1055-1395>

Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

andrey.kulikov.1991@bk.ru

Original article

EFFICIENCY EVALUATION OF *EX TEMPORE* SOLUTIONS OF CHELATE COMPLEX COMPOUNDS OF MICROELEMENTS AS A FEED ADDITIVE

Andrey N. Kulikov

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

andrey.kulikov.1991@bk.ru

Abstract. Mineral feed additives are widely used for the treatment and prevention of hypomicroelementosis. They often contain inorganic salts of trace metals. They are quite cheap, but have low digestibility and are toxic in overtreatment. More effective modern feed additives use chelate complex compounds of metals and microelements. They do not have the above disadvantages, but are significantly more expensive. A great number of livestock farms are currently in financial difficulties. This does not allow some of them to purchase effective mineral feed additives in the required quantities. To solve this problem, we have developed a cheap feed additive. It is a mixture of substances packaged in containers, when dissolved in water, a solution of chelate complex compounds with the desired properties is formed. Further it is fed to the animals. Thus, liquid-phase synthesis of chelate complex compounds of metals-microelements occurs immediately before their use (*ex tempore*). Such reagent kits are very easy to use, have a low production cost, and their low weight and volume reduces storage and transportation costs. This paper presents the results of assessing the effectiveness of their use. Solutions of chelate complex compounds of various trace metals (Fe, Co, Mn, Zn, Cu) were given to animals separately according to a fractional periodic scheme. In our opinion, it is the most effective one, since it reduces the manifestations of antagonism of microelements both at the stage of absorption in the gastrointestinal tract and at the stage of inclusion in metabolic pathways. The results were compared with data obtained from using solutions of inorganic salts of the same microelements. During the study the general condition of the animals, the body weight gain and the dynamics of changes in the content of microelements in the blood serum were assessed. Higher efficiency of using the resulting solutions of chelate complex compounds was shown.

Key words: calves, microelements, chelate complex compounds.

For citation: Kulikov A. N. Efficiency evaluation of *ex tempore* solutions of chelate complex compounds of microelements as a feed additive. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 4(76): 55-62. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_55-62.

Author:

A. N. Kulikov, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0009-1055-1395>

Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

andrey.kulikov.1991@bk.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the author declares that he has no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 19.06.2023; одобрена после рецензирования 10.11.2023;

принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 19.06.2023; approved after reviewing 10.11.2023; accepted for publication 07.12.2023.

УПРОЧНЕНИЕ СЕГМЕНТНЫХ НОЖЕЙ SCHUMACHER PRO CUT ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКОЙ

Ипатов Алексей Геннадьевич ✉, Шмыков Сергей Николаевич,
Первушин Владимир Федорович, Малинин Александр Васильевич

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

✉ ipatow.al@yandex.ru

Аннотация. Большинство современных кормоуборочных и зерноуборочных машин оснащено сегментными режущими аппаратами, ресурс которых определяется износостойкостью сегментного ножа. Современные сегментные ножи имеют ресурс не более 30 га. Вопросы по повышению долговечности и износостойкости ножей активно не изучаются, при этом себестоимость сегментных ножей за последние годы значительно выросла. В данной работе исследована возможность применения технологии лазерной закалки для повышения работоспособности сегментных ножей. Технология подразумевает высокоскоростную лазерную обработку режущей кромки сегментного ножа без оплавления поверхности. В качестве объекта исследований приняты сегментные ножи Schumacher Pro Cut, выполненные из стали 30ХС и подверженные закалке токами высокой частоты. В ходе исследований выполнены лабораторные исследования по анализу микротвердости и микроструктуры упрочняемых покрытий. Из результатов исследований следует, что микротвердость упрочненного слоя имеет градиентную структуру с максимальной твердостью 1000 НВ. Глубина термически упрочненного слоя составляет 200–250 мкм. Микроструктура термообработанного слоя однородная и представляет собой мелкодисперсный мартенсит с твердостью от 930 до 1000 НВ. Переходная зона не обладает явными границами и имеет неоднородную структуру, представляющую собой троостомартенсит. Производственными испытаниями подтверждено повышение ресурса сегментных ножей на 15 %.

Ключевые слова: сегментный нож, ресурс, керамическое покрытие, короткоимпульсная лазерная обработка, карбид бора.

Для цитирования: Упрочнение сегментных ножей Schumacher Pro Cut лазерной закалкой / А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, В. Ф. Первушин, А. В. Малинин // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(76). С. 63-68. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_63-68.

Введение. Сегментные ножи широко используются в зерноуборочных и кормоуборочных комбайнах, а также на сегментных косилках. Ресурс сегментных ножей не превышает 30 га, а ежегодная потребность в таких деталях в Удмуртской Республике составляет 150 тыс. штук и более. Средняя стоимость комплекта сегментных ножей 12 000 руб. Поэтому вопросы повышения ресурса сегментных ножей остаются чрезвычайно актуальными. Разработка инновационных способов повышения ресурса и надежности сельскохозяйственных рабочих органов предполагает нанесение на рабочие поверхности специальных функциональных покрытий, увеличивающих режущие свойства, износостойкость и т.д. [1, 3–7].

Номенклатура материалов, их состав и свойства достаточно широко исследованы,

апробированы и широко применяются в условиях машиностроительного производства.

За последние годы широкое применение находят технологии упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин с применением высококонцентрированных источников энергии.

К наиболее привлекательным высококонцентрированным источникам энергии относится лазерное излучение, позволяющее придавать уникальные физико-механические свойства поверхностям за счет высоких скоростей нагрева и охлаждения. Преимущества высокоскоростной лазерной закалки фундаментально изучены и представляют огромный практический интерес [9–11].

Стоит отметить, что в условиях общего машиностроения технологии поверхностной закалки имеют высокий потенциал и активно

применяются в условиях высоких динамических, износных и термических нагрузок.

Отсутствие активного применения поверхностной лазерной закалки при производстве и восстановлении рабочих органов сельскохозяйственных машин упирается в нежелание многих производителей менять технологические цепочки производства. Однако введение ограничений на ввоз в страну большинства узлов и агрегатов для сельскохозяйственных машин вынуждает многие отечественные предприятия искать способы повышения долговечности рабочих органов сельскохозяйственных машин как традиционными, так и инновационными методами.

В данной работе нами предлагается исследовать работоспособность упрочненных сегментных ножей методом поверхностной высокоскоростной лазерной обработки.

Методика и материалы исследований. В качестве объекта исследований приняли сегментные ножи Schumacher Pro Cut, наиболее широко применяемые в современных сельскохозяйственных машинах. Как показала практика, использование внешних керамических функциональных покрытий сопряжено с рядом недостатков, в частности, для них характерна низкая адгезия и трещиностойкость, необходимость длительной финишной механической операции. Поэтому наиболее привлекательным при упрочнении деталей машин выглядит применение тонкого поверхностного слоя без перегрева подложки детали.

На кафедре «Эксплуатация и ремонт машин» совместно с центром лазерных решений ООО «Эковектор» разработана технология модификации тонкого поверхностного слоя поверхностной лазерной закалкой. Технология поверхностного лазерного упрочнения подробно описана в работах [2, 8], а также подтверждена патентами на изобретение. Технологический процесс термической обработки заключается в сканировании режущей кромки сегментного ножа импульсным лазерным излучением без оплавления поверхности (рис. 1).

Изменение микротвердости по глубине упрочненного слоя проанализировали по ГОСТ 9450-76 у ножей при помощи микротвердомера ПМТ-3М с алмазным наконечником при нагрузке в 100Н.

Для оценки характера и глубины упрочненного слоя выполнили исследования с использованием металлографического инвертированного микроскопа Olympus GX53 с пред-

варительным травлением микрошлифа в 5 % растворе азотной кислоты в этиловом спирте.

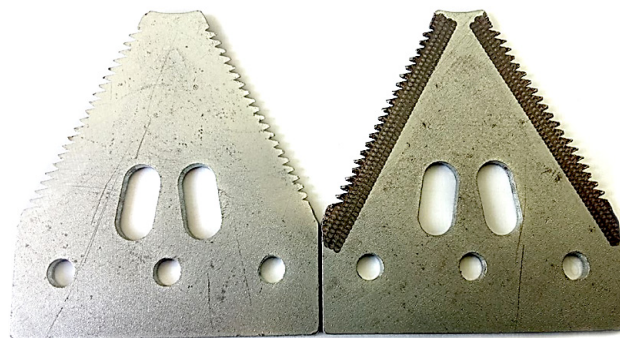


Рисунок 1 – Внешний вид стандартного и упрочненного ножа

Для оценки величины износа режущей кромки использовали измерительно-отсчетный микроскоп МПБ-2.

Сравнительные эксплуатационные испытания ножей выполнили на базе ОП УНПК «Ижагроплем» с использованием зерноуборочного комбайна ACROS-530. В ходе испытаний оценивали величину износа и характер изнашивания режущей кромки сегментного ножа.

Результаты исследований. Для изготовления сегментных ножей Schumacher Pro Cut используют среднеуглеродистую легированную сталь 30XC. Для повышения работоспособности кромки подвергаются ТВЧ-закалке с формированием мелкодисперсной структуры мартенсита отпуска.

После нанесения керамического покрытия глубина упрочненного слоя составила 150...180 мкм (рис. 2). Микроструктура упрочненного слоя имеет небольшой наплыв толщиной в 5–10 мкм, вызванный высокой кинетикой перемешивания жидких масс.

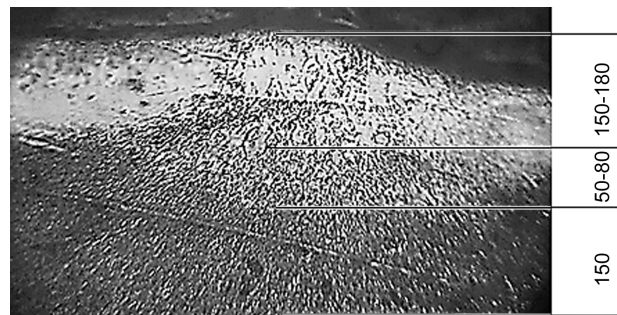


Рисунок 2 – Микроструктура упрочненного слоя по зонам

Микроструктура упрочненного слоя имеет слоистое строение, что объясняется особенностью высокоскоростной лазерной обработ-

ки. На микроструктуре исследуемого образца можно обнаружить наличие двух областей: область с однородной структурой – белый слой, представляющий собой мелкодисперсный мартенсит, и область с неоднородной структурой, соответствующую переходной зоне в виде троостомартенсита. Толщина упрочненного слоя стабильна и колеблется в пределах от 150 до 180 мкм. Толщина переходной зоны находится в диапазоне 50...80 мкм. Ниже переходной зоны наблюдается зона термического воздействия глубиной до 150 мкм и характеризующаяся исходной структурой сплава.

Микротвердость упрочненного слоя высокая и на глубину до 100 мкм колеблется от 930 до 1000 HV (рис. 3).

С переходом на адгезионный слой микротвердость скачкообразно снижается до 420 HV. Ниже переходной зоны микротвердость соответствует твердости исходного материала в 280 HV.

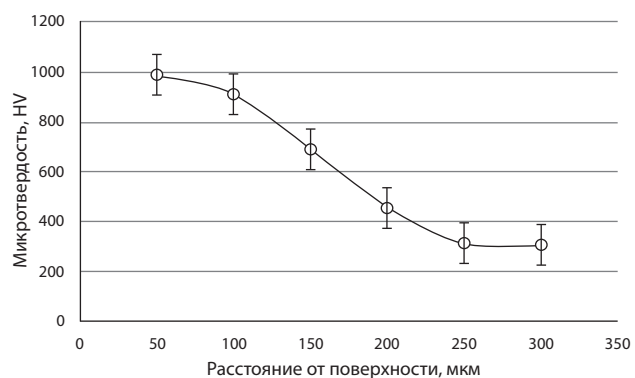


Рисунок 3 – Распределение микротвердости упрочненного керамического покрытия по глубине

Для оценки работоспособности упрочненных ножей выполнили исследования в полевых условиях при уборке яровой пшеницы. Оценку величины износа упрочненных ножей выполняли через каждые 10 га скашивания до достижения предельной величины износа (рис. 4). В качестве предельного износа режущей кромки приняли величину в 100 мкм [1]. Необходимо отметить, что в ходе исследований большинство ножей вышло из строя по причине попадания в зону резания посторонних предметов. При этом деформации и разрушению было подвержено лишь 4 упрочненных ножа.

Для получения достоверных результатов по интенсивности изнашивания анализируемых ножей провели регрессионный анализ данных.

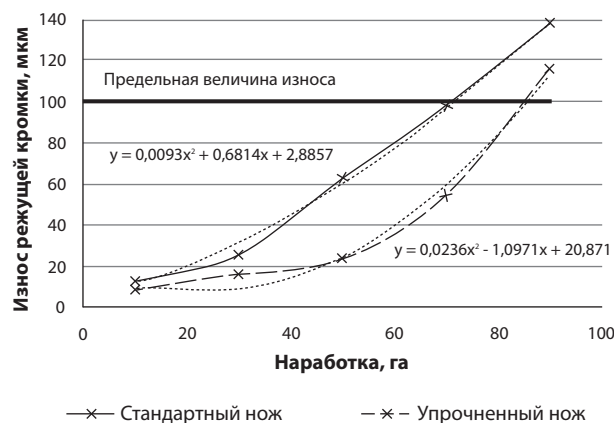


Рисунок 4 – Динамика износа стандартного и упрочненного сегментных ножей

Вследствие этого выведены следующие зависимости:

– для стандартного ножа:

$$Y_1 = 0,0093x^2 + 0,6814x + 2,8857; \quad (1)$$

– для упрочненного ножа:

$$Y_2 = 0,0236x^2 + 1,0971x + 20,871, \quad (2)$$

где Y_1 – величина износа режущей кромки стандартного ножа, мкм;

Y_2 – величина износа режущей кромки упрочненного ножа, мм;

x – наработка, га.

Из решения регрессивных уравнений следует, что предельная величина износа у стандартного ножа достигается при наработке 71,9 га, а упрочненного – при 85,7 га. Из результатов сравнительных исследований следует, что ресурс упрочненных ножей на 15 % выше стандартных. Однако необходимо отметить, что динамика изнашивания у упрочненных ножей отличается от стандартных. У стандартных ножей наблюдается равномерный износ на всем этапе наработки, что объясняется постоянством структуры и твердости режущей кромки. Упрочненные ножи в первоначальный период имеют незначительный износ, и при наработке в 50 га величина износа составляет 21 мкм против 62 мкм у стандартного ножа. При 60 га наработки интенсивность изнашивания у упрочненного ножа скачкообразно увеличивается.

Динамика изнашивания определяется особенностью строения, а именно градиентностью структуры – тонкий поверхностный слой твердый, а нижележащие слои более мягкие, что обеспечивает высокую износостойкость

в первоначальный период эксплуатации, а при износе упрочненного слоя динамика изнашивания усиливается. На эту динамику изнашивания указывает и характерное разрушение режущей кромки (рис. 5).

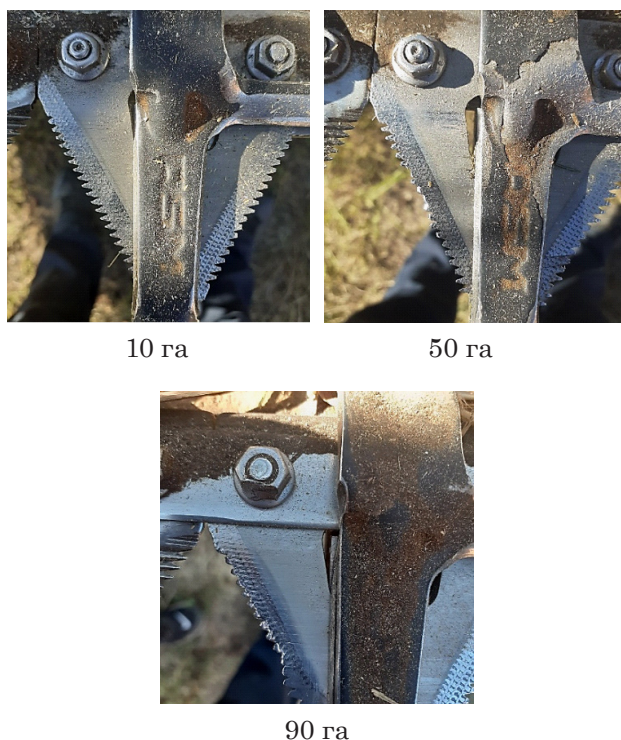


Рисунок 5 – Характерный износ режущей кромки упрочненных ножей

До 50 га наработки наблюдается незначительное разрушение режущей кромки упрочненного сегментного ножа, а при достижении 90 га режущая кромка полностью изнашивается.

Выводы. В представленной работе нами исследована возможность применения поверхностной лазерной закалки для упрочнения режущей кромки сегментного ножа. Тонкие упрочненные слои, полученные короткоимпульсной лазерной обработкой, подтвердили наше предположение о повышении работоспособности сегментных ножей.

Структура упрочненного слоя носит внутренний характер с градиентностью механических свойств. Глубина упрочненного слоя колеблется в пределах от 200 до 250 мкм с микротвердостью от 1000 до 900 HV. Упрочненный слой представляет собой мелкодисперсную мартенситную структуру. Переходный слой без видимых дефектов с троостомартенситной структурой. Производственные испытания выявили отличную динамику изнашивания с повышением ресурса сегментных ножей на 15 %. Полученные результаты имеют высокий прак-

тический потенциал и могут быть применены в условиях производственных предприятий для повышения эффективности эксплуатации сегментных режущих аппаратов.

Список источников

1. Влияние интенсивности изнашивания рабочих поверхностей лезвия сегментов режущего аппарата на их ресурс / А. Т. Лебедев, Д. И. Макаренко, Р. А. Магомедов [и др.] // Сборник научных трудов SWorld. 2013. Т. 10, № 2. С. 89–92. EDN QLWUNR.
2. Ипатов А. Г., Харанжевский Е. В., Малинин А. В. Исследование антифрикционных свойств керамических восстановительных покрытий на основе оксида железа // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3 (75). С. 55–60. DOI 10.48012/1817-5457_2023_3_55-60.
3. Макаренко Д. И., Лебедев А. Т. Повышение ресурса сегментов режущего аппарата // Техника в сельском хозяйстве. 2011. № 6. С. 7–8.
4. Мартюшев А. А., Ипатов А. Г., Ширококов В. И. Анализ работоспособности упрочненных ножей ротационной косилки KRONE EASYCUT b 870 CV // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (67). С. 68–72. DOI 10.48012/1817-5457_2021_3_68. EDN WKGGGP.
5. Модернизация плазменно-дуговой установки для резки труб различного профиля / В. Ф. Первухин, А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4 (72). С. 64–69. DOI 10.48012/1817-5457_2022_4_64-69. EDN CQJPKX.
6. Повышение износостойкости лемехов плугов, лап культиваторов и плоскорезов точечной электродуговой сваркой / В. И. Большаков, О. С. Федоров, Д. И. Ваганов, С. Н. Шмыков // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1 (73). С. 36–41. DOI 10.48012/1817-5457_2023_1_36-41. EDN XWYPZF.
7. Ставицкий А. В. Повышение износостойкости и упрочнение сегментных ножей уборочной техники электродиффузионной обработкой // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 121–126.
8. Физико-механические свойства керамических покрытий, получаемых короткоимпульсной лазерной наплавкой порошковой смеси на основе бора / А. Г. Ипатов, М. Н. Ерохин, С. П. Казанцев [и др.] // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 1. С. 71–76. DOI 10.26897/2687-1149-2023-1-71-76. EDN NIWNZG.
9. Effect of oxygen in surface layers formed during sliding wear of Ni–ZrO₂ coatings / E. V. Khazanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Surface and Coatings Technology. 2022. Vol. 434. P. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat. – 2022128174. EDN UBLNSI.
10. M. S. Gök, Y. Küçük, A. Erdoğan, M. Öge, E. Kanca, A. Günen, Dry sliding wear behavior of borided hot-

work tool steel at elevated temperatures, Surf. Coat. Technol. 328 (2017) 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.08.008>.

11. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Wear. 2021. Vol. 477. P. 203835. DOI 10.1016/j.wear.2021.203835. EDN GCSTIQ.

References

1. Vliyanie intensivnosti iznashivaniya rabochih poverhnostey lezviya segmentov rezhushchego apparata na ih resurs / A. T. Lebedev, D. I. Makarenko, R. A. Magomedov [i dr.] // Sbornik nauchnyh trudov SWorld. 2013. T. 10, № 2. S. 89–92. EDN QLWUNR.

2. Ipatov A. G., Haranzhevskiy E. V., Malinin A. V. Issledovanie antifrikcionnyh svoystv keramicheskikh vosstanovitel'nyh pokrytij na osnove oksida zheleza // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2023. № 3 (75). S. 55–60. DOI 10.48012/1817-5457_2023_3_55-60.

3. Makarenko D. I., Lebedev A. T. Povyshenie resursa segmentov rezhushchego apparata // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 2011. № 6. S. 7–8.

4. Martyshev A. A., Ipatov A. G., Shirobokov V. I. Analiz rabotosposobnosti uprochnennyh nozhey rotacionnoj kosilki KRONE EASYCUT b 870 CV // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. № 3 (67). S. 68–72. DOI 10.48012/1817-5457_2021_3_68. EDN WKGGGP.

5. Modernizaciya plazmenno-dugovoj ustanovki dlya rezki trub razlichnogo profilya / V. F. Pervushin, A. G. Ipatov, S. N. Shmykov, V. I. Shirobokov // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 4 (72). S. 64–69. DOI 10.48012/1817-5457_2022_4_64-69. EDN CQJPKX.

6. Povyshenie iznosostojkosti lemehov plugov, lap kul'tivatorov i ploskorezov tochechnoj elektrodugovoj svarkoj / V. I. Bol'shakov, O. S. Fedorov, D. I. Vaganov, S. N. Shmykov // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2023. № 1 (73). S. 36–41. DOI 10.48012/1817-5457_2023_1_36-41. EDN XWYPZF.

7. Stavickij A. V. Povyshenie iznosostojkosti i uprochnenie segmentnyh nozhey uborochnoj tekhniki elektrodifuzionnoj obrabotkoj // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 4 (90). S. 121–126.


8. Fiziko-mekhanicheskie svoystva keramicheskikh pokrytij, poluchaemyh korotkoimpul'snoj lazernoj naplavkoj poroshkovej smesi na osnove bora / A. G. Ipatov, M. N. Erohin, S. P. Kazancev [i dr.] // Agrozhenneriya. 2023. T. 25, № 1. S. 71–76. DOI 10.26897/2687-1149-2023-1-71-76. EDN NIWNZG.

9. Effect of oxygen in surface layers formed during sliding wear of Ni–ZrO₂ coatings / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Surface and Coatings Technology. 2022. Vol. 434. P. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat. – 2022128174. EDN UBLNSI.

10. M. S. Gök, Y. Küçük, A. Erdoğan, M. Öge, E. Kanca, A. Günen, Dry sliding wear behavior of borided hot-work tool steel at elevated temperatures, Surf. Coat. Technol. 328 (2017) 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.08.008>.

11. Tribological performance of boron-based superhard coatings sliding against different materials / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Wear. 2021. Vol. 477. P. 203835. DOI 10.1016/j.wear.2021.203835. EDN GCSTIQ.

Сведения об авторах:

А. Г. Ипатов , кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;

С. Н. Шмыков, кандидат экономических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>;

В. Ф. Первушин, доктор технических наук, профессор;

А. В. Малинин, аспирант

Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069

 ipatow.al@yandex.ru

Original article

HARDENING SCHUMACHER PRO CUT SEGMENTED KNIVES BY LASER HARDENING

Alexey G. Ipatov , **Sergey N. Shmykov**, **Vladimir F. Pervushin**, **Alexander V. Malinin**

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

 ipatow.al@yandex.ru

Abstract. *Most modern forage and grain harvesting machines are equipped with segmented cutting devices, the service life of which is determined by the wear resistance of the segmented knife. Modern segmented knives have a resource of no more than 30 hectares. Issues of increasing the durability and wear resistance of knives are not being intensively studied, while the cost of segmented knives has increased significantly in recent years. This work explores the possibility of using laser hardening technology to improve the performance of segmented knives.*

The technology involves high-speed laser processing of the cutting edge of a segmented knife without melting the surface. The research targets were Schumacher Pro Cut segmented knives made of 30XC steel and subjected to high-frequency hardening. During the research, laboratory studies were carried out to analyze the microhardness and microstructure of hardened coatings. As it follows from the research results, the microhardness of the strengthened layer has a gradient structure, with a maximum hardness of 1000 HV. The depth of the thermally strengthened layer is 200–250 microns. The microstructure of the heat-treated layer is homogeneous and is finely dispersed martensite with a hardness from 930 to 1000 HV. The transition zone has no obvious boundaries and has a heterogeneous structure, which is troostite and martensite by nature. Performed operation tests confirmed an increase in the service life of segmented knives by 15 %.

Key words: segmented knife, service life, ceramic coating, short-pulse laser processing, boron carbide.

For citation: Ipatov A. G., Shmykov S. N., Pervushin V. F., Malinin A. V. Hardening Schumacher Pro Cut segmented knives by laser hardening. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 4(76): 63-68. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_63-68.

Authors:

A. G. Ipatov✉, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;

S. N. Shmykov, Candidate of Economical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8695>;

V. F. Pervushin, Doctor of Technical Sciences, Professor;

A. V. Malinin, postgraduate student

Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

✉ipatow.al@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 20.06.2023; одобрена после рецензирования 11.10.2023; принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 20.06.2023; approved after reviewing 11.10.2023; accepted for publication 07.12.2023.

Научная статья

УДК 631.333.53.022.7

DOI 10.48012/1817-5457_2023_4_68-75

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАБОТЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ДИСКА РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ

**Семыкин Владимир Анатольевич, Трубников Владимир Николаевич,
Коротков Илья Владимирович**✉

Курский ГАУ, Курск, Россия

✉koro7kov@yandex.ru

Аннотация. Современное интенсивное сельское хозяйство невозможно без применения минеральных, органических и органо-минеральных удобрений в гранулированной форме. Внесение гранулированных удобрений – производственный процесс, зависящий от множества факторов: конструктивных особенностей машин для внесения удобрений, способов внесения и транспортировки вносимых материалов. На кафедре «Процессы и машины в агроинженерии» Курского ГАУ накоплен опыт теоретической и практической реализации научных работ по рациональному применению энергетических машин для основных технологических операций, связанных с внесением гранулированных удобрений. Разработан образец низкорамного разбрасывателя гранулированных удобрений с двумя основными разбрасывающими устройствами роторного типа и дополнительным разбрасывающим устройством. Целью настоящих исследований является экспериментальная проверка и определение основных параметров дополнительного разбрасывающего устройства для восполнения полосы посева между зонами действия основных

разбрасывающих устройств. В ходе работы были обоснованы конструктивные параметры разбрасывающего рабочего органа на вертикальной оси вращения – в форме разбрасывающего диска, а также определена зависимость равномерности распределения удобрений по ширине полосы рассева с учетом работы основных разбрасывающих устройств и дополнительного разбрасывающего диска. Проведен многофакторный эксперимент с использованием стационарной установки, а также анализ результатов экспериментальных испытаний. Установлена конструкция дополнительного разбрасывающего устройства, позволяющая наиболее равномерно распределять удобрения по заданной полосе рассева.

Ключевые слова: удобрения, рассев, распределение, разбрасывающий диск, лопасти, разбрасыватель гранулированных удобрений.

Для цитирования: Семькин В. А., Трубников В. Н., Коротков И. В. Экспериментальная оценка работы дополнительного распределительного диска разбрасывателя гранулированных удобрений // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(76). С. 68-75. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_68-75.

Актуальность. Применение удобрений гранулированной формы – это универсальное решение для повышения продуктивности почвы. Широкий спектр удобрений предполагает подбор оптимальных доз компонентов и их внесение в период вегетации сельскохозяйственных культур [9]. Технические средства, задействованные на операции внесения гранулированных удобрений, в большинстве случаев оборудуются рабочими органами роторного или дискового типа. Наиболее распространены последние

[3, 7]. Однако у таких рабочих органов есть ряд недостатков, связанных с неравномерностью распределения удобрений по площади. Применение роторных разбрасывателей с рабочими органами на горизонтальной оси вращения не получило широкого распространения, хотя ряд исследований показывает рациональность разработок в данном направлении [1].

Нами принято решение объединить в одной конструкции два вышеотмеченных типа рабочих органов (рис. 1).

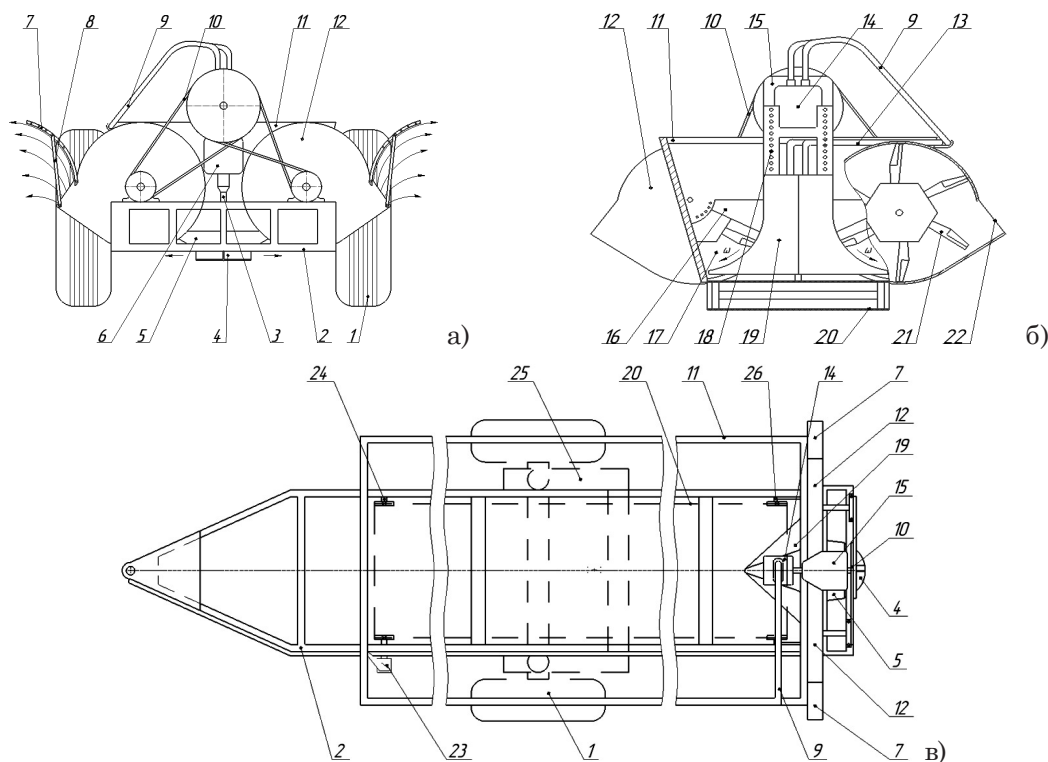


Рисунок 1 – Схема низкорамного кузовного разбрасывателя удобрений:

- а – общий вид; б – схема подачи удобрений к лопастным метателям; в – вид сверху;
 1 – ходовая система; 2 – рама; 3 – вал привода разбрасывающего диска; 4 – разбрасывающий диск;
 5 – питатель разбрасывающего диска; 6 – редуктор; 7 – дефлектор; 8 – регулировочная штанга дефлектора; 9 – маслопровод; 10 – клиноременная передача; 11 – кузов; 12 – кожухи лопастных метателей; 13 – маслопровод; 14 – гидромотор; 15 – редуктор; 16 – регулировочная заслонка;
 17 – дозирующие отверстия; 18 – регулировочные отверстия делителя; 19 – делитель;
 20 – ленточный транспортер; 21 – лопастные метатели; 22 – выгрузные окна;
 23 – гидромотор транспортера; 24 – ведущий вал транспортера; 25 – коленчатая ось;
 26 – натяжное устройство транспортера

Предлагаемая машина снабжена двумя роторами с горизонтальной осью вращения, обеспечивающими боковой рассев удобрений, и дополнительным разбрасывающим диском на вертикальной оси вращения для восполнения полосы посева между зонами действия основных разбрасывающих устройств.

Таким образом, разбрасыватель гранулированных удобрений включает в себя ходовую систему 1, на которую установили раму 2 и кузов 11. На дне кузова расположен ленточный транспортер 20. В задней части машины на раме смонтированы кожухи роторных лопастных метателей 12. Внутри каждого из кожухов установлены разбрасывающие устройства 21, представляющие собой ротор с лопатками. Выгрузные окна 22 нерегулируемые, расположены в боковых стенках кожухов 12 по направлению вращения лопастных метателей 21. Над каждым из выгрузных окон можно установить съемный дефлектор параболической формы. Привод лопастных метателей 21 осуществляется посредством клиноременной передачи 10 от редуктора 15 и приводящего его гидромотора 14.

Разбрасывающий диск 4 приводится во вращательное движение гидромотором посредством редуктора 6. Для регулировки подачи материала на разбрасывающий диск в кузове 11 агрегата смонтированы балки 18, на которые крепится делитель 19 [5].

Целью настоящих экспериментальных исследований является определение основных параметров дополнительного разбрасывающего устройства для восполнения полосы посева между зонами действия основных разбрасыва-

ющих устройств в составе низкорамной машины для внесения гранулированных удобрений с комбинированными рабочими органами.

Исходя из поставленной цели, основными **задачами** считаем следующие:

- 1) обоснование конструктивных параметров разбрасывающего рабочего органа на вертикальной оси вращения;
- 2) определение зависимости равномерности распределения удобрений по ширине полосы посева с учетом работы основных разбрасывающих устройств.

Методика исследований. Решение поставленных задач осуществлялось посредством стандартных методик, позволяющих выбрать и обосновать конструктивные параметры разбрасывающего диска с учетом распределения материала крайними роторными рабочими органами.

Для стационарной проверки была собрана экспериментальная установка (рис. 2) с рабочими органами, конструкция которых аналогична соответствующим устройствам кузовного разбрасывателя, но отличающаяся принципом подачи материала к разбрасывающим устройствам. Удобрения к рабочим органам стационарной установки поступали самотеком через выгрузные отверстия бункера, расположенные в его задней и нижней поверхностях (рис. 2 в, г).

Таким образом, регулировка подачи материала на лабораторной установке осуществлялась путем перемещения регулировочных заслонок 11, 17, а удобрения поступали к рабочим органам самотеком из бункера через выгрузные отверстия.

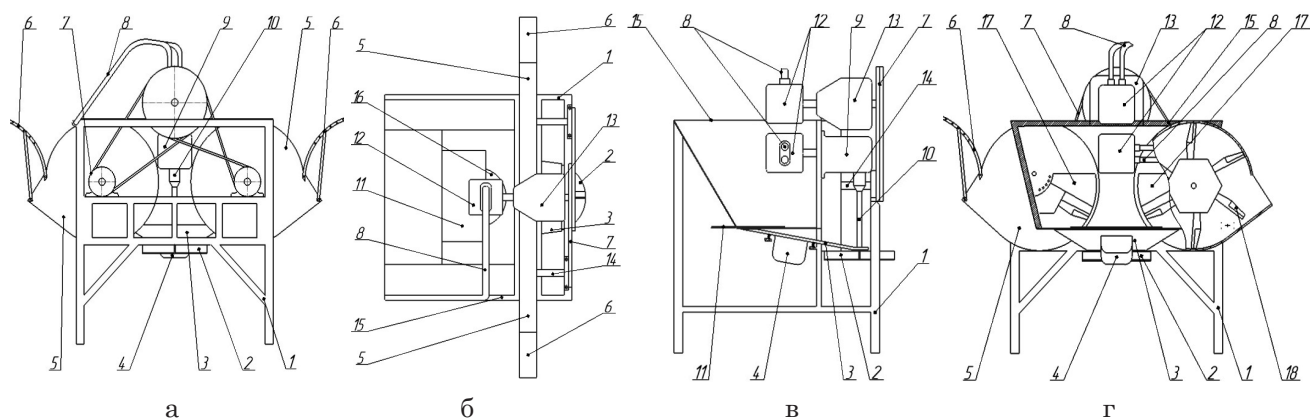


Рисунок 2 – Стационарная экспериментальная установка:

а – вид сзади; б – вид сверху; в – схема подачи удобрений к разбрасывающему диску; г – схема подачи удобрений к лопастным метателям; 1 – рама; 2 – разбрасывающий диск; 3 – питатель разбрасывающего диска; 4 – площадочный вибратор; 5 – кожухи лопастных метателей; 6 – дефлектор; 7 – клиноременная передача; 8 – маслопроводы; 9 – редуктор разбрасывающего диска; 10 – вал привода разбрасывающего диска; 11 – регулировочная заслонка разбрасывающего диска; 12 – гидромоторы; 13 – редуктор; 14 – валы привода роторов; 15 – бункер; 16 – выгрузное отверстие бункера; 17 – регулировочная заслонка роторов; 18 – лопастные метатели

В основу многофакторного эксперимента легли известные методические разработки и рекомендации, связанные с планированием эксперимента [4].

В соответствии с методикой проведения многофакторного эксперимента пробоотборники размером 0,5×0,5 м расставлялись на площади 40,5 м² в 9 рядов (рис. 3), далее был произведен рассев удобрений дополнительным разбрасывающим устройством в течение 30 секунд при различном сочетании факторов [6]. Впоследствии удобрения взвешивались с помощью весов M-ER 122ACF-3000.1.

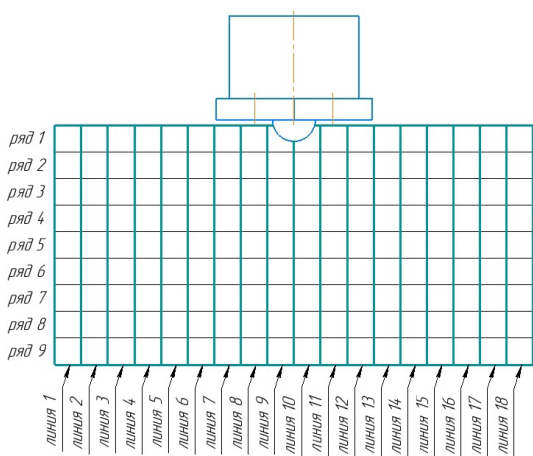


Рисунок 3 – Схема размещения пробоотборников при стационарных испытаниях разбрасывающего диска

Повторность опытов трехкратная при каждом требуемом методикой сочетании факторов (табл. 1).

Таблица 1 – Факторы, уровни и интервалы варьирования факторов

Натуральные значения	Уровень	Угол наклона лопасти относительно радиального положения, ψ , град.	Количество лопастей, шт.	Площадь загрузочного окна питателя разбрасывающего диска, S , см ²
	Нижний	-20	2	50
Базовый	5	3	100	
Верхний	25	4	150	
Кодированные обозначения		x_1	x_2	x_3
	Нижний	-	-	-
	Базовый	0	0	0
	Верхний	+	+	+

В качестве изменяемых факторов были приняты следующие:

- x_1 – угол наклона лопасти относительно радиального положения, ψ , град.;
- x_2 – количество лопастей, шт.;
- x_3 – площадь загрузочного окна питателя разбрасывающей тарелки, S , см².

Каждый из факторов рассматривался на трех уровнях: нижнем (-), базовом (0), верхнем (+).

Границы факторов x_1, x_2 определили, исходя из теоретических исследований, связанных с рассевом удобрений разбрасывающим диском [10]. Границы фактора x_3 определены, исходя из диапазона требуемых по агротехнологии доз внесения удобрений.

В качестве критерия оптимизации было решено использовать равномерность распределения удобрений по ширине захвата разбрасывателя гранулированных удобрений.

Равномерность распределения R , % удобрений определяется по формуле:

$$R = 100 \cdot \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n \cdot \bar{x}}}, \tag{1}$$

где x_i – масса удобрений в каждой i -ой линии пробоотборников;

\bar{x} – среднее значение массы удобрений по линии пробоотборников;

n – число линий пробоотборников (рис. 3).

Площадь загрузочного окна питателя разбрасывающей тарелки регулируется путем перемещения заслонки по рельсам (рис. 4) согласно заранее определенным отметкам.

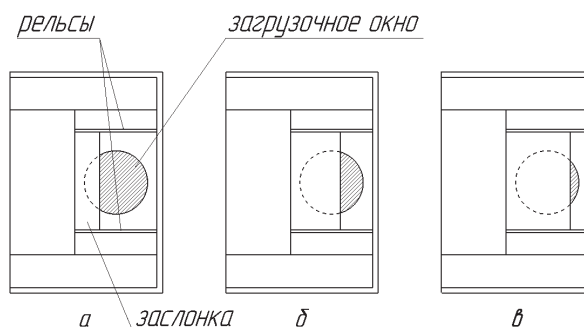


Рисунок 4 – Схема изменения положения заслонки:

а – верхний уровень; б – базовый уровень; в – нижний уровень

Площадь загрузочного окна вычисляли как площадь сегмента круга по формуле:

$$S = \frac{R^2 (\alpha - \sin(\alpha))}{2}, \tag{2}$$

где S – площадь загрузочного окна;

R – радиус выгрузного отверстия бункера;

α – угол сегмента, образованного положением заслонки.

$$\alpha = 2 \arccos \left(1 - \frac{h}{R} \right), \quad (3)$$

где h – высота сегмента.

Затем показатели распределения удобрений дополнительным разбрасывающим устройством складывались с показателями распределения удобрений лопастными метателями роторного типа в соответствующих пробоотборниках относительно центра машины [2]. По результатам опытов была решена оптимизационная задача с учетом всей ширины полосы распределения гранулированных удобрений.

Значения массы удобрений в каждом пробоотборнике суммировали по каждой линии пробоотборников. Затем полученные результаты накладывали на соответствующие показатели распределения удобрений роторными лопастными метателями [8], после чего вычисляли среднее значение массы удобрений по всей ширине захвата машины, а также равномерность распределения удобрений.

Результаты исследования. Согласно методике [4], для определения оптимального сочетания факторов был проведен полный факторный эксперимент, включающий 8 опытов.

В качестве исследуемого удобрения использовалась аммиачная селитра. Каждый опыт выполняли в трехкратной повторности (табл. 2).

После реализации матрицы планирования проводили проверку однородности дисперсий по G -критерию Кохрена [4]. Его значение в нашем случае составило $G = 0,2967$, что меньше табличного значения, найденного для $G_{0,05; 8; 2} = 0,5157$ [4]. Это говорит о возможности дальнейшего анализа экспериментальных данных, а также показывает достаточность точности замеров и выбранной повторности.

Полный статистический анализ эксперимента выполнили в программе STATGRAPHICS Plus v.2.1 (рис. 5).

В рамках дальнейшей обработки результатов реализации матрицы эксперимента рассчитали коэффициенты регрессии:

$$\begin{aligned} b_0 &= 80,55; b_1 = 2,93875; b_2 = 1,14125; \\ b_3 &= -0,10375; b_{12} = 0,47125; b_{23} = -0,67875; \\ b_{13} &= 0,55875; b_{11} = 0,248754; \\ b_{22} &= 0,248754; b_{33} = 0,24. \end{aligned}$$

В ходе проверки значимости коэффициентов регрессии по t -критерию Стьюдента получили следующие эмпирические значения t -критерия коэффициентов регрессии:

$$\begin{aligned} t_0 &= 350,02; t_1 = 12,77; t_2 = 4,96; t_3 = 0,45; \\ t_{12} &= 2,05; t_{23} = 2,95; t_{13} = 2,43; t_{11} = 1,08; \\ t_{22} &= 1,08; t_{33} = 1,04. \end{aligned}$$

Согласно [4], критическое значение критерия Стьюдента составляет $t_{0,05; 8; 2} = 2,12$. Таким образом, незначимыми являются коэффициенты $b_3, b_{12}, b_{11}, b_{22}, b_{33}$.

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты эксперимента по описанию поверхности отклика линейной моделью

Обозначение	Фактор			Равномерность распределения, %			
	x_1	x_2	x_3	Δy_1	Δy_2	Δy_3	Δy_{cp}
Базовый уровень (0)	5	3	100				
Интервал варьирования	25	1	50				
Верхний уровень (+)	30	4	150				
Нижний уровень (-)	-20	2	50				
Опыт 1	+	+	+	77,22	78,95	77,59	77,92
Опыт 2	+	+	-	80,50	82,12	83,46	82,02
Опыт 3	+	-	+	79,47	76,31	76,64	77,47
Опыт 4	+	-	-	76,51	75,64	75,91	76,02
Опыт 5	-	+	+	84,44	84,70	87,02	85,39
Опыт 6	-	+	-	83,81	85,71	83,75	84,42
Опыт 7	-	-	+	84,58	83,87	83,51	83,99
Опыт 8	-	-	-	83,81	82,63	82,97	83,14
Опыт 9	0	0	0	80,83	80,30	80,51	80,55

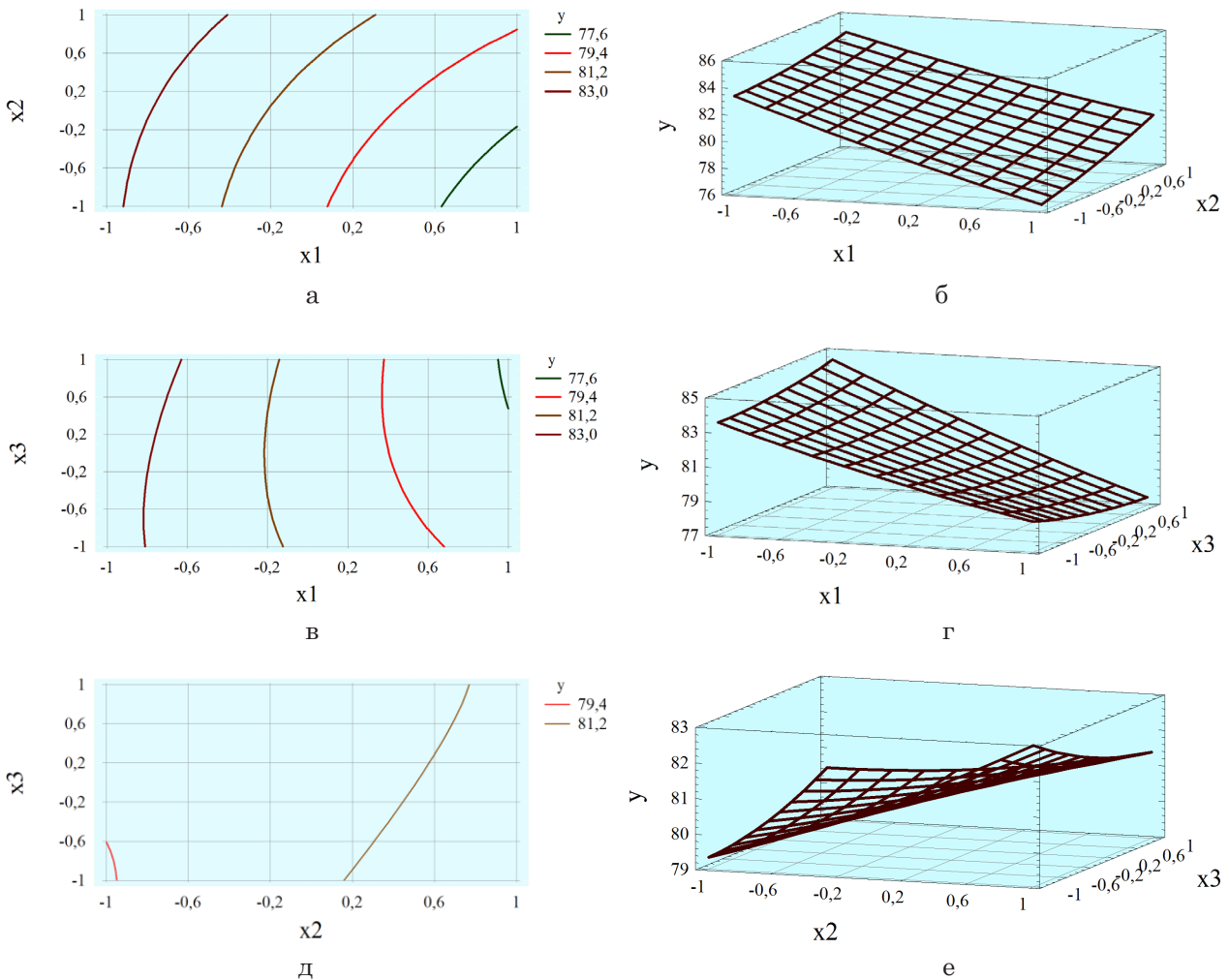


Рисунок 5 – Взаимные зависимости факторов:

а, б – зависимость угла наклона лопасти относительно радиального положения от количества лопастей; в, г – зависимость угла наклона лопасти относительно радиального положения; д, е – зависимость количества лопастей от площади загрузочного окна питателя разбрасывающего диска

После их исключения математическая модель процесса имеет вид:

$$\hat{y} = 80,55 + 2,93x_1 + 1,14125x_2 - 0,67875x_2x_3 - 0,55875x_1x_3. \quad (4)$$

Значения коэффициентов регрессии позволяют судить о степени влияния соответствующих факторов на параметры оптимизации. Анализ уравнения регрессии (4) показывает, что с увеличением угла наклона лопастей разбрасывающего диска (x_1) и количества лопастей (x_2) качество распределения удобрений растет. Повышение площади загрузочного окна питателя разбрасывающего диска (x_3) и, как следствие, подачи вносимого материала не оказывает значительного влияния на качество распределения удобрений.

Выводы. В соответствии с поставленными задачами в ходе экспериментальной проверки обоснованы конструктивные параметры раз-

брасывающего рабочего органа на вертикальной оси вращения в форме разбрасывающего диска, а также определена зависимость равномерности распределения удобрений по ширине полосы рассева с учетом работы основных разбрасывающих устройств и дополнительного разбрасывающего диска. Проведен многофакторный эксперимент с использованием стационарной установки, а также анализ результатов экспериментальных испытаний.

На основании экспериментальной проверки установлены следующие параметры дополнительного разбрасывающего диска: количество лопаток – 3 шт.; расположение лопаток – под углом 20° назад относительно хода вращения.

Список источников

1. Беседин Б. П. Исследование параметров роторного рабочего органа разбрасывателя органи-

минеральных удобрений: дис. ... канд. техн. наук / Беседин Борис Павлович. Курск, 2017. 160 с.

2. ГОСТ 28714-2007 Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний.

3. Коротков И. В. Рабочие органы разбрасывателей гранулированных удобрений // Наука молодых – будущее России: сборник научных статей 5-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых (10–11 декабря 2020 года), в 4 томах. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2020, Т. 4. С. 376–380.

4. Мельников С. В., Алешкин В. Р., Рошин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Ленинград: Колос, 1980. 168 с.

5. Патент № 2795993 Российская Федерация, МПК А01С 17/00. Двухбарабанный разбрасыватель гранулированных удобрений / Шварц А. А., Шварц С. А., Коротков И. В., Ветров И. Ю., Варавин В. И.; заявл. 05.07.2022; опубл. 16.05.2023. 7 с.

6. РТМ 23.2.36-73 Руководящий технический материал. Основы планирования эксперимента в сельскохозяйственных машинах. Москва: ВИСХОМ, 1974. 116 с.

7. Теоретическое исследование движения частиц минерального удобрения под воздействием шнекового разбрасывателя / О. Ф. Таныгин, В. Н. Трубников, И. В. Коротков, И. Ю. Ветров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (101). С. 128–133. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-101-3-128-133>.

8. Шварц А. А., Коротков И. В. Обоснование конструктивных параметров лопатки роторного рабочего органа разбрасывателя твердых удобрений // Тракторы и сельхозмашины. 2022. Т. 89. № 2. С. 133–140.

9. Потенциальные возможности органических удобрений в растениеводстве / А. А. Шварц, И. В. Коротков, И. Ю. Ветров [и др.] // Наука в центральной России. 2020. № 6. С. 21–29.

10. Shwarz A. Theoretical prerequisites for improving the body low loader granular fertilizer spreader / Shwarz Anatoly, Korotkov Ilya, Shwarz Sergey, Vetrov Ivan // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021), 2021, Volume 37, <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213700073>.

References

1. Besedin B. P. Issledovanie parametrov rotnogo rabocheho organa razbrasyvatel'ya organo-mineral'nykh udobrenij: dis. ... kand. tekhn. nauk / Besedin Boris Pavlovich. Kursk, 2017. 160 s.

2. GOST 28714-2007 Mashiny dlya vnesheniya tverdyyh mineral'nykh udobrenij. Metody ispytaniy.

3. Korotkov I. V. Rabochie organy razbrasyvatelej granulirovannykh udobrenij // Nauka molodyh – budushchee Rossii: sbornik nauchnykh statej 5-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii perspektivnykh razrabotok molodykh uchyonykh (10–11 dekabrya 2020 goda), v 4 tomah. Kursk: Yugo-Zap. gos. un-t, 2020, T. 4. S. 376–380.

4. Mel'nikov S. V., Aleshkin V. R., Roshchin P. M. Planirovanie eksperimenta v issledovaniyah sel'skohozyajstvennykh processov. Leningrad: Kolos, 1980. 168 s.

5. Patent № 2795993 Rossijskaya Federaciya, MPK A01C 17/00. Dvuhbarabannyj razbrasyvatel' granulirovannykh udobrenij / Shvarc A. A., Shvarc S. A., Korotkov I. V., Vetrov I. Yu., Varavin V. I.; zayavl. 05.07.2022; opubl. 16.05.2023. 7 s.

6. RTM 23.2.36-73 Rukovodyashchij tekhnicheskij material. Osnovy planirovaniya eksperimenta v sel'skohozyajstvennykh mashinah. Moskva: VISKHOM, 1974. 116 s.

7. Teoreticheskoe issledovanie dvizheniya chastic mineral'nogo udobreniya pod vozdejstviem shnekovogo razbrasyvatel'ya / O. F. Tanygin, V. N. Trubnikov, I. V. Korotkov, I. Yu. Vetrov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 3 (101). S. 128–133. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-101-3-128-133>.

8. Shvarc A. A., Korotkov I. V. Obosnovanie konstruktivnykh parametrov lopatki rotnogo rabocheho organa razbrasyvatel'ya tvyordyyh udobrenij // Traktory i sel'hozmashiny. 2022. T. 89. № 2. S. 133–140.

9. Potencial'nye vozmozhnosti organicheskikh udobrenij v rastenievodstve / A. A. Shvarc, I. V. Korotkov, I. Yu. Vetrov [i dr.] // Nauka v central'noj Rossii. 2020. № 6. С. 21–29.

10. Shwarz A. Theoretical prerequisites for improving the body low loader granular fertilizer spreader / Shwarz Anatoly, Korotkov Ilya, Shwarz Sergey, Vetrov Ivan // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021), 2021, Volume 37, <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213700073>.

Сведения об авторах:

В. А. Семькин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

В. Н. Трубников, кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-4831-0433>;

И. В. Коротков [✉], аспирант, <https://orcid.org/0000-0001-9509-3534>

Курский ГАУ, ул. Карла Маркса, 70, Курск, Россия, 305021

[✉]koro7kov@yandex.ru

Original article

EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE OPERATION OF AN ADDITIONAL DISTRIBUTION DISC FOR A GRANULATED FERTILIZER SPREADER

Vladimir A. Semykin, Vladimir N. Trubnikov, Ilya V. Korotkov✉

Kursk State Agrarian University, Kursk, Russia

✉koro7kov@yandex.ru

Abstract. *Modern intensive agriculture is impossible without the use of mineral, organic and organo-mineral fertilizers in granular form. The introduction of granular fertilizers is an operating process that depends on many factors: the design features of fertilizer machines, methods of application and transportation of the applied materials. The Department of Processes and Machines in Agroengineering of the Kursk State Agrarian University has accumulated experience in theoretical and practical implementation of scientific works on the rational use of energy machines for basic technological operations related to the introduction of granulated fertilizers. A sample of a low-frame granulated fertilizer spreader with two main rotor-type spreaders and an additional spreader has been developed. The purpose of these studies is to experimentally verify and determine the main parameters of an additional spreading device to replenish the sieving band between the zones of operation of the main spreading devices. In the course of the work, the design parameters of the spreading working body on the vertical axis of rotation – in the form of a spreading disc – were substantiated, and the dependence of the uniformity of the distribution of fertilizers over the width of the sowing strip was determined, taking into account the operation of the main spreading devices and an additional spreading disc. A multifactorial experiment using a stationary installation was carried out, as well as an analysis of the results of experimental tests. The design of an additional spreading device has been installed, which allows the fertilizers to be distributed most evenly over a given seeding band.*

Key words: fertilizers, sieving, distribution, spreading disc, blades, granulated fertilizer spreader.

For citation: Semykin V. A., Trubnikov V. N., Korotkov I. V. Experimental evaluation of the operation of an additional distribution disc for a granulated fertilizer spreader. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy.* 2023; 4(76): 68-75. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_68-75.

Authors:

V. A. Semykin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

V. N. Trubnikov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-4831-0433>;

I. V. Korotkov✉, postgraduate student, <https://orcid.org/0000-0001-9509-3534>

Kursk State Agrarian University, 70 Karla Marksa St., Kursk, Russia, 305021

✉koro7kov@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 12.10.2023; одобрена после рецензирования 16.10.2023;

принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 12.10.2023; approved after reviewing 16.10.2023; accepted for publication 07.12.2023.

Научная статья

УДК 631.362.3-529:633.1

DOI 10.48012/1817-5457_2023_4_76-84

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ СОВРЕМЕННЫМИ ФОТОСЕПАРАТОРАМИ

Юдаев Игорь Викторович, Рожков Евгений Александрович ✉

ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, Краснодар, Россия

✉ zhenyacool31@yandex.ru

Аннотация. Наиболее эффективной технологией сепарации зерна на отдельные группы является оптико-электронная сортировка семян фотосепараторами. Цель исследования – провести сравнительный анализ существующих методов выделения селективных критериев и обнаружения дефектов семян пшеницы по изображению и оценить эффективность применения данных методов в современных оптико-электронных сортировщиках зерна (фотосепараторах). Был проведен анализ процесса идентификации дефектов аналитическим блоком установки, он состоит из нескольких этапов: получение и обработка изображения, фильтрация, выделение анализируемого объекта, выделение значимых областей объекта, определение заданных параметров. Для исследования точности работы существующих методов обнаружения дефектов семян были проведены исследования по разделению на группы двух партий зерна, по 100 штук в каждой, с помощью специализированного программно-аппаратного комплекса кафедры физики ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ. В результате проведенного исследования были рассмотрены особенности обнаружения дефектов семян пшеницы по изображению методом корреляции и с помощью преобразования Фурье, которые используются в современных фотосепараторах. Согласно полученным результатам, установкой принимается решение о принадлежности анализируемого объекта к той или иной группе. В результате проведенного экспериментального исследования по сравнению эффективности использования двух методов выделения дефектов семян пшеницы были рассчитаны погрешности и точность при разделении семян на группы с использованием вышеописанных методов. Установлено, что у каждого метода обнаружения дефектов семян пшеницы есть определенные особенности, однако оба метода основаны на принципах работы нейронных сетей и искусственного интеллекта и позволяют с достаточной точностью судить о принадлежности семян пшеницы к той или иной группе. Также было установлено, что усредненная точность корреляционного метода выделения дефектов составляет 90,6 %, а метода преобразования Фурье – 89,27 %.

Ключевые слова: изображение, распознавание, методы, семена, дефекты, сортировка, оптико-электронное зрение.

Для цитирования: Юдаев И. В., Рожков Е. А. Исследование методов обнаружения дефектов семян пшеницы по изображению современными фотосепараторами // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(76). С. 76-84. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_76-84.

Введение. В настоящее время сортировка сельскохозяйственной продукции, в том числе семенного материала, является важной задачей АПК. Связано это в первую очередь с влиянием качества семенного материала на всхожесть растений, а соответственно, и на объем получаемого урожая. Также стоит отметить, что от эффективности сепарации зерновой массы зависит срок ее хранения, что важно учитывать во время послеуборочной обработки зерна.

При выборе режимов работы и расчете рациональных параметров оптико-электронных сортировщиков зерна (фотосепараторов) важно учитывать не только технические характеристики оптического блока установки, но и ме-

тоды, с помощью которых осуществляется распознавание изображения и выделение селективных критериев. Данные критерии позволяют выделить дефекты анализируемого объекта и предоставляют аналитическому блоку информацию о принадлежности семени к той или иной группе [1].

При анализе изображения, полученного камерой в рабочей зоне фотосепаратора, важно выявить селективные критерии, на основе которых сортируемый семенной материал будет разделен на группы с максимальной точностью. Для достижения этого вначале необходимо определиться с требованиями, предъявляемыми к семенам [10]. Основными требова-

ниями, предъявляемыми к семенам, предназначенным для посева и использования в пищевой промышленности, являются: сортовая чистота (наличие семян сорных и сопутствующих культур); наличие посторонних примесей (камни, ворох, шелуха); поражение фитопатологиями (фузариоз, головня, септориоз и др.); влажность; размеры зерна, определяющие всхожесть и принадлежность семян к определенному классу.

Для сортировки зерновой массы на группы, согласно вышеперечисленным требованиям, фотосепараторы производят захват изображения анализируемого объекта и с помощью аналитического блока проводят распознавание семян. Согласно исследованию современных зерноочистительных оптико-электронных установок для сортировки сельскохозяйственной продукции, процесс распознавания семян и выделения селективных критериев проходит либо по бинарному (черно-белое изображение в градациях серого цвета), либо по цветному изображению анализируемого объекта [3].

Цель исследования – провести аналитический обзор существующих методов выделения селективных критериев и обнаружения дефектов семян пшеницы по изображению и оценить эффективность применения данных методов в современных оптико-электронных сортировщиках зерна (фотосепараторах).

Материалы и методы. Для обнаружения селективных критериев и дефектов анализируемого объекта изображение необходимо отфильтровать и нормализовать. Процесс распознавания изображения, полученного с фотокамеры оптико-электронного устройства, состоит из нескольких этапов: получение и обработка изображения; фильтрация; выделение анализируемого объекта; выделение значимых областей объекта; определение заданных параметров [2, 10].

При работе оптико-электронной установки для сортировки семян изображение, полученное в рабочей зоне анализа, может содержать шумы и иметь неравномерную яркость отдельных пикселей. Обработка таких изображений не может дать точного результата принадлежности объекта к той или иной группе. Первоначальное изображение должно быть отфильтровано, обрезано и нормализовано либо по частоте, либо в пространственной области [4, 6].

В целях повышения качества разделяемой зерновой массы и для дальнейшей обучаемости системы в программно-аппаратный комплекс задаются первоначальные селективные пара-

метры семян, которые зависят от вида и сорта сортируемой культуры. На основе данных параметров выстраиваются селективные критерии, извлечение которых связано с уменьшением размерности изображения и выделением отдельных областей и секторов анализа.

Таким образом, при калибровке семян, для сортировки зерна от примесей и семян других культур, в том числе сорных, при определении влажности наиболее эффективно использование черно-белого изображения семени в градациях серого цвета. Однако для определения фитопатологий важным селективным критерием разделения семян на группы являются цветовые параметры. Данные параметры помогают определить возбудитель фитопатологии не только на последней стадии, когда семена изменяют свои физические свойства (форма, размер, плотность), но и на ранней стадии поражения [5, 7].

Очевидно, что при работе фотосепаратора с цветным изображением анализируемого объекта производительность падает в 4–5 раз, потому что обработка изображения проходит в несколько каналов. На первом канале осуществляется обработка и анализ бинарного изображения семени для определения геометрических параметров объекта. На остальных каналах происходит работа с цветным изображением объекта, где определяется контрастность, яркость, насыщенность и другие цветовые параметры, количество которых зависит от выбранной цветовой модели. Однако стоит отметить, что методики выделения дефектов по цветному и бинарному изображению семян пшеницы очень близки друг к другу и основываются на принципах работы искусственного интеллекта и анализа изображений нейронными сетями [6].

В целях исследования эффективности использования вышеописанных методов оценки дефектов семян пшеницы было проведено экспериментальное исследование на специализированном программно-аппаратном комплексе для анализа и сортировки сельскохозяйственной продукции [9]. Согласно методике проведения эксперимента и на основе анализа научнотехнической литературы были выбраны следующие условия проведения экспериментального исследования:

1. Экспериментальное исследование состояло из 5 опытов по определению дефектов семян пшеницы.

2. В качестве экспериментальных образцов были выбраны 2 партии семян сорта Безо-

стая 100, по 100 шт. каждая. В каждой партии присутствовали 50 кондиционных семян пшеницы, не пораженных болезнями, не поврежденных и проверенных на наличие фитопатологий в лаборатории с помощью метода питательных сред. Также в этих зерновых группах были выбраны в лаборатории с помощью фитопатологической экспертизы 10 семян пшеницы, пораженных фузариозом, 10 семян, пораженных септориозом, и 10 поврежденных семян. В каждой партии семян пшеницы также присутствовали семена других культур: 10 семян ржи и 10 семян ячменя.

3. Исследование семян пшеницы проводилось двумя методами: корреляционным и методом преобразования Фурье с помощью специализированного программного обеспечения, разработанного на кафедре физики Кубанского ГАУ [8].

4. Сравнение рассматриваемых методов осуществлялось посредством оценки погрешностей в определении фитопатологий и повреждений семян пшеницы с помощью метода Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. В настоящее время в современных фотосепараторах используются методы выделения дефектов двух типов: с помощью корреляционного метода; с помощью преобразования Фурье.

Рассмотрим метод выделения дефектов на анализируемом объекте с помощью корреляционного метода. Корреляцией называется статистическая взаимосвязь двух или нескольких случайных величин (либо величин, которые можно с некоторой допустимой степенью точности считать таковыми). При этом изменения значений одной или нескольких из этих величин сопутствуют систематическому изменению значений другой или других величин. Математической мерой корреляции двух случайных величин служит коэффициент корреляции [7, 11].

Коэффициент корреляции (ρ) является статистической мерой, которая вычисляет силу взаимосвязи между относительными изменениями двух переменных. Значения коэффициента корреляции находятся в диапазоне от -1,0 до 1,0. Если расчетное число коэффициента корреляции получилось больше 1,0 или меньше -1,0, то произошла ошибка и требуется пересмотреть заданный ряд переменных. В зависимости от коэффициента корреляции различают следующие связи между переменными: $\rho = -1$ идеальная отрицательная связь; $\rho = +1$ идеальная положительная связь; $\rho = 0$ связь

между переменными отсутствует; $|\rho| < 0,3$ слабая связь; $0,3 \leq |\rho| < 0,5$ умеренная связь; $0,5 \leq |\rho| < 0,7$ значительная связь; $0,7 \leq |\rho| < 0,8$ достаточно тесная связь; $0,8 \leq |\rho| < 0,9$ сильная связь; $|\rho| \geq 0,9$ очень тесная связь.

С помощью коэффициента корреляции возможно определение взаимосвязи не только между случайными переменными, но и между двумя изображениями. Схема алгоритма обнаружения объекта на изображении и определения его дефектов с использованием коэффициента корреляции показана на рисунке 1.

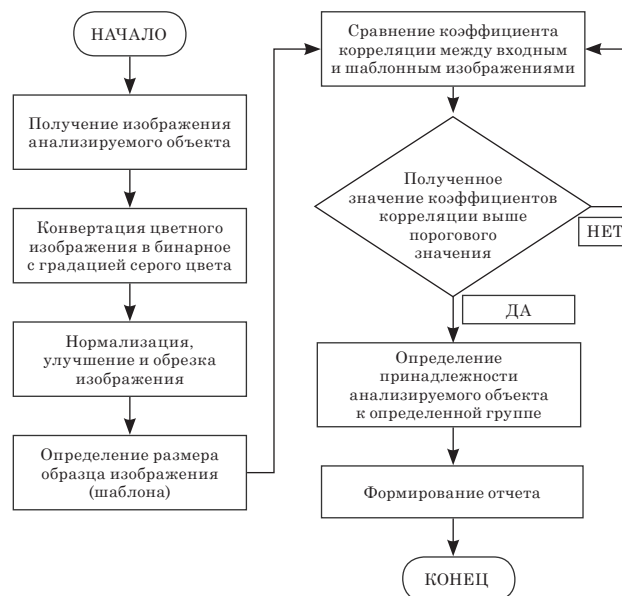


Рисунок 1 – Схема алгоритма обнаружения дефектов семян и селективных критериев с использованием коэффициента корреляции

Рассмотрим детально приведенный алгоритм обнаружения объекта на изображении и определения его дефектов с использованием коэффициента корреляции. Для нормальной работы алгоритма необходимо создать базу данных семян, в которой находятся шаблоны изображений зерна с указанием, к какой группе относится объект. Формирование базы данных можно сделать по различным селективным критериям: размерам семян, наличию фитопатологий, принадлежности к определенной культуре и сорту, наличию механических примесей. Так, на рисунке 2 приведен пример загрузки в базу данных шаблонов бинарных изображений семян пшеницы – кондиционных и поврежденных. Эта база данных загружается в программно-аппаратный комплекс и используется при работе алгоритма распознавания семян для дальнейшей их сортировки.

Первым этапом приведенного алгоритма является получение изображения анализиру-

емого объекта с камеры фотосепаратора. Далее изображение читается и преобразуется из цветного в бинарное с оттенками серого цвета. После преобразования изображение улучшается, обрезается и нормализуется с использованием выравнивания гистограммы. Также на этом этапе происходит преобразование полученного и шаблонного бинарных изображений в числовую матрицу I для проведения дальнейших математических вычислений [7]:

$$I = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}. \quad (1)$$



а) б)

Рисунок 2 – Шаблонные изображения семян пшеницы:
а) кондиционное, б) поврежденное

Каждый элемент матрицы показывает интенсивность (яркость) серого цвета пикселя изображения. В данной матрице m и n – количество пикселей по вертикали и по горизонтали соответственно, а элементы матрицы принимают значение от 0 до 255 в зависимости от интенсивности серого цвета пикселя.

Следующим этапом алгоритма является определение размеров шаблонного и входящего изображений в пикселях. Также на этом этапе происходит вычисление коэффициента корреляции между входным и шаблонным изображениями.

В ходе выполнения предшествующих этапов алгоритма мы получили два изображения, первое – входящее изображение $g(x,y)$, а второе – $s(i,j)$ – назовем шаблоном. В основном при использовании метода корреляции шаблон должен быть меньше размером, чем исследуемое изображение. Ширину шаблонного изображения в пикселях обозначим через w , а длину – через l . Значение функции корреляции изображения с шаблоном в точке (x,y) исходного изображения определяется по формуле [7]:

$$R_{gs}(x,y) = \sum_{i=0}^{w-1} \sum_{j=0}^{l-1} s(i,j) \times g\left(x+i-\frac{w}{2}, y+j-\frac{l}{2}\right). \quad (2)$$

Для того, чтобы найти коэффициент корреляции, используем следующее выражение:

$$\rho_{gs}(x,y) = \frac{R_{gs}(x,y)}{\sqrt{R_{gg}(x,y) R_{ss}\left(\frac{w}{2}, \frac{l}{2}\right)}}, \quad (3)$$

где R_{gg} и R_{ss} – автокорреляционные функции изображения и шаблона соответственно.

Данные функции определяются по следующим формулам [11]:

$$R_{gg}(x,y) = \sum_{i=x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} \sum_{j=y-\frac{l}{2}}^{y+\frac{l}{2}} g^2(i,j), \quad (4)$$

$$R_{ss}\left(\frac{w}{2}, \frac{l}{2}\right) = \sum_{i=0}^{w-1} \sum_{j=0}^{l-1} s^2(i,j). \quad (5)$$

Вычисляя полученные выражения для входящего и шаблонного изображений, получают коэффициент корреляции, который определяет взаимосвязь между изображениями. Если коэффициент корреляции по модулю меньше 0,5, то входящее изображение сравнивается с шаблонным изображением другой группы объектов (семян) и рассчитывается новое значение коэффициента. Согласно полученному значению, программа выбирает группу, в которой больше рассчитанный коэффициент корреляции, и отсортировывает анализируемый объект в эту группу [8, 9].

Данный метод широко используется в современных фотосепараторах. Однако у него есть недостаток – для реализации функции нормализации изображения составляется числовая матрица входящего и шаблонного изображений, и дальнейшие вычисления проводятся с ними. Это значительно увеличивает время обработки изображения.

Устранить данный недостаток возможно, используя для расчета коэффициента корреляции не числовые матрицы, а соотношение числа пикселей определенной яркости входящего и шаблонного изображений. Выражение для определения коэффициента корреляции примет вид:

$$\rho = L \times \sum_{i=0}^L (P_{gi} - P_{si}), \quad (6)$$

где L – число возможных значений интенсивности яркости пикселя (зачастую берется зна-

чение 256, которое соответствует 8 битам цветности);

P_{gi} и P_{si} – нормализованная интенсивность пикселей с яркостью i для входящего изображения анализируемого объекта и шаблона соответственно.

Нормализованные интенсивности яркости пикселей определяются по формулам [11]:

$$P_{gi} = \frac{N_{gi}}{N_g}, \quad (7)$$

$$P_{si} = \frac{N_{si}}{N_s}, \quad (8)$$

где N_{gi} и N_{si} – количество пикселей с интенсивностью яркости i ($i = 0, 1, 2, 3 \dots L$);

N_g и N_s – общее количество пикселей во входящем и шаблонном изображениях соответственно.

Пример использования данного алгоритма для отбраковки поврежденных семян приведен на рисунке 3.

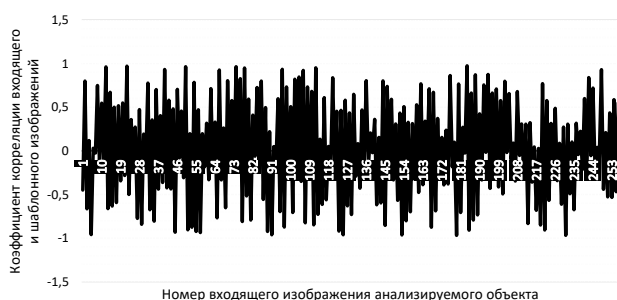


Рисунок 3 – Пример работы алгоритма выделения дефектов поврежденных семян с помощью корреляционного метода

Рассмотрим метод выделения дефектов на анализируемом объекте с помощью преобразования Фурье. Дискретное преобразование Фурье изображений – это одно из преобразований Фурье, широко применяемых в алгоритмах цифровой обработки сигналов, а также в других областях, связанных с анализом частот в дискретном сигнале. При необходимости распознавания изображения и поиска определенных заданных областей и дефектов анализируемого объекта преобразование Фурье используется как математическое средство анализа частотных характеристик различных сигналов [7].

Дискретные преобразования Фурье также активно используются в микроскопическом анализе, при анализе частотных рядов изображения. Существуют многомерные дискрет-

ные преобразования Фурье. Одним из важных при обработке и анализе изображения свойств преобразований Фурье является возможность быстрого вычисления корреляции двух функций, определенных либо на заданном промежутке, либо на замкнутом контуре. Для двумерных изображений дискретное преобразование Фурье используется в целях определения частотной области. Рассмотрим схему алгоритма выделения дефектов семян пшеницы фотосепаратором на анализируемом объекте с использованием преобразования, которая представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Схема алгоритма преобразования Фурье при обнаружении дефектов семян пшеницы

Первым этапом приведенного алгоритма, как и при методе корреляции, является получение изображения анализируемого объекта с камеры фотосепаратора. Далее изображение читается и преобразуется из цветного в бинарное с оттенками серого цвета. После преобразования изображение улучшается, обрезается и нормализуется с использованием выравнивания гистограммы для регулировки контрастности изображения путем изменения распределения интенсивности яркости пикселей изображения. После выполнения подготовительных операций программно-аппаратный комплекс определяет частотную область изображения, в результате чего мы получаем изображение в виде сложного числового матричного массива.

С помощью данной операции удаляются все низкие частоты изображения в частотной области. Далее происходит определение коэффициента корреляции входящего и шаблонно-

го изображений и, согласно результатам расчета, программно-аппаратным комплексом принимается решение о принадлежности анализируемого объекта к той или иной группе. Результат преобразования Фурье – изображение поврежденного семени пшеницы – приведен на рисунке 5.

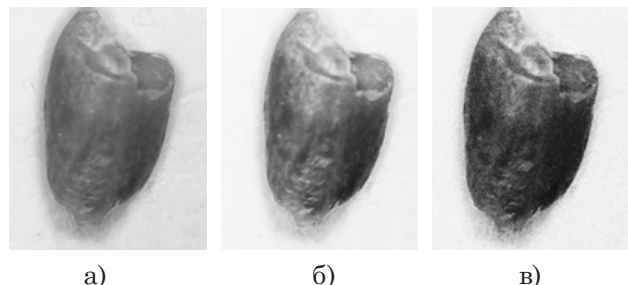


Рисунок 5 – Изображения, полученные с помощью преобразования Фурье при обнаружении дефектов семян пшеницы:

а) входное изображение анализируемого объекта; б) преобразованное изображение в частотной области; в) изображение после фильтрации и обработки с помощью преобразования Фурье

В результате проведенного экспериментального исследования на программно-аппаратном комплексе кафедры физики Кубанского ГАУ по сравнению эффективности использования двух методов выделения дефектов семян пшеницы были получены результаты, которые внесены в таблицу 1.

Проведем анализ полученных данных, используя методику расчета погрешностей Стьюдента. Для этого были проведены расчеты абсолютной (Δ) и относительной (δ) погрешностей для каждого из 5 опытов и для отдельных групп семян, а также было рассчитано среднеквадратичное отклонение (σ) результатов эксперимента для каждой из исследуемых групп семян. Результаты расчета погрешностей сведены в таблицу 2.

Из проведенных расчетов погрешностей видно, что точность корреляционного метода выделения дефектов составляет 90,6 %, а метода выделения дефектов с помощью преобразования Фурье – 89,27 %. Однако стоит отметить, что точность работы того или иного метода зависит от селективных признаков. Так, например, при разделении семенного материала на группы по признаку наличия фузариоза метод преобразования Фурье имеет точность 92 %, а корреляционный метод – 88 %. Таким образом, в современных фотосепараторах целесообразно комплексное использование нескольких методов выделения дефектов се-

мян. Это позволяет достичь высоких показателей точности разделения семенного материала на группы независимо от селективных признаков, используемых при работе оборудования.

Таблица 1 – Результаты экспериментального сравнения эффективности использования методов выделения дефектов семян

Группа семян	Корреляционный метод выделения дефектов			Метод выделения дефектов с помощью преобразования Фурье		
	Общее количество семян группы	Семена данной группы	Семена из других групп	Общее количество семян группы	Семена данной группы	Семена из других групп
Кондиционные семена пшеницы	50	47	3	50	47	3
		49	1		45	5
		48	2		49	1
		49	1		47	3
		46	4		46	4
Поврежденные семена пшеницы	10	7	3	10	9	1
		8	2		9	1
		10	0		10	0
		9	1		9	1
		10	0		10	0
Семена пшеницы, пораженные фузариозом	10	9	1	10	9	1
		7	3		9	1
		10	0		8	2
		8	2		10	0
		10	0		10	0
Семена пшеницы, пораженные септориозом	10	10	0	10	8	2
		9	1		8	2
		10	0		7	3
		9	1		9	1
		7	3		8	2
Семена ржи	10	10	0	10	9	1
		7	3		9	1
		10	0		8	2
		9	1		10	0
		9	1		8	2
Семена ячменя	10	10	0	10	9	1
		9	1		8	2
		9	1		9	1
		8	2		8	2
		10	0		10	0

Таблица 2 – Результаты расчета погрешностей в выделении дефектов семян и определении их принадлежности к определенной группе

Группа семян	Корреляционный метод выделения дефектов		Метод выделения дефектов с помощью преобразования Фурье	
	δ , %	σ , шт.	δ , %	σ , шт.
Кондиционные семена пшеницы	4,40	2,49	6,40	3,46
Поврежденные семена пшеницы	12,00	1,67	6,00	0,77
Семена пшеницы, пораженные фузариозом	12,00	1,67	8,00	1,10
Семена пшеницы, пораженные септориозом	10,00	1,48	20,00	2,10
Семена ржи	8,33	1,48	11,67	1,41
Семена ячменя	9,88	1,10	12,15	1,41
Среднее значение	9,40	1,65	10,73	1,71

Выводы. В результате аналитического исследования методов обнаружения дефектов семян пшеницы по изображению современными фотосепараторами было установлено, что для распознавания изображений семян пшеницы и выделения селективных критериев используют два метода: с помощью корреляции; с помощью преобразования Фурье. Нами были рассмотрены основные этапы проведения анализа изображения в каждом из представленных методов. Таким образом, было установлено, что у каждого метода есть определенные особенности, однако оба метода основаны на принципах работы нейронных сетей и искусственного интеллекта и позволяют с достаточной точностью судить о принадлежности семян пшеницы к той или иной группе.

По итогам проведенного экспериментального исследования по сравнению эффективности использования двух методов выделения дефектов семян пшеницы было установлено, что точность корреляционного метода выделения дефектов составляет 90,6 %, а метода преобразования Фурье – 89,27 %. Также было установлено, что рационально комплексное использование вышеописанных методов при настройке оптико-электронных сортировщиков семенного материала. Стоит отметить, что, так как вы-

шеописанные методы тесно связаны с работой нейронных сетей, то точность может быть увеличена с течением времени за счет самообучаемости программного обеспечения и расширения базы данных сортируемых семян.

Список источников

1. Ариничев И. В., Полянских С. В., Ариничева И. В. Семантическая сегментация ржавчин и пятнистостей пшеницы // Компьютерная оптика. 2023. Т. 47, № 1. С. 118–125.
2. Веселов Е. А., Артюхова М. А., Линецкий Б. Л. Анализ методов выделения контуров объектов при обработке изображений печатного узла в системах контроля качества автоматической оптической инспекции // Качество. Инновации. Образование. 2015. № 9 (124). С. 17–24.
3. Лебедев Д. В., Рожков Е. А. Оптико-электронный анализ семян пшеницы на предмет наличия фузариоза // Год науки и технологий 2021: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 09–12 февраля 2021 года / Отв. за выпуск А. Г. Кощаев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, 2021. С. 145.
4. Лебедев Д. В., Рожков Е. А., Рудь Е. Е. Зависимость качества изображения объекта от угла наклона камеры фотосепаратора // Сельский механизатор. 2022. № 1. С. 28–29.
5. Лебедев Д. В., Курзин Н. Н., Рожков Е. А. Параметры распознавания семян кукурузы по цвету оптико-электронным методом // Сельский механизатор. 2022. № 1. С. 26–27.
6. Мирошниченко М. А., Абдуллаева А. А., Сивинцева К. К. Применение искусственного интеллекта – современное технологическое решение в условиях цифровой экономики России // Вестник Академии знаний. 2023. № 1 (54). С. 393–399.
7. Ньян Вин Хтет. Информационная система контроля качества производства многослойных тканых материалов на основе обработки их изображений: специальность 05.13.01 "Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)": дис. ... канд. техн. наук / Ньян Вин Хтет. Москва, 2020. 113 с.
8. Оптико-электронная установка для подсчета семян сельскохозяйственных культур / Е. А. Рожков, Н. Н. Курзин, Д. В. Лебедев, В. А. Безверхий // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67, № 3 (40). С. 115–119.
9. Рожков Е. А., Лебедев Д. В. Разработка оптико-электронной установки для анализа и сортировки зерновой продукции // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68, № 2 (43). С. 68–77.
10. Рожков Е. А., Лебедев Д. В. Оптико-электронный экспресс-анализ семенного материала; ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ им. И. Т. Трубилина. – 2-е изд., перераб. и доп. Краснодар: РОСТ, 2022. 108 с.

11. Сайфудинов И. И. Модель, численный метод и комплекс программ выделения информативных областей на изображениях с использованием сети значимости: специальность 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»: дис. ... канд. техн. наук / Сайфудинов И. И. Казань, 2019. 185 с.

12. Ситников В. В., Люминарский В. В., Коробейников А. В. Обзор методов распознавания объектов, используемых в системах машинного зрения // Вестник ИжГТУ им. М. Т. Калашникова. 2018. Т. 21, № 4. С. 222–229.

References

1. Arinichev I. V., Polyanskiy S. V., Arinicheva I. V. Semanticheskaya segmentatsiya rzhavchin i pyatnistostej pshenicy // Komp'yuternaya optika. 2023. Т. 47, № 1. С. 118–125.

2. Veselov E. A., Artyuhova M. A., Linekij B. L. Analiz metodov vydeleniya konturov ob'ektov pri obrabotke izobrazhenij pechatnogo uzla v sistemah kontrolya kachestva avtomaticheskoy opticheskoy inspekcii // Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie. 2015. № 9 (124). С. 17–24.

3. Lebedev D. V., Rozhkov E. A. Optiko-elektronnyj analiz semyan pshenicy na predmet nalichiya fuzarioza // God nauki i tekhnologii 2021: materialy Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Krasnodar, 09–12 fevralya 2021 goda / Otv. za vypusk A. G. Koshchayev. Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. I. T. Trubilina, 2021. С. 145.

4. Lebedev D. V., Rozhkov E. A., Rud' E. E. Zavisimost' kachestva izobrazheniya ob'ekta ot ugla naklona kamery fotoseparatora // Sel'skij mekhanizator. 2022. № 1. С. 28–29.

5. Lebedev D. V., Kurzin N. N., Rozhkov E. A. Parametry raspoznavaniya semyan kukuruzy po cvetu

optiko-elektronnyj metodom // Sel'skij mekhanizator. 2022. № 1. С. 26–27.

6. Miroshnichenko M. A., Abdullaeva A. A., Svinceva K. K. Primenenie iskusstvennogo intellekta – sovremennoe tekhnologicheskoe reshenie v usloviyah cifrovoj ekonomiki Rossii // Vestnik Akademii znaniy. 2023. № 1 (54). С. 393–399.

7. N'yan Vin Htet. Informacionnaya sistema kontrolya kachestva proizvodstva mnogoslownykh tkanykh materialov na osnove obrabotki ih izobrazhenij: special'nost' 05.13.01 "Sistemnyj analiz, upravlenie i obrabotka informacii (po otraslyam)": dis. ... kand. tekhn. nauk / N'yan Vin Htet. Moskva, 2020. 113 s.

8. Optiko-elektronnaya ustanovka dlya podscheta semyan sel'skohozyajstvennykh kul'tur / E. A. Rozhkov, N. N. Kurzin, D. V. Lebedev, V. A. Bezverhij // Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK. 2020. Т. 67, № 3 (40). С. 115–119.

9. Rozhkov E. A., Lebedev D. V. Razrabotka optiko-elektronnoj ustanovki dlya analiza i sortirovki zernovoy produkcii // Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK. 2021. Т. 68, № 2 (43). С. 68–77.

10. Rozhkov E. A., Lebedev D. V. Optiko-elektronnyj ekspress-analiz semennogo materiala; FGBOU VO Kubanskij GAU im. I. T. Trubilina. – 2-e izd., pererab. i dop. Krasnodar: ROST, 2022. 108 s.

11. Sajfudinov I. I. Model', chislennyj metod i kompleks programm vydeleniya informativnykh oblastej na izobrazheniyah s ispol'zovaniem seti znachimosti: special'nost' 05.13.18 «Matematicheskoe modelirovanie, chislennyye metody i komplekсы программ»: diss. ... kand. tekhn. nauk / Sajfudinov I. I. Kazan', 2019. 185 s.

12. Sitnikov V. V., Lyuminarskij V. V., Korobeynikov A. V. Obzor metodov raspoznavaniya ob'ektov, ispol'zuemykh v sistemah mashinnogo zreniya // Vestnik IzhGTU im. M. T. Kalashnikova. 2018. Т. 21, № 4. С. 222–229.

Сведения об авторах:

И. В. Юдаев, доктор технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-3435-4873>;

Е. А. Рожков [✉], старший преподаватель

ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, ул. Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044

[✉]zhenyacool31@yandex.ru

Original article

INVESTIGATION OF METHODS FOR DETECTING DEFECTS OF WHEAT SEEDS BY IMAGE WITH MODERN PHOTO SEPARATORS

Igor V. Yudaev, Evgeniy A. Rozhkov [✉]

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

[✉]zhenyacool31@yandex.ru

Abstract. *The most effective technology of grain separation into separate groups is optoelectronic sorting of seeds by photo separators. The purpose of the research is to perform an analytical review of the existing methods for the identification of selective criteria and defects detection of wheat seeds by image and to evaluate the effectiveness of the application of these methods in modern optoelectronic grain sorters (photo separators). The analysis of the*

process of identifying defects by the analytical unit of the installation was carried out, it consists of several stages: image acquisition and processing; filtering; selection of the analyzed object; selection of significant areas of the object; determination of the set parameters. To study the accuracy of the existing methods for detecting seed defects, studies were conducted on the division into groups of two batches of grain of 100 pieces each using a specialized hardware and software complex of the Physics Department of the Kuban State Agrarian University. As a result of the study, the features of detecting defects in wheat seeds by the correlation method and using the Fourier transform, which are used in modern photo separators, were considered. According to the results obtained, the installation makes a decision on whether the analyzed object belongs to a particular group. As a result of an experimental study on comparing the effectiveness of using two methods for identifying wheat seed defects, errors and accuracy were calculated when dividing seeds into groups using the methods described above. It has been found that each method of detecting wheat seed defects has certain features, however, both methods are based on the principles of neural networks and artificial intelligence and allow us to judge with sufficient accuracy whether wheat seeds belong to a particular group. It has also been found that the average accuracy of the correlation method for identifying defects is 90.6 %, and the Fourier transform method is 89.27 %.

Key words: image, detection, methods, seeds, defects, sorting, optoelectronic vision.

For citation: Yudaev I. V., Rozhkov E. A. Investigation of methods for detecting defects of wheat seeds by image with modern photo separators. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2023; 4(76): 76-84. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2023_4_76-84.

Authors:

I. V. Yudaev, Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-3435-4873>;

E. A. Rozhkov✉, Senior Lecturer

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Kalinina St., 13, Krasnodar, Russia, 350044

✉ zhenyacool31@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 06.09.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023;

принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 06.09.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 07.12.2023.