

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



ИЖГСХА

ВЕСТНИК

Ижевской государственной
сельскохозяйственной академии

№ 3 (71) 2022



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 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

Подписано в печать 23.09.2022 г.
Дата выхода в свет 30.09.2022 г.
Формат 60×84/8. Тираж 500 экз.
Заказ № 8510. Цена свободная.

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022

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. Коконов*

Члены редакционного совета:

А. М. Ленточкин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Т. Ю. Бортник – доктор сельскохозяйственных наук, доцент
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Т. А. Бабайцева – доктор сельскохозяйственных наук, доцент
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

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 КазНИЦ 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

А. И. Любимов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

С. Л. Воробьева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

С. Д. Батанов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

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

С. В. Карамаяев – 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
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

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

И. Г. Конопельцев – доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО Вятская ГСХА

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 ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

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

С. И. Юран – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Н. П. Кондратьева – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

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

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 database of
the Russian science citation index
and in the international scientific
information database AGRIS

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

Signed for printing 23 September 2022.
Publication – 30 September 2022.
Format 60×84/8. Printing 500 iss.
Order № 8510. Free price.

© Izhevsk State Agricultural Academy,
2022

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,
Izhevsk State Agricultural Academy

T. Yu. Bortnik – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy

T. A. Babaytseva – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy

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

"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,
Izhevsk State Agricultural Academy

S. L. Vorobyeva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy

S. D. Batanov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy

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,
Izhevsk State Agricultural Academy

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

I. G. Konopeltsev – Doctor of Veterinary Science, Professor,
Vyatka State Agricultural Academy

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,
Izhevsk State Agricultural Academy

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, Izhevsk State Agricultural Academy

N. P. Kondratyeva – Doctor of Technical Sciences, Professor,
Izhevsk State Agricultural Academy

I. V. Yudaev – Doctor of Technical Sciences, Professor,
Donskoy 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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

В. И. Блохин, И. Ю. Никифорова, И. С. Ганиева, М. А. Ланочкина, Ю. В. Малафеева Засухоустойчивость сортов ярового ячменя в условиях Предкамья Республики Татарстан	4
А. Л. Латыпова, Л. Г. Цёма Особенности сортовой реакции растений картофеля на выращивание в искусственных условиях на аэропонных установках	12
О. В. Коробейникова, Т. А. Строт Влияние стимуляторов роста растений на урожайность, поражённость шейковой гнилью и качество лука репчатого.	20
А. С. Федорова, С. Л. Воробьева, М. И. Васильева Физико-химические показатели меда при использовании протеинсодержащего антиоксиданта в качестве подкормки для пчелиных семей	28
Л. Ф. Хамитова, А. Н. Ильина Анализ сохранности репродуктивных качеств крупного рогатого скота	35
М. Р. Кудрин, И. Н. Иванов Значение элементов поведения коров при производстве молока	43

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

А. Г. Иванов, А. П. Бодалев, А. А. Ломаев Лабораторное обоснование расстановки рабочих органов на раме тяжелой зубопружинной бороны	50
А. Г. Ипатов, А. Г. Иванов, А. В. Малинин Повышение эффективности работы турбокомпрессора модификацией подшипниковых сопряжений	59
А. А. Сергеев, А. Б. Спиридонов, О. В. Поробова Разработка технологии переработки отходов пластика для получения брусчатки с оптимальными механическими свойствами	64

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

V. I. Blokhin, I. Yu. Nikiforova, I. S. Ganieva, M. A. Lanochkina, Yu. V. Malafeeva Drought tolerance of spring barley varieties in the Pre-Kama conditions of the Republic of Tatarstan	4
A. L. Latypova, L. G. Tsema Potato variety responses to cultivation in artificial conditions on aeroponic facilities.	12
O. V. Korobejnikova, T. A. Strot The effect of plant growth stimulants on yield, neck rot infestation and quality of onion.	20
A. S. Fedorova, S. L. Vorobieva, M. I. Vasilyeva Physical and chemical parameters of honey when using protein-containing antioxidant as feeding for bee colonies	28
L. F. Khamitova, A. N. Plyina Analysis of cattle fertility preservation	35
M. R. Kudrin, I. N. Ivanov The importance of cow behavior patterns in milk production	43

TECHNICAL SCIENCES

A. G. Ivanov, A. P. Bodalev, A. A. Lomaev Laboratory justification of the working bodies arrangement on the frame of a heavy spring-loaded harrow	50
A. G. Ipatov, A. G. Ivanov, A. V. Malinin Improvement of operational efficiency of turbocharger by means of bearing interfaces modification	59
A. A. Sergeev, A. B. Spiridonov, O. V. Porobova Development of technology of recycling plastic waste for producing paving stones with optimal mechanical properties	64

ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Блохин Василий Иванович¹✉, Никифорова Ирина Юрьевна²,
Ганиева Ирина Сергеевна³, Ланочкина Марина Александровна⁴,
Малафеева Юлия Викторовна⁵

^{1,2,3,4,5}ТАТНИИСХ-ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

¹bvikazan@bk.ru

Аннотация. Наибольший ущерб растениям ячменя наносят засухи. Если экстремальные гидро-термические условия воздействуют на рост и развитие растений в течение всего периода вегетации, то в таких случаях имеет место значительная депрессия всех компонентов продуктивности растений. Выявлено влияние экстремально засушливых условий межфазных периодов («всходы – кущение»), «кущение – выход в трубку», «выход в трубку – колошение», «колошение – полная спелость» вегетации растений ярового ячменя на величину элементов структуры урожая. Приведена сравнительная характеристика величины элементов структуры урожая в острозасушливых и в благоприятных условиях по среднесуточной температуре и влагообеспеченности периода вегетации. Максимальный уровень депрессии (25,6 %) отмечен у интегрального показателя «урожайность зерна». Выявлено, что одним из агротехнических приемов, минимизирующих проявление засушливых условий, является внесение минеральных удобрений. Методом двухфакторного дисперсионного анализа установлены значимые эффекты сорта, фона минеральных удобрений и их взаимодействия на показатель «урожайность зерна». Анализ доли вкладов каждого из факторов показал, что в экстремально засушливых условиях периода вегетации 2021 г. на долю сорта приходится 11,3 %, на уровень питания 61,3 % и на специфическое взаимодействие 8,9 %. Обнаружена различная реакция сортов на внесение минеральных удобрений. Максимальная прибавка на фоне минеральных удобрений отмечена у позднеспелых сортов Тиммерхан, Эндан и Лашиевский, характеризующихся более низкими значениями реализации потенциальной продуктивности (80,6; 83,9; 80,4 % соответственно), более высокими показателями варианты специфической адаптивной способности (0,42; 0,38; 0,38 соответственно) и более низкими значениями относительной стабильности генотипов (33,9; 27,1; 31,6 % соответственно). Установлено, что урожайность зерна положительно достоверно на 5 % уровне значимости коррелирует с продуктивной кустистостью ($r = 0,51$), с числом зерен главного колоса ($r = 0,55$), с массой зерна главного колоса ($r = 0,53$). В острозасушливых условиях периода вегетации 2021 г. корреляционная связь урожайности зерна ярового ячменя с массой 1000 зерен не установлена ($r = 0,05$). Дисперсионным анализом обнаружено, что на фоне внесения минеральных удобрений в среднем по сортам достоверно увеличивались величины показателей: «продуктивная кустистость», «длина колоса», «число зерен главного колоса», «масса 1000 зерен», «масса зерна главного колоса», «урожайность зерна».

Ключевые слова: яровой ячмень; экстремальная засуха; этапы органогенеза; элементы структуры урожая; минеральные удобрения.

Для цитирования: Засухоустойчивость сортов ярового ячменя в условиях Предкамья Республики Татарстан / В. И. Блохин, И. Ю. Никифорова, И. С. Ганиева [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(71). С. 4-11. https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_4-11.

Актуальность. По данным Росстата за 2021 г. [16], в топ 7 регионов-лидеров по посевным площадям ячменя вошли Оренбургская, Ростовская и Волгоградская области (471,5; 328,5; 318,8 тыс. га соответственно), характеризующиеся условиями недостаточного, неустойчивого и крайне неустойчивого увлажнения [4, 7, 9]. На территории Воронежской области, занимающей четвертое место по посевным площадям (391,5 тыс. га), Т. Г. Голова и Л. А. Ершо-

ва [6] установили, что за период 2009–2018 гг. повышенный температурный фон после колошения стал обязательным и в первой половине вегетации ярового ячменя. На территории Республики Татарстан (РТ), занимающей первое место по посевным площадям (472,8 тыс. га), А. Б. Мустафиной [13] за период 1995–2017 гг. выявлено, что первая половина периода вегетации яровых зерновых сельскохозяйственных культур характеризуется тенденцией по-

вышения температуры воздуха и снижения количества атмосферных осадков. По данным О. Л. Шайтанова [20], линия тренда ГТК за последние 40 лет сместилась из области слабо засушливых и вошла в область засушливых лет, а доля засушливых лет по сравнению с прошлым веком повысилась на 10 %.

Наиболее распространенным по площади и эффекту воздействия на посевы сельскохозяйственных культур стрессовым фактором является засуха. Из всех видов засух максимальный ущерб урожаю наносит так называемая устойчивая засуха, проявление которой наблюдается в течение всего периода вегетации. Если экстремальные гидротермические условия воздействуют на рост и развитие растений в течение всего периода вегетации, то в таких случаях имеет место значительная депрессия синтетических и ростовых процессов и в итоге – всех компонентов продуктивности растений. Одним из агротехнических приемов, минимизирующих негативное проявление засушливых условий, является внесение минеральных удобрений [12].

Цель исследований: выявить и оценить засухоустойчивость сортов ярового ячменя в условиях Предкамья Республики Татарстан.

Задача исследований: оценить влияние экстремально засушливых условий межфазных периодов сортов ярового ячменя на величину элементов структуры урожая; выявить уровень депрессии элементов структуры урожая; оценить влияние минеральных удобрений в остро-засушливых условиях на величины урожайности зерна и элементы структуры урожая.

Материалы и методика исследований. Исследования проведены в контрастные по погодным условиям 2017 г. (влажный) и 2021 г. (сухой) на опытных полях Татарского НИИСХ, расположенных в Предкамской зоне Республики Татарстан. В эксперимент включены 8 сортов ярового ячменя, из них – 1 раннеспелый (Камашевский), 4 среднеспелых (Орлан, Нур, Раушан, Белгородский 100) и 3 позднеспелых сорта (Тимерхан, Эндан, Лаишевский) на двух фонах питания: фон I – контроль без удобрений и фон II – минеральные удобрения: аммиачную сели-

тру 100 и диаммофоску 250 кг/га вносили в разброс перед предпосевной культивацией. Норма высева 5,5 млн всхожих семян на гектар. Учетная площадь делянок 10 м². Повторность 4-кратная. Предшественник – озимая рожь.

Почва опытного участка серая лесная среднесуглинистая. Пахотный слой (0–22 см) характеризовался следующими агрохимическими показателями: гумус 3,35–3,52 % (ГОСТ 26213-91); азот щелочно-гидролизуемый 85,0–94,0 мг/кг (по А. Х. Корнфилду); подвижный фосфор 251–287 мг/кг и обменный калий 149–167 мг/кг (по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО; ГОСТ 26207-91); гидролитическая кислотность 3,7–5,9 ммоль/100 г (по методу Каппена в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212–91); рН солевая 5,3–5,7.

В период вегетации (ПВ) отмечали календарные даты основных фенологических фаз развития растений ярового ячменя: «всходы», «кущение», «выход в трубку», «колошение», «полная спелость». Метеорологические данные предоставлены метеостанцией ТатНИИСХ, расположенной в с. Большие Кабаны. Для оценки условий увлажнения использовали отношение количества осадков к испаряемости (ГТК Г. Т. Селянинова). Классификация типов увлажнения межфазных периодов на основе индексов ГТК для республики разработана О. Л. Шайтановым [21]. Элементы структуры урожая определяли у 20 растений каждого сорта. Обработку экспериментальных данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов по Г. Ф. Лакину [10]. Параметры адаптивной способности (σ_{CAC_i} – варианты специфической адаптивной способности, S_{gi} , % – относительная стабильность генотипа) рассчитывали по методике А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой [8].

Результаты исследований и их обсуждение. В 2021 г. в условиях Предкамской зоны РТ межфазные периоды вегетации растений ярового ячменя «всходы – кущение», «кущение – выход в трубку», «выход в трубку – колошение» и «колошение – полная спелость» характеризовались как экстремально засушливые ($ГТК \leq 0,3$), таблица 1.

Таблица 1 – Классификация типов увлажнения межфазных периодов развития растений ярового ячменя на основе индексов ГТК

Год	Всходы – кущение	Кущение – выход в трубку	Выход в трубку – колошение	Колошение – полная спелость	Всходы – колошение	Всходы – полная спелость
2017	2,53 избыточно влажный	0,73 сильно засушливый	2,40 избыточно влажный	0,88 засушливый	2,02 избыточно влажный	1,28 слабо засушливый
2021	0,0 – сухой	0,24 – сухой	0,10 – сухой	0,28 – сухой	0,13 – сухой	0,21 – сухой

Отклонение гидротермических показателей от оптимальных у растений подавляет развитие в первую очередь тех элементов структуры урожая, которые закладываются и формируются в этот период онтогенеза [15, 17]. Ф. М. Куперман и соавторы [23] детально охарактеризовали этапы органогенеза ячменя.

У ячменя боковые побеги закладываются на II этапе органогенеза, в межфазный период «всходы – кущение». Экстремально засушливые условия (ГТК = 0,0) данного межфазного периода резко снизили коэффициент продуктивной кустистости сортов ячменя (0,99 в среднем по опыту). Таким образом, в экстремальных гидротермических условиях образование боковых побегов было полностью приостановлено и урожай зерна ярового ячменя формировался только за счет главного побега. И. Н. Щенниковой [22] в условиях Кировской области и М. Н. Фоминой [19] в зоне Северного Зауралья при изучении перспективных сортов ячменя конкурсного испытания установлена достоверная на 5 % уровне значимости связь урожайности зерна с продуктивной кустистостью ($r = 0,71$ и $r = 0,40-0,95$ соответственно).

Гидротермические условия III и IV этапов органогенеза (межфазный период «кущение – выход в трубку») предопределяют число колосков в колосе и длину колоса. Последняя в острозасушливых условиях данного межфазного периода (ГТК = 0,24) составила в среднем по опыту 6,27 см. Т. А. Тимошенкова и Ф. Д. Самуилов [17] при изучении влияния морфологических признаков на урожайность сортов ярового ячменя в условиях степи Оренбургского Предуралья выявили заметное снижение длины колоса в засушливые годы у всех изучаемых сортов. Авторами установлена тесная функциональная зависимость урожайности зерна от длины колоса ($\eta = 0,856$).

В межфазный период «выход в трубку – колошение» (V–IX этапы органогенеза) происходит формирование цветков в колосе, половых клеток, цветение и оплодотворение. Период образования мужского гаметофита получил название «критического». Следствием влияния экстремально засушливых условий на растение в «критический» период является резкое снижение процента завязывания семян (из-за образования в этих условиях стерильной пыльцы) и развитие пустых (без семян) колосков [23]. В 2021 г. на постоянно экстремальном засушливом фоне мы наблюдали значительное снижение такого важного компонента урожая, как число зерен в колосе и массовую

стерильность верхних и нижних колосков. По данным С. Б. Лепехова [11], количество непродуктивных колосков в колосе яровой мягкой пшеницы при сильной засухе статистически значимо отрицательно сопряжено с массой зерна главного колоса (r = от -0,54 до -0,85). В условиях жесткой засухи установлена положительная корреляция урожайности зерна с количеством зерен в колосе ($r = 0,60$) [1].

Размеры зерновок и их масса определяются процессами, протекающими на последних (X–XII) этапах органогенеза, в межфазный период «колошение – полная спелость». В экстремально засушливых условиях данного межфазного периода (ГТК = 0,28) масса 1000 зерен составила в среднем по опыту 32,8 г. Н. Н. Анисимова и Е. В. Ионова [1] выявили, что в условиях модельной засухи вегетационного опыта «засушник» корреляционная связь урожайности зерна ярового ячменя с массой 1000 зерен практически отсутствует ($r = 0,07$).

Таким образом, в 2021 г. рост и развитие растений ярового ячменя от всходов до полной спелости протекали в условиях экстремальной засухи (ГТК = 0,21). Уровень урожайности зерна составил в среднем по опыту 1,13 т/га. В таблице 2 представлена сравнительная характеристика элементов структуры урожая 2017 и 2021 гг. Максимальный уровень депрессии (25,6 %) отмечен нами у интегрального показателя «урожайность зерна».

В острозасушливые и засушливые годы внесение полного минерального удобрения способствовало повышению урожайности ярового ячменя в среднем на 0,65; 1,04; 1,19 т/га [14, 15]. Многолетними исследованиями в многофакторном стационарном опыте Э. А. Гаевой [5] установлено, что во влажные годы отдача от внесения средних доз минеральных удобрений ярового ячменя составила 5,7–6,8 кг/зерн. ед., что на 7–30 % меньше, чем в засушливые годы.

В острозасушливых условиях 2021 г. на фоне минеральных удобрений (азот – 74, фосфор – 40, калий – 40 кг/га д.в.) урожайность зерна составила в среднем по опыту 1,54 т/га, что на 0,41 т/га выше, чем на фоне без удобрений. Нами выявлена реакция сортов на внесение минеральных удобрений. Максимальная прибавка на фоне минеральных удобрений отмечена у позднеспелых сортов Тимерхан, Эндан и Лаишевский (0,60; 0,54; 0,59 т/га соответственно). Данные сорта характеризовались более низкими значениями реализации потенциальной продуктивности (80,6; 83,9; 80,4 %,

соответственно), более высокими показателями варианты специфической адаптивной способности (0,42; 0,38; 0,38 соответственно) и более низкими значениями относительной стабильности генотипов (33,9; 27,1; 31,6 % соответственно). Методом двухфакторного дисперсионного анализа нами выявлены значимые эффекты сорта, фона и их взаимодействия на показатель «урожайность зерна». Анализ доли вкладов каждого из факторов показал, что в экстремально засушливых условиях периода вегетации 2021 г. на долю сорта приходится 11,3 %, на фоне удобрений составля-

ет 61,3 % и на специфическое взаимодействие приходится 8,9 % (табл. 3).

Урожайные данные 8 сортов на двух фонах мы сопоставили с элементами структуры урожая и установили, что урожайность зерна положительно достоверно на 5 % уровне значимости коррелирует с продуктивной кустистостью ($r = 0,51$), с числом зерен главного колоса ($r = 0,55$), с массой зерна главного колоса ($r = 0,53$). В острозасушливых условиях периода вегетации 2021г. корреляционная связь урожайности зерна ярового ячменя с массой 1000 зерен не установлена ($r = 0,05$) – таблица 4.

Таблица 2 – Элементы структуры урожая сортов ярового ячменя в 2017 и 2021 гг.

Сорт	Продуктивная кустистость		Длина колоса, см		Число зерен в колосе		Масса 1000 зерен, г		Масса зерна главного колоса, г		Урожайность зерна, т/га	
	2017 г.	2021 г.	2017 г.	2021 г.	2017 г.	2021 г.	2017 г.	2021 г.	2017 г.	2021 г.	2017 г.	2021 г.
Камашевский	1,51	1,09	7,1	5,5	20,3	15,4	53,1	33,3	1,08	0,51	4,19	1,23
Орлан	1,42	1,11	6,9	5,3	20,5	15,5	51,0	37,1	1,05	0,58	4,70	1,37
Раушан	1,36	1,01	8,8	6,6	21,1	15,8	41,5	29,1	0,88	0,46	3,83	1,15
Нур	1,38	1,08	8,5	6,3	21,2	15,9	47,0	28,9	1,00	0,46	4,31	1,21
Белгородский 100	1,37	0,97	8,9	5,6	21,4	15,8	53,0	31,9	1,13	0,50	5,09	1,12
Тимерхан	1,59	0,88	8,1	7,0	21,3	14,5	49,1	32,1	1,05	0,47	5,15	0,95
Эндан	1,49	0,91	7,7	6,3	23,8	14,1	54,6	34,8	1,30	0,49	4,16	1,14
Лаишевский	1,63	0,88	9,0	7,6	24,8	13,8	44,5	34,8	1,10	0,48	3,92	0,89
Средние значения	1,47	0,99	8,12	6,27	21,8	15,1	49,22	32,75	1,07	0,49	4,42	1,13
Депрессия, % к уровню 2017 г.	–	67,3	–	77,2	–	69,3	–	66,5	–	46,1	–	25,6

Таблица 3 – Урожайность зерна на двух фонах, параметры адаптивной способности сортов ярового ячменя, данные 2021 г.

Сорт	Урожайность зерна, т/га				РПП, %	σ_{CAC_i}	Sgi, %
	фон I	фон II	среднее	разность II - I			
Камашевский	1,23	1,49	1,36	0,26	91,3	0,18	13,5
Орлан	1,37	1,65	1,51	0,28	91,5	0,19	13,1
Раушан	1,15	1,54	1,35	0,39	87,7	0,28	20,9
Нур	1,21	1,41	1,31	0,20	92,9	0,14	10,8
Белгородский 100	1,12	1,48	1,30	0,36	87,8	0,25	19,6
Тимерхан	0,95	1,55	1,25	0,60	80,6	0,42	33,9
Эндан	1,14	1,68	1,41	0,54	83,9	0,38	27,1
Лаишевский	0,89	1,48	1,19	0,59	80,4	0,38	31,6
Среднее	1,13	1,54*	–	0,41	–	–	–
НСР _{0,05}	0,03		–		–		

Примечание: символом «*» выделены достоверно высокие значения; РПП – реализация потенциальной продуктивности; σ_{CAC_i} – вариация специфической адаптивной способности; Sgi – относительная стабильность генотипа.

Таблица 4 – Зависимость урожайности зерна ярового ячменя от элементов структуры

Показатели	<i>r</i>
Продуктивная кустистость	0,51*
Длина колоса, см	0,31
Число зерен главного колоса	0,55*
Масса зерна главного колоса, г	0,53*
Масса 1000, г	0,05

Примечание: *r* – коэффициент корреляции; символом «*» выделены значимые на уровне $P = 0,05$ значения.

По данным [2, 3], внесение минеральных удобрений способствует увеличению числа зерен главного колоса, продуктивной кустистости, длины колоса и массы 1000 зерен. Дисперсионным анализом нами установлено, что на фоне минеральных удобрений в среднем по сортам достоверно увеличивались величины показателей: «продуктивная кустистость» (1,21), «длина колоса» (7,04 см), «число зерен главного колоса» (17,4), «масса 1000 зерен» (34,96 г), «масса зерна главного колоса» (0,61 г) – таблица 5.

Таблица 5 – Средние показатели элементов структуры урожая сортов на двух фонах, 2021 г.

Фон	Продуктивная кустистость	Длина колоса, см	Число зерен главного колоса	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна главного колоса, г
Фон I	0,99	6,27	15,1	32,75	0,49
Фон II	1,21*	7,04*	17,4*	34,96*	0,61*
НСР _{0,05}	0,15	0,66	1,70	2,11	0,07

Примечание: символом «*» выделены достоверно высокие значения.

Заключение. Таким образом, экстремально засушливые условия межфазных периодов вегетации растений ярового ячменя 2021 г., совпадающие с тем или иным этапом органогенеза, позволили оценить уровень депрессии элементов структуры урожая. Максимальный уровень депрессии (25,6 % к уровню 2017 г.) отмечен у интегрального показателя «урожайность зерна».

Дисперсионным анализом установлено, что на удобренном фоне в среднем по сортам достоверно увеличивались величины показателей: «продуктивная кустистость», «длина колоса», «число зерен главного колоса», «мас-

са 1000 зерен», «масса зерна главного колоса», «урожайность зерна». Таким образом, установлено, что одним из агротехнических приемов, минимизирующих негативное проявление экстремальных засух, является внесение минеральных удобрений.

Сведения об источнике финансирования

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.

Список источников

1. Анисимова Н. Н., Ионова Е. В. Элементы структуры урожая сортов ярового ячменя и их вклад в формирование высокой продуктивности растений // *Зерновое хозяйство России*. 2016. № 5. С. 40–43.
2. Артюхова О. Л., Гладышева О. В., Свирина В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность новых пивоваренных сортов ярового ячменя // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2020. № 2. С. 21–25. DOI: 10.30850/vrsn/2020/2/21-25.
3. Берсенева Я. В. Продуктивность сортов ярового ячменя на различных фонах минерального питания в условиях Среднего Урала // *Зерновое хозяйство России*. 2016. № 3. С. 47–50.
4. Влияние холодной засухи на урожайность сельскохозяйственных культур в Степной зоне Оренбуржья / Н. А. Максютков, А. А. Зоров, В. Ю. Скороходов [и др.] // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020. № 4 (84). С. 25–28. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-84-4-25-28.
5. Гаевая Э. А. Урожайность ярового ячменя в зависимости от погодных условий Ростовской области // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017. № 4 (66). С. 71–75.
6. Голова Т. Г., Ершова Л. А. Характеристика перспективных линий ячменя для Юго-Востока ЦЧП // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2018. № 4. С. 108–111.
7. Ионова Е. В., Лиховидова В. А., Лобунская И. А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 6(66). С. 18–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
8. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности ге-

нотипов, дифференцирующей способности среды // Генетика. 1985. Т. XXI. № 9. С. 1491–1498.

9. Козубовская Г. В., Балакшина В. И. Результаты экологического испытания сортов ярового ячменя различных экотипов в засушливых условиях Волгоградской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. № 3. С. 60–67. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-60-67.

10. Лакин Г. Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа, 1973. 343 с.

11. Лепехов С. Б. Стерильные колоски в колосе как показатель засухоустойчивости яровой мягкой пшеницы // Достижения науки и техники. 2015. Т. 29. № 6. С. 27–30.

12. Мусаев Ф. А., Захарова О. А. Зависимость урожайности ячменя от ГТК и удобрений // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 89–97.

13. Мустафина А. Б. Основные особенности влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в Республике Татарстан // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 2 (372). С. 144–153.

14. 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: 10.31774/2222-1816-2020-2-151-162.

15. Постников П. А. Воздействие предшественников и метеорологических условий на урожайность ярового ячменя // Вестник КрасГАУ. 2018. № 4 (139). С. 48–53.

16. Росстат [Электронный ресурс]: официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <http://www.rosstat.gov.ru> (дата обращения: 21.03.2022).

17. Тимошенкова Т. А., Самуилов Ф. Д. Влияние морфологических признаков на урожайность сортов ярового ячменя в условиях степи Оренбургского Предуралья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (41). С. 47–51. DOI: 10.12737/22657.

18. Удовенко Г. В., Гончарова Э. А. Влияние экстремальных условий среды на структуру урожая. Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. 143 с.

19. Фомина М. Н. Особенности формирования зерновой продуктивности перспективных сортов ячменя в зоне Северного Зауралья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 2(249). С. 28–34.

20. Шайтанов О. Л., Низамов Р. М., Захарова Е. И. Оценка влияния глобального потепления на климат Татарстана // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 4 (40). С. 102–112. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-102-112.

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

22. Щенникова И. Н. Влияние погодных условий на рост и развитие растений ячменя в Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 4 (41). С. 9–12.

23. Этапы формирования органов плодоношения злаков / Ф. М. Куперман, Ф. А. Дворянкин, З. П. Ростовцева, Е. Н. Ржанова. Москва: Московский университет, 1955. С. 87–156.

References

1. Anisimova N. N., Ionova E. V. Elementy struktury urozhaya sortov yarovogo yachmenya i ih vklad v formirovanie vysokoy produktivnosti rastenij // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 5. S. 40–43.

2. Artyuhova O. L., Gladysheva O. V., Svirina V. A. Vliyanie elementov tekhnologii vozdeystviya na urozhajnost' novyh pivovarenykh sortov yarovogo yachmenya // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2020. № 2. S. 21–25. DOI: 10.30850/vrsn/2020/2/21-25.

3. Berseneva Ya. V. Produktivnost' sortov yarovogo yachmenya na razlichnykh fonah mineral'nogo pitaniya v usloviyah Srednego Urala // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 3. S. 47–50.

4. Vliyanie holodnoj zasuhi na urozhajnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur v Stepnoj zone Orenburzh'ya / N. A. Maksyutov, A. A. Zorov, V. Yu. Skorohodov [i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 4 (84). S. 25–28. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-84-4-25-28.

5. Gaevaya E. A. Urozhajnost' yarovogo yachmenya v zavisimosti ot pogodnykh uslovij Rostovskoj oblasti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 4 (66). S. 71–75.

6. Golova T. G., Ershova L. A. Harakteristika perspektivnykh linij yachmenya dlya Yugo-Vostoka CCHP // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 4. S. 108–111.

7. Ionova E. V., Lihovidova V. A., Lobunskaya I. A. Zasuha i gidrotermicheskij koeffitsient uvlazhneniya kak odin iz kriteriev ocenki stepeni ee intensivnosti // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 6(66). S. 18–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.

8. Kil'chevskij A. V., Hotyleva L. V. Metod ocenki adaptivnoj sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differenciruyushchej sposobnosti sredy // Genetika. 1985. Т. XXI. № 9. С. 1491–1498.

9. Kozubovskaya G. V., Balakshina V. I. Rezul'taty ekologicheskogo ispytaniya sortov yarovogo yachmenya razlichnykh ekotipov v zasushlivykh usloviyah Volgogradskoj oblasti // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2018. № 3. S. 60–67. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-60-67.

10. Lakin G. F. Biometriya. Moskva: Vysshaya shkola, 1973. 343 s.

11. Lepekhov S. B. Steril'nye koloski v kolose kak pokazatel' zasuhoustojchivosti yarovoj myagkoj pshenicy // Dostizheniya nauki i tekhniki. 2015. Т. 29. № 6. С. 27–30.

12. Musaev F. A., Zaharova O. A. Zavisimost' urozhajnosti yachmenya ot GTK i udobrenij // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. № 2. S. 89–97.
13. Mustafina A. B. Osnovnye osobennosti vliyaniya pogodnyh uslovij na urozhajnost' zernovyh kul'tur v Respublike Tatarstan // Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy. 2019. № 2 (372). S. 144–153.
14. 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: 10.31774/2222-1816-2020-2-151-162.
15. Postnikov P. A. Vozdejstvie predshestvennikov i meteorologicheskikh uslovij na urozhajnost' yarovogo yachmenya // Vestnik KrasGAU. 2018. № 4 (139). S. 48–53.
16. Rosstat [Elektronnyj resurs]: oficial'nyj sajt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki. URL: <http://www.rosstat.gov.ru> (data obrashcheniya: 21.03.2022).
17. Timoshenkova T. A., Samuilov F. D. Vliyanie morfologicheskikh priznakov na urozhajnost' sortov yarovogo yachmenya v usloviyah stepi Orenburgskogo Predural'ya // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 3 (41). S. 47–51. DOI: 10.12737/22657.
18. Udovenko G. V., Goncharova E. A. Vliyanie ekstremal'nyh uslovij sredy na strukturu urozhaya. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1982. 143 s.
19. Fomina M. N. Osobennosti formirovaniya zernovoj produktivnosti perspektivnyh sortov yachmenya v zone Severnogo Zaural'ya // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2016. № 2(249). S. 28–34.
20. Shajtanov O. L., Nizamov R. M., Zaharova E. I. Ocenka vliyaniya global'nogo potepleniya na klimat Tatarstana // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 4 (40). S. 102–112. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-102-112.
21. Shajtanov O. L., Tagirov M. Sh. Osnovnye tendencii izmeneniya klimata v Tatarstane v XXI veke. Kazan': Foliant, 2018. S. 35.
22. Shchennikova I. N. Vliyanie pogodnyh uslovij na rost i razvitie rastenij yachmenya v Kirovskoj oblasti // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2014. № 4 (41). S. 9–12.
23. Etapy formirovaniya organov plodonosheniya zla-kov / F. M. Kuperman, F. A. Dvoryankin, Z. P. Rostovceva, E. N. Rzhanova. Moskva: Moskovskij universitet, 1955. S. 87–156.

Сведения об авторах:

В. И. Блохин^{1✉}, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0002-5604-0154>;

И. Ю. Никифорова², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-003-4313-2401>;

И. С. Ганиева³, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0002-9925-0178>;

М. А. Ланочкина⁴, научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0001-5609-5529>;

Ю. В. Малафеева⁵, научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, <https://orcid.org/0000-0001-7461-381X>

^{1,2,3,4,5}ТАТНИИСХ-ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, ул. Оренбургский тракт, 48, Казань, Россия, 420059

¹bvikazan@bk.ru

Original article

DROUGHT TOLERANCE OF SPRING BARLEY VARIETIES IN THE PRE-KAMA CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Vasily I. Blokhin^{1✉}, Irina Yu. Nikiforova², Irina S. Ganieva³, Marina A. Lanochkina⁴, Yulia V. Malafeeva⁵

^{1,2,3,4,5}TatSRIA FRC KazSC RAS, Kazan, Russia

⁵bvikazan@bk.ru

Abstract. *The greatest damage to barley plants is caused by droughts. A significant suppression of all components of plant productivity occurs when extreme hydrothermal conditions affect the growth and development of plants throughout the growing season. The effect of extremely dry conditions of the interphase periods "sprouting – bushing", "bushing – tubing", "tubing – earing", "earing – full ripeness" of spring barley plants on the value of elements of the crop structure was revealed. A comparative characteristic of the values of crop structure elements in acutely arid and in favorable conditions in terms of average daily temperature and moisture supply during the growing season is given. The maximum level of depression (25.6 %) is noted in the integral indicator "grain yield".*

It has been revealed that one of the agronomic techniques that minimize the impact of drought conditions is the application of mineral fertilizers. The significant effects of variety, background of mineral fertilizers and their interactions on the indicator "grain yield" were established with the help of method of two-factor analysis of variance. The analysis of the share of contributions of each of the factors showed that in the extreme dry conditions of the growing season in 2021, the variety accounted for 11.3 %, the level of nutrition 61.3 % and the specific interaction 8.9 %. The varieties were found to respond differently to mineral fertilizers. The maximum gain on the background of mineral fertilizers was noted in late-ripening varieties Timerhan, Endan and Laishevsky, characterized by lower values of realization of potential productivity (80.6; 83.9; 80.4 % respectively), by higher values of specific adaptive capacity (0.42; 0.38; 0.38 respectively) and by lower values of relative stability of genotypes (33.9; 27.1; 31.6 % respectively). It was established that the yield of grain positively, reliably at the 5 % level of significance correlated with productive bushiness ($r = 0.51^$), with the number of grains of the main ear ($r = 0.55^*$), with the weight of the main ear grain ($r = 0.53^*$). Under acutely arid conditions of the growing season in 2021 the correlation relationship between the yield of spring barley grain and the weight of 1000 grains was not established ($r = 0.05$). The analysis of variance revealed that using mineral fertilizers in varieties on average significantly increased the values of indicators: "productive bushiness", "ear length", "number of grains of the main ear", "weight of 1000 grains", "weight of the main ear", "grain yield".*

Key words: spring barley; extreme drought; stages of organogenesis; elements of yield structure; mineral fertilizers.

For citation: Blokhin V. I., Nikiforova I. Yu., Ganieva I. S., Lanochkina M. A., Malafeeva Yu. V. Drought tolerance of spring barley varieties in the Pre-Kama conditions of the Republic of Tatarstan. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022; 3(71): 4-11. (In Russ.). https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_4-11.

Authors:

V. I. Blokhin¹, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0002-5604-0154>;

I. Yu. Nikiforova², Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-003-4313-2401>;

I. S. Ganieva³, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0002-9925-0178>;

M. A. Lanochkina⁴, Researcher, Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0001-5609-5529>;

Yu. V. Malafeeva⁵, Researcher, Spring Barley Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0001-7461-381X>

^{1,2,3,4,5}TatSRIA FRC KazSC RAS (Tatar Scientific Research Institute of Agriculture – Separate Structural Division of the Federal Research Center "Kazan Scientific Center" of the Russian Academy of Sciences), 48 Orenburgsky Trakt St., Kazan, Russia, 420059
¹bvikazan@bk.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 18.07.2022; одобрена после рецензирования 30.08.2022; принята к публикации 01.09.2022.

The article was submitted 18.07.2022; approved after reviewing 30.08.2022; accepted for publication 01.09.2022.

ОСОБЕННОСТИ СОРТОВОЙ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ НА ВЫРАЩИВАНИЕ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ НА АЭРОПОННЫХ УСТАНОВКАХ

Латыпова Анна Леонидовна¹, Цёма Любовь Геннадьевна²✉

^{1,2}Пермский НИИСХ – филиал ПФИЦ УрО РАН, с. Лобаново, Россия

²lyba_sema@mail.ru

Аннотация. Для широкого внедрения в России аэропонного способа в получении оздоровленного посадочного материала картофеля необходимо совершенствовать технологию его выращивания. При этом желательно возделывать сорта, имеющие ограниченный рост биомассы побегов и одновременно способные формировать большое количество мини-клубней. Целью исследований является изучение роста, развития и продуктивности ранних и среднеранних сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции. Исследования выполнены на аэропонных установках в искусственных условиях за период с января по апрель 2021 г. Проведены фенологические, морфометрические наблюдения, а также оценка сортов по продуктивности. Результаты исследования показали, что период формирования клубней в зависимости от сорта составлял от 38 (Ирбитский) до 43 суток (Легенда, Терра, Ред Скарлетт), период выращивания продолжался 101 сутки. Морфометрические наблюдения, проведенные в период цветения, зафиксировали, что высота растений различных сортов составила от 61,7 см у сорта Легенда до 77,6 см у сорта Люкс; длина корневой системы – от 88,5 см (Люкс) до 99,7 см (Легенда); длина столонов – от 72,82 см (Легенда) до 108,8 см (Гала); количество стеблей варьировало от 1,1 до 3,4 шт. на одном растении. В группе ранних сортов по продуктивности выделился сорт Легенда, за период выращивания с одного растения собрано 108,5 мини-клубней, у среднеранних сортов отмечен сорт Гала – 125,1 шт. с одного растения. Учет урожая мини-клубней картофеля проводился по фракциям: диаметр до 10 мм; 10–20 мм; 20–30 мм; 30 мм и более.

Ключевые слова: картофель; оригинальное семеноводство; сорт; продуктивность; аэропонные установки; мини-клубни; столоны.

Для цитирования: Латыпова А. Л., Цёма Л. Г. Особенности сортовой реакции растений картофеля на выращивание в искусственных условиях на аэропонных установках // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(71). С. 12-19. https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_12-19.

Актуальность. Выращивание растений на аэропонных установках является новым методом, который используется в сельском хозяйстве с 2006 г. Аэропоника – способ выращивания растений в воздушной среде без использования почвы и субстрата, при котором питательные вещества подаются к корням растений в виде мелкодисперсного аэрозоля, насыщенного кислородом. На аэропонных установках мини-клубни картофеля (оригинальный семенной материал) выращиваются из исходного материала *in vitro*, свободного от вирусной инфекции [1, 2, 5, 10].

За рубежом аэропонные технологии довольно широко применяют в семеноводстве картофеля. Активные разработки ведутся в странах Латинской Америки, в том числе Перу, в Фин-

ляндии, Шотландии, Испании, Индии, Китае, Корее, Кении [7, 11, 12].

В России аэропонный способ недостаточно изучен. С целью его широкого применения в получении оздоровленного посадочного материала картофеля необходимо совершенствовать технологию его выращивания. Для этого следует проводить исследования по отработке отдельных технологических приемов, таких как плотность и схема посадки растений, формирование растений, частота сборов, оптимальный размер мини-клубней, готовых к уборке, режим питания растений и световой режим. Особое значение в технологии выращивания имеет подбор сортов картофеля [6].

В настоящее время ассортимент сортов, выведенных как отечественными, так и зарубеж-

ными селекционерами, очень разнообразен. Каждый сорт по-разному растет, развивается и формирует урожай в искусственных лабораторных условиях. При данной технологии желательнее возделывать сорта, имеющие ограниченный рост биомассы побегов, но при этом способные формировать большое количество мини-клубней, что позволит повысить коэффициент размножения семенного материала, а следовательно, рентабельность производства [4, 8].

В связи с этим **целью наших исследований** является изучение роста, развития и продуктивности ранних и среднеранних сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции.

Методика и условия проведения исследований. Исследования по сортоизучению картофеля были проведены в период с января по апрель 2021 г. в лаборатории первичного семеноводства картофеля Пермского НИИСХ – филиала Пермского федерального исследовательского центра (ПФИЦ УрО РАН).

Для исследований были выбраны четыре ранних сорта: Легенда, Люкс, Терра, Ред Скарлетт; три среднеранних: Ирбитский, Гала, Сантэ.

Посадка пробирочных растений картофеля проводилась 18 января 2021 г. в возрасте 35 дней. Первые 10 дней растения подращивали на трехъярусной (адаптационной) установке производства НПФ «Синтол» (рис. 1), дальнейшее выращивание проводилось на одноярусной установке (рис. 2).

Повторность в опыте трехкратная, размещение вариантов рендомизированное. Площадь делянки – 0,5 м² (длина – 1 м, ширина – 0,5 м). Схема посадки 0,2×0,25 м. Плотность посадки – 10 растений на 1 м². Количество растений на делянке – 5 шт. Количество учетных растений на делянке – 5 шт. Общее количество делянок – 21. Общая площадь под опытом – 10,5 м². Показатели питательного раствора: рН 5,5–5,8; ЕС 1,50–2,5 мСм/см (в зависимости от фазы развития растений); температура питательного раствора +19,0 °С. Режим подачи питательного раствора к корневой системе изменялся в зависимости от фазы роста и развития растений. В начальный период роста, при активном росте вегетативной массы, подача раствора продолжалась 2 минуты с перерывом 8 минут; в период активного формирования мини-клубней – 2 минуты полив, 25 минут перерыв. Для освещения растений картофеля использовали светодиодные светильники ECOLED 100 L BIO IP 65.

Режим освещения регулировали в зависимости от фазы развития растений. В начальный период роста растений светили по 16 часов в сутки. По мере роста и развития растений световой период уменьшали, к моменту созревания мини-клубней световой период составил 9 часов в сутки.



Рисунок 1 – Подращивание растений картофеля *in vitro* на трехъярусной (адаптационной) установке



Рисунок 2 – Внешний вид растений картофеля при выращивании на аэропонной установке

В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, морфометрические измерения (один раз в 10 дней, до фазы

образования и роста мини-клубней), учет и сбор урожая мини-клубней (по мере формирования и роста мини-клубней, один раз в шесть-семь дней). Уборка растений выполнена 28 апреля.

Проведена статистическая обработка данных по Б. А. Доспехову [3].

Результаты и обсуждение. При выращивании на аэропной установке нами были отмечены следующие даты фенофаз и периодов развития картофеля (табл. 1). Так, образование столонов отмечено на 32–34-е сутки от посадки растений, в фазу активного роста вегетативной массы. Наиболее раннее наступление фазы бутонизации отмечено у среднераннего сорта Ирбитский – на 31-е сутки. В группе раннеспелых сортов массовая бутонизация отмечена на 34-е–43-и сутки, у среднеранних – на 31–51-е сутки. У раннего сорта Ред Скарлетт при выращивании в искусственных условиях бутоны не сформировались. Цветение отмечено не у всех сортов. Так, у раннего сорта Терра отмечено только единичное цветение (на 47-е сутки от посадки), растения других сортов ранней группы не цвели. Из группы среднеранних сортов массовое цветение отмечено у сорта Ирбитский на 43-и сутки, у сорта Гала – на 51-е сутки. У сорта Сантэ цветения не наблюдалось. Формирование миниклубней у ранних сортов отмечено на 49-е (Терра, Ред Скарлетт) и 51-е (Люкс) сутки, в группе среднеранних сортов – на 51-е (Гала, Сантэ) и 54-е (Ирбитский) сутки. При выращивании на аэропной установке период клубнеобразования у раннеспелых сортов был более продолжительным, по сравнению с сортами среднеранней группы и составил от 41 (Люкс) до 43 суток (сорта Легенда, Терра, Ред Скарлетт). Период сбора урожая у среднеранних сортов составил от 38 (сорт Ирбитский) до 41 суток (Гала, Сантэ).

Оценка морфометрических данных проводилась по следующим показателям: высота растения (см), количество стеблей (шт.), длина корневой системы (см), длина столонов (см). Измерения проводили четыре раза за вегетацию: первое – через 10 дней после посадки (в конце периода подращивания) – 27 января, последующие с интервалом 10 дней, в период наращивания вегетативной массы (9 февраля) и начала образования столонов (19 февраля). Последнее измерение проведено в период начала образования мини-клубней – 1 марта.

Темпы роста корневой системы и надземной массы в исследуемый период были различны. Так, при проведении ежедекадных замеров нами отмечено, что корневая система первоначально росла более интенсивно, чем стебли, данные результаты совпадают с исследованиями Е. В. Терентьевой [9]. Впоследствии рост стеблей опережал рост корней (рис. 3).

В период массового цветения длина корней у разных групп по скороспелости существенно не отличалась, у группы ранних сортов составила 92,93 см, у среднеранних сортов – 92,08 см, более короткие корни зафиксированы у раннего сорта Люкс (88,5 см), самые длинные – у сорта Легенда (99,7 см). Столоны, сформировавшиеся на растениях среднеранней группы, имели большую длину, чем у растений ранней группы (92,6 и 85,96 см соответственно). Наиболее длинные столоны отмечены у сорта Гала (108,8 см), минимальная длина – у сорта Легенда (72,82 см). Количество стеблей на одном растении варьировало от 1,1 (Сантэ) до 3,4 шт (Ирбитский). Более низкорослые растения отмечены у сорта Легенда (61,7 см), наибольшая длина стеблей наблюдалась у ранних сортов Ред Скарлетт и Люкс – 72,9 и 77,6 см соответственно (табл. 2).

Таблица 1 – Периоды роста и развития растений картофеля, 2021 г.

Сорт	Количество суток						от начала формирования клубней до последнего сбора
	от посадки до						
	образования столонов	массовой бутонизации	единичного цветения	массового цветения	формирования мини-клубней	последнего сбора	
Легенда	32	43	–	–	49	101	43
Люкс	32	43	–	–	51	101	41
Терра	32	34	47	–	49	101	43
Ред Скарлетт	32	–	–	–	49	101	43
Ирбитский	32	31	39	43	54	101	38
Гала	32	43	47	51	51	101	41
Сантэ	32	51	–	–	51	101	41

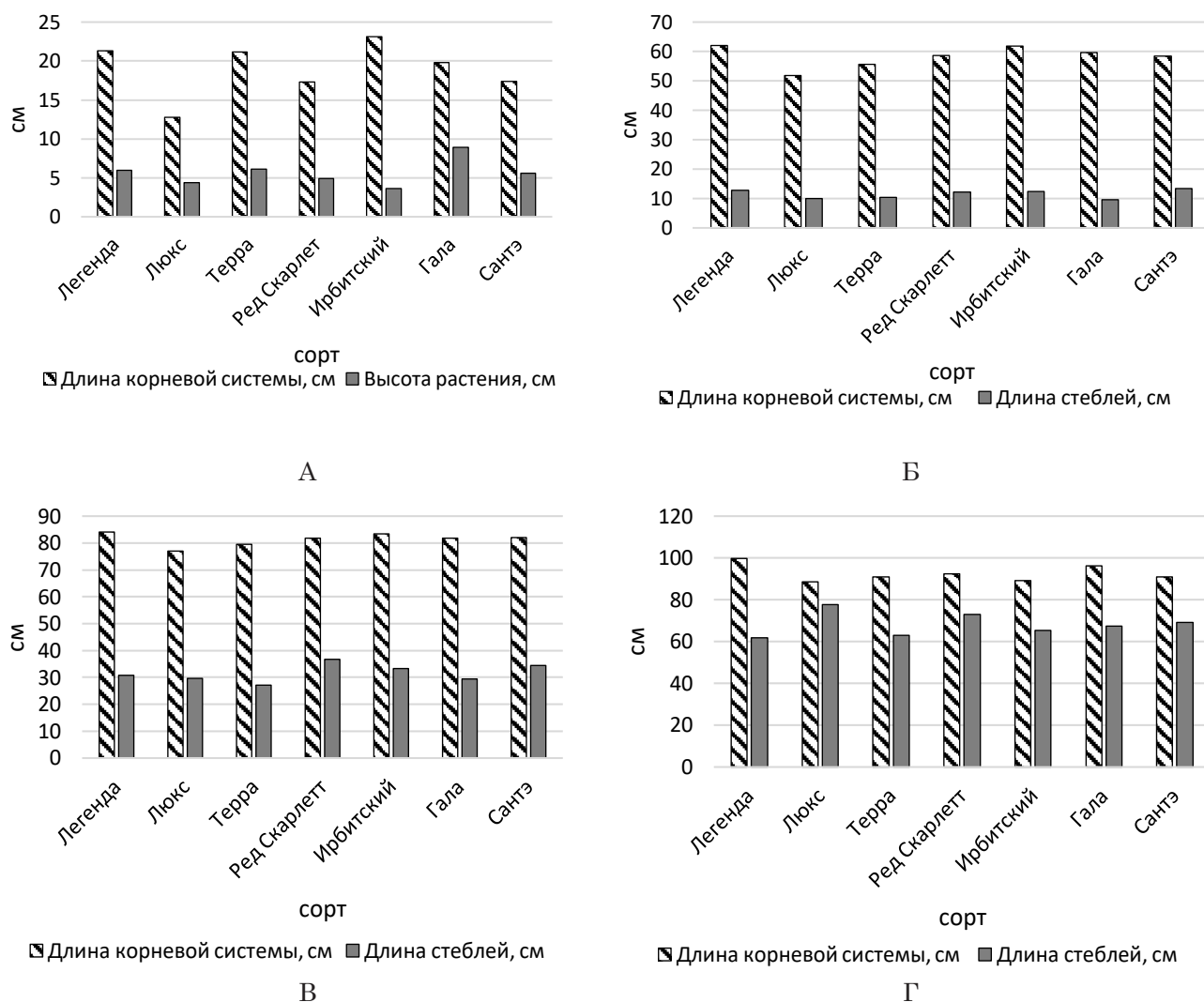


Рисунок 3 – Морфометрические параметры роста растений в разные периоды выращивания, 2021 г.:

А – «пересадка» растений на постоянное место выращивания (27 января);
 Б – период наращивания вегетативной массы (9 февраля); В – начало образования столонов (19 февраля); Г – начало образования мини-клубней (1 марта)

Таблица 2 – Морфометрические показатели растений картофеля, 1 марта 2021 г.

Сорт	Длина корневой системы, см	Длина столонов, см	Количество стеблей, шт.	Высота растения, см
Ранние сорта				
Легенда	99,7	72,8	3,0	61,7
Люкс	88,5	85,2	3,0	77,6
Терра	91,0	95,3	2,8	62,9
Ред Скарлетт	92,5	90,5	2,9	72,9
Среднее по группе ранних	92,9	86,0	2,9	68,8
Среднеранние сорта				
Ирбитский	89,1	90,0	3,4	65,2
Гала	96,2	108,8	2,0	67,4
Сантэ	90,9	79,0	1,1	69,3
Среднее по группе среднеранних	92,07	92,6	2,2	67,3
НСР ₀₅	8,9	8,7	0,8	6,4

Продуктивность оценивалась по числу клубней с одного растения, средней массе одного клубня (г). Данные приведены в таблице 3 и на рисунке 4.

В группе ранних сортов по продуктивности выделился сорт Легенда, за вегетационный период с одного растения собрано 108,5 мини-клубней. У среднеранних сортов отмечен сорт Гала – 125,1 шт. с одного растения. У сорта Сантэ с одного растения отмечен минимальный выход мини-клубней (65,3 шт. с одного растения), при наибольшей средней массе одного мини-клубня (1,92 г). У ранних сортов Терра и Ред Скарлетт масса одного мини-клубня составила 1,87 г. Наименьшая масса мини-клубня зафиксирована у сорта Легенда (0,88 г).

При сборе и учете урожая мини-клубни картофеля делили на фракции: до 10 мм; 10–20 мм; 20–30 мм; 30 мм и более (табл. 4, рис. 5).

Фракция мини-клубней диаметром от 10 до 20 мм преобладала у всех изучаемых сортов, ее удельный вес в общем урожае варьировал от 54 % (сорт Гала) до 75 % (сорт Легенда).

Доля мини-клубней размером до 10 мм составила от 25 % (Легенда) до 41 % (Гала).

Фракция мини-клубней диаметром 20–30 мм составляла от 4 % (Ирбитский) до 9 % (Ред Скарлетт), у сорта Легенда данная фракция отсутствовала. Мини-клубни размером более 30 мм наблюдались только у сорта Сантэ – 0,5 %.

Мини-клубни разной фракции имели различную массу (табл. 5).

Масса мини-клубней размером менее 10 мм в среднем по сортам составила 0,30 г (от 0,19 г у Ред Скарлетт до 0,38 г у сортов Терра и Ирбитский). Мини-клубни размером 10–20 мм в среднем по сортам имели массу 1,87 г (от 1,05 г у сорта Легенда до 2,2 г у сорта Терра). Мини-клубни размером 20–30 мм в среднем по сортам имели массу 4,34 г (от 2,0 г у сорта Легенда до 5,64 г у сорта Терра). Мини-клубни размером больше 30 мм в среднем по сортам имели массу 9,55 г (от 8,0 г у сорта Ред Скарлетт до 11,75 г у сорта Терра). У сортов Легенда и Ирбитский мини-клубни данной фракции отсутствовали.

Таблица 3 – Количество собранных мини-клубней с одного растения (штук) и средняя масса одного мини-клубня (г), по сортам, 2021 г.

Сорт	Сбор мини-клубней с одного растения, шт.	Средняя масса одного мини-клубня, г
Легенда	108,5	0,88
Люкс	58,8	1,45
Терра	68,5	1,87
Ред Скарлетт	88,6	1,87
Ирбитский	78,3	1,76
Гала	125,1	1,32
Сантэ	65,3	1,92
НСР ₀₅	22,69	–

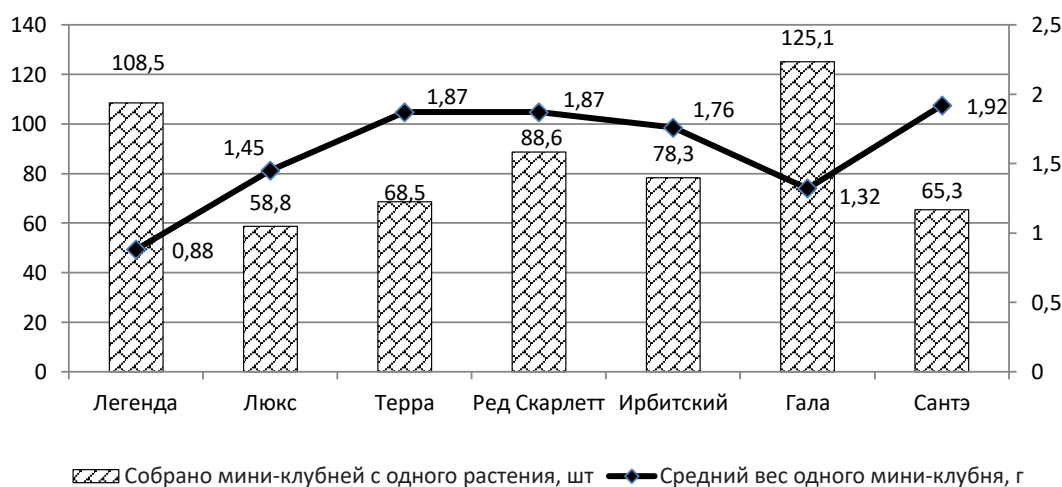


Рисунок 4 – Количество собранных мини-клубней с одного растения (шт.) и средняя масса одного мини-клубня (г), по сортам

Таблица 4 – Фракционный состав (%) собранных мини-клубней, 2021 г.

Сорт	Доля мини-клубней по фракциям, %			
	до 10 мм	10–20 мм	20–30 мм	30 мм и более
Легенда	25	75	–	–
Люкс	21	74	5	–
Терра	32	62	6	–
Ред Скарлетт	27	64	9	–
Ирбитский	26	70	4	–
Гала	41	54	5	–
Сантэ	26	65,5	8	0,5

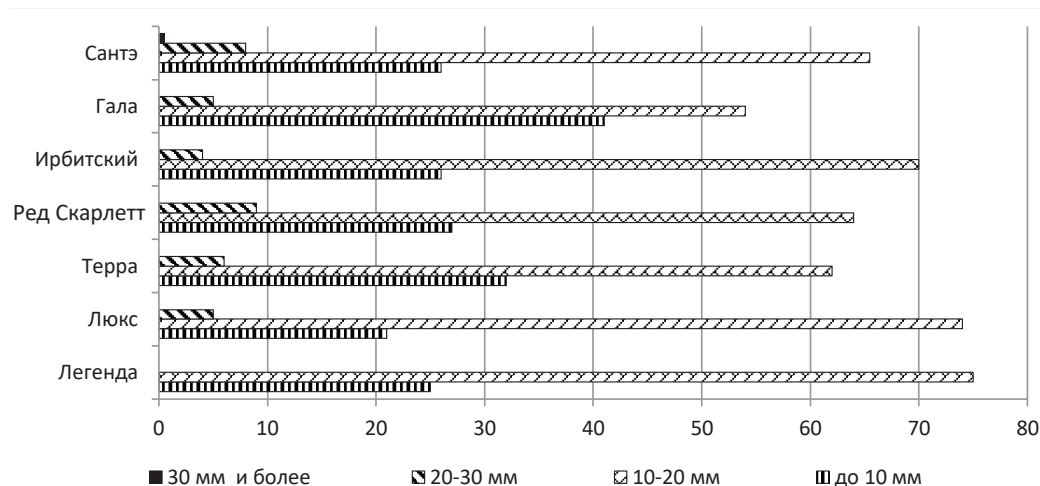


Рисунок 5 – Фракционный состав мини-клубней картофеля в зависимости от сорта, %

Таблица 5 – Средняя масса клубней (г) по фракциям, 2021 г.

Фракция, мм	Сорт							Среднее по сортам
	Легенда	Люкс	Терра	Ред Скарлетт	Ирбитский	Гала	Сантэ	
<10	0,3	0,26	0,38	0,19	0,38	0,24	0,34	0,30
10–20	1,05	1,62	2,2	2,19	2,09	1,84	2,09	1,87
20–30	2,0	3,94	5,64	4,47	4,8	4,29	5,23	4,34
>30	–	10,0	11,75	8,0	–	9,0	9,0	9,55

Выводы. Проведенный анализ данных по испытанию сортов отечественной и зарубежной селекции при выращивании на аэропонных установках показал, что среди изучаемых образцов наиболее высокие показатели продуктивности обеспечили сорта Легенда и Гала. Выход мини-клубней с одного растения составил от 108,5 до 125,1 шт., что свидетельствует о высоком потенциале данных сортов для выращивания мини-клубней в лабораторных условиях. Совершенствование технологии возделывания картофеля при выращивании на аэропонных установках будет способство-

вать повышению коэффициента размножения оригинального материала семенного картофеля, в том числе на безвирусной основе. Исследования требуют дальнейшего продолжения.

Список источников

1. Анисимов Б. В. Качество семенного картофеля – на уровне мировых стандартов // Информ. бюл. МСХРФ. Москва, 2000. 20 с.
2. Анисимов Б. В. Элитное семеноводство картофеля: обеспечение качества в процессе производства. Ситуация в России и международный опыт // Вопросы картофелеводства: материалы научно-практической конференции «Научное обеспечение

картофелеводства России: состояние, проблемы». Москва, 2001. С. 19–35.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

4. Колошина К. А., Полухин Н. И., Мызгина Г. Х. Реакция сортов картофеля на условия аэропных технологий при выращивании мини-клубней // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 1. С. 26–30.

5. Коршунов А. В., Анисимов Б. В. Семеноводство картофеля, контроль качества и сертификации // Рос. акад. с.-х. наук, ВНИИКХ. Москва, 2003. 291 с.

6. Латыпова А. Л., Цёма Л. Г. Выращивание мини-клубней ранних сортов картофеля Мишка и Ривьера на аэропном модуле // Вестник Вятского ГАУ. 2021. № 1.

7. Мартиросян Ю. Ц., Кособрюхов А. А., Мартиросян В. В. Аэропные технологии в безвирусном семеноводстве – преимущества и перспективы // Достижения науки и техники АПК. Москва, 2016. Т. 30. № 10. С. 47–51.

8. Терентьева Е. В., Ткаченко О. В. Аэропный способ получения мини-клубней картофеля // Известия ТСХА. 2017. Выпуск 1. С. 75–84.

9. Терентьева Е. В., Ткаченко О. В., Гревцева Е. С. Динамика формирования биомассы растений картофеля в аэропной установке // Евразийский союз ученых (ЕСУ). 2015. № 16. С. 120–122.

10. Трофимец Л. Н., Остапенко Д. П. Биотехнологические методы получения и оценки оздоровленного картофеля. Москва: Агропромиздат, 1988. 38 с.

11. Dong Chil Chang, Choun Soo Park, Sung Yeul Kim, Su Jeong Kim, Yong Beom Lee Physiological Growth Responses by Nutrient Interruption in Aeroponically Grown Potatoes // Am. J. Potato Association of America. 2008. 85. P. 315–323. DOI 10.1007/s12230-008-9024-4).

12. Ritter E., Angulo B., Riga P., Herrán C., Reloso J., San Jose M. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers // Potato Research. 2001. 44(2). P. 127–135. DOI: 10.1007/BF02410099.

References

1. Anisimov B. V. Kachestvo semennogo kartofelya – na urovne mirovyh standartov // Inform. byul. MSKHRF. Moskva, 2000. 20 s.

2. Anisimov B. V. Elitnoe semenovodstvo kartofelya: obespechenie kachestva v processe proizvodstva. Situaciya v Rossii i mezhdunarodnyj opyt // Voprosy kartofelevodstva: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Nauchnoe obespechenie kartofelevodstva Rossii: sostoyanie, problemy». Moskva, 2001. S. 19–35.

3. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). Moskva: Agropromizdat, 1985. 351 s.

4. Koloshina K. A., Poluhin N. I., Myzgina G. H. Reakciya sortov kartofelya na usloviya aeropnyh tekhnologij pri vyrashchivanii mini-klubnej // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 1. S. 26–30.

5. Korshunov A. V., Anisimov B. V. Semenovodstvo kartofelya, kontrol' kachestva i sertifikacii // Ros. akad. s.-h. nauk, VNIKKH. Moskva, 2003. 291 s.

6. Latypova A. L., Cyoma L. G. Vyrashchivanie mini-klubnej rannih sortov kartofelya Mishka i Riv'era na aeropnom module // Vestnik Vyatskogo GAU. 2021. № 1.

7. Martirosyan Yu. C., Kosobryuhov A. A., Martirosyan V. V. Aeropnyye tekhnologii v bezvirusnom semenovodstve – preimushchestva i perspektivy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. Moskva, 2016. T. 30. № 10. S. 47–51.

8. Terent'eva E. V., Tkachenko O. V. Aeropnyj sposob polucheniya mini-klubnej kartofelya // Izvestiya TSKHA. 2017. Vypusk 1. S. 75–84.

9. Terent'eva E. V., Tkachenko O. V., Grevceva E. S. Dinamika formirovaniya biomassy rastenij kartofelya v aeropnoy ustanovke // Evrazijskij soyuz uchenyh (ESU). 2015. № 16. S. 120–122.

10. Trofimec L. N., Ostapenko D. P. Biotekhnologicheskie metody polucheniya i ocnki ozdorovlennogo kartofelya. Moskva: Agropromizdat, 1988. 38 s.

11. Dong Chil Chang, Choun Soo Park, Sung Yeul Kim, Su Jeong Kim, Yong Beom Lee Physiological Growth Responses by Nutrient Interruption in Aeroponically Grown Potatoes // Am. J. Potato Association of America. 2008. 85. P. 315–323. DOI 10.1007/s12230-008-9024-4).

12. Ritter E., Angulo B., Riga P., Herrán C., Reloso J., San Jose M. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers // Potato Research. 2001. 44(2). P. 127–135. DOI: 10.1007/BF02410099.

Сведения об авторах:

А. Л. Латыпова¹, научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-9625-7465>;

Л. Г. Цёма^{2✉}, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-6288-3185>

^{1,2}Пермский НИИСХ – филиал ПФИЦ УрО РАН, ул. Культуры, 12, с. Лобаново, Пермский край, Россия, 614532

²lyba_sema@mail.ru

Original article

POTATO VARIETY RESPONSES TO CULTIVATION IN ARTIFICIAL CONDITIONS ON AEROPONIC FACILITIES

Anna L. Latypova¹, Lybov' G. Tsema²✉^{1,2}Perm Research Institute of Agriculture –
Ural Branch of Perm Federal Research Centre
of Russian Academy of Sciences, Lobanovo, Russia²lyba_cema@mail.ru

Abstract. To introduce the aeroponic method in obtaining improved potato planting material widely, it is necessary to develop the technology of its cultivation in Russia. For this purpose it is desirable to cultivate varieties that have a limited growth of the biomass of shoots, but at the same time capable of forming a large number of mini-tubers. The aim of the research was to study the growth, development and productivity of early and middle-early potato varieties of Russian and foreign selection. The research was conducted on aeroponic facilities in artificial conditions for the period from January to April 2021. Phenological, morphometric observations were carried out, as well as the varieties productivity assessment. The research results have shown that the period of tuber formation, depending on the variety, ranged from 38 (Irbitsky) to 43 days (Legenda, Terra, Red Scarlett), the growing period lasted 101 days. Morphometric observations carried out during the flowering period showed that the height of plants of various varieties ranged from 61.7 cm for the Legenda variety to 77.6 cm for Lux variety; root system length – from 88.5 cm (Lux) to 99.7 cm (Legenda); the length of the stolons – from 72.82 cm (Legenda) to 108.8 cm (Gala); the number of stems varied from 1.1 to 3.4 units per plant. In the group of early varieties the Legenda variety was the most productive, 108.5 minitubers were collected from one plant during the growing period. Gala variety excelled in the middle-early varieties group – 125.1 pcs per plant. The crop accounting of the potato mini-tubers was carried out by fractions: diameter up to 10 mm; 10–20 mm; 20–30 mm; 30 mm and more.

Key words: potato; original seed production; variety; productivity; aeroponic facilities; mini-tubers; stolons.

For citation: Latypova A. L., Tsema L. G. Potato variety responses to cultivation in artificial conditions on aeroponic facilities. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022; 3(71): 12-19. (In Russ.). https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_12-19.

Authors:

A. L. Latypova¹, Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-9625-7465>;

L. G. Tsema²✉, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
<https://orcid.org/0000-0001-6288-3185>

^{1,2}Perm Research Institute of Agriculture – Ural Branch of Perm Federal Research Centre
of Russian Academy of Sciences, 12 Kultury St., Lobanovo, Perm Region, Russia, 614532

²lyba_cema@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 29.06.2022; одобрена после рецензирования 30.06.2022;
принята к публикации 01.09.2022.

The article was submitted 29.06.2022; approved after reviewing 30.06.2022;
accepted for publication 01.09.2022.

ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ, ПОРАЖЕННОСТЬ ШЕЙКОВОЙ ГНИЛЬЮ И КАЧЕСТВО ЛУКА РЕПЧАТОГО

Коробейникова Ольга Валентиновна¹✉, Строт Татьяна Александровна²

^{1,2}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, Ижевск, Россия

¹korobejnikova.olga@inbox.ru

Аннотация. Одним из приемов в технологии выращивания лука является использование стимуляторов роста растений, которые повышают стрессоустойчивость растений, величину и стандартность урожая, ускоряют сроки созревания продукции. Особое место среди них занимают микроэлементы и иммуномодуляторы. Исходя из этого, целью исследований явилось определение влияния стимуляторов роста растений на урожайность, качество и пораженность болезнями лука репчатого F1 Геркулес. Требовалось изучить влияние стимуляторов роста на урожайность и пораженность болезнями лука репчатого, а также определить биохимические показатели в зависимости от предпосадочной обработки лука-севка стимуляторами роста. Исследовались Циркон (действующее вещество – комплекс гидроксикоричных кислот), Эпин-Экстра (действующее вещество – 24-эпибрассинолид), Силиплант (кремнийсодержащее удобрение), Цитовит (смесь микроэлементов в хелатной форме). Исследования по изучению влияния стимуляторов роста растений на пораженность болезнями и урожайность лука репчатого в условиях Удмуртской Республики проводились в 2020–2021 гг. Применение регулятора роста Эпин-Экстра и микроудобрения Силиплант в виде предпосадочной обработки севка способствовало увеличению урожайности лука за счет увеличения массы луковиц. Пораженность луковиц серой шейковой гнилью снижалась после применения всех исследуемых препаратов, кроме Эпин-Экстра. Применение Циркона способствовало увеличению сухого вещества и растворимых сухих веществ, Эпин-Экстра – увеличению растворимых сухих веществ, Цитовита – увеличению аскорбиновой кислоты в луковицах. Выявлено, что при поражении луковиц шейковой гнилью происходит ухудшение биохимических показателей. Отмечено снижение содержания сухого вещества, растворимых сухих веществ, аскорбиновой кислоты. Повышается содержание нитратов.

Ключевые слова: лук репчатый; регуляторы роста растений; Эпин-Экстра; Циркон; Цитовит; Силиплант; урожайность; шейковая гниль; качество.

Для цитирования: Коробейникова О. В., Строт Т. А. Влияние стимуляторов роста растений на урожайность, пораженность шейковой гнилью и качество лука репчатого // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(71). С. 20-28. https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_20-28.

Актуальность. Репчатый лук – одна из основных овощных культур, пользующаяся большим спросом у населения. Нормы потребления лука для человека (по данным Института питания Академии медицинских наук РФ) составляют 6–10 кг в год. Питательная ценность определяется наличием в его составе сахаров (6–12 %), белков (1,5–2 %), солей кальция, калия, фосфора, железа, цинка, алюминия, меди и других элементов. Лук богат витаминами А, В₁, В₂, РР, особенно витамином С (аскорбиновая кислота). В листьях лука содержится до 350–900 мг/кг витамина С, а в луковицах – 40–100 мг/кг сырого вещества. Имеются биологически активные вещества, которые способствуют усвоению

пищи, восстановлению клеток и тканей и предохраняют организм от заболеваний. Лук характеризуется сильным бактерицидным действием, так как содержит фитонциды, эфирные масла, убивающие или задерживающие размножение возбудителей болезней человека. В народной медицине используется для лечения авитаминозов, воспалительных процессов, инфекционных заболеваний, а также как средство, повышающее секреторную деятельность пищеварительного тракта [3].

В число крупнейших производителей репчатого лука входят: Китай, Индия, Египет, США, Иран, Турция, Россия, Пакистан, Бангладеш, Бразилия. Импортные поставки в Россию в 2019–2020 гг. формировались в основном

за счет Египта, Китая, Казахстана, Узбекистана, Азербайджана и Турции [14, 17].

В 2020 г. посевные площади в России, занятые под выращивание лука репчатого, составили 62 тыс. га. Основной объем посевных площадей и промышленных сборов приходится на Волгоградскую, Астраханскую, Ростовскую, Саратовскую области и Ставропольский край, что составляет 69,0 % всех промышленных площадей и 83,6 % всех промышленных сборов [21].

В Удмуртской Республике лук выращивается как в открытом, так и защищенном грунте, средняя урожайность его составляет 238 ц/га [4]. Технологию выращивания лука в условиях Удмуртской Республики изучали Иванова Т. Е., Лекомцева Е. В. и др. [7–9, 13, 18, 23, 25].

Лук при выращивании и хранении поражается болезнями, потери от которых достигают 50 % урожая. Наиболее часто встречается шейковая гниль. Возбудитель болезни – *Botrytis allii* Munn. из класса Дейтеромицеты, порядка Гифомицеты. Болезнь проявляется через 1–1,5 месяца после уборки. Пораженная ткань шейки становится водянистой, желто-розовой. Шейка впадает, гниль распространяется по всей луковице. Пораженные чешуи покрываются плотной серой плесенью, на которой со временем образуются мелкие черные склероции, сливающиеся в сплошную черную корочку с бугристой поверхностью. Во второй половине хранения болезнь может развиваться около донца или сбоку луковицы. Источник инфекции – зараженные луковицы [5, 29].

Одним из приемов в технологии выращивания лука является использование стимуляторов роста растений, которые повышают стрессоустойчивость растений, величину и стандартность урожая, ускоряют сроки созревания продукции. Особое место среди них занимают микроэлементы и иммуномодуляторы. Обработка севка данными препаратами влияет на биометрические показатели и урожайность лука репчатого [2, 26].

Циркон – природный регулятор негормонального происхождения, получен из эхинацеи пурпурной. Действующее вещество (0,1 г/л гидроксикоричных кислот) стимулирует ростовые процессы растений, защищает от стрессов и составляет систему жизнеобеспечения растений. Гидроксикоричные кислоты принимают активное участие в дыхании растений, открытии и закрытии устьиц, защищая клетки от ультрафиолетового излучения и засухи. Поэтому препарат, созданный на их осно-

ве, обладает многоцелевым действием: усиливает рост корневой системы, повышает устойчивость растений к стрессам, активизирует защитные реакции растительных клеток, оказывает стимулирующее действие на рост и развитие растений. Замачивание лука репчатого в растворе стимуляторов роста снижает пораженность растений пероноспорозом и предупреждает потери урожая от болезни. Использование Циркона оказывает положительное влияние на увеличение сухого вещества и сахаров в луке [16, 24].

Эпин-Экстра создан на основе природных гормонов растений – brassinosteroidов, впервые обнаруженных в пыльце рапса. Действующее вещество (0,025 г/л 24-эпибрасинолида) регулирует и активизирует защитные функции растительной клетки и, соответственно, всего организма для выживания в экстремальных условиях. При воздействии высоких температур препарат усиливает синтез специальных «шоковых» белков, при засухе стимулирует появление у растений дополнительных корней, при затоплении увеличивает усвоение воды и испарение, при недостатке света усиливает синтез хлорофилла. Одновременно за счет стимуляции естественных защитных сил растений проявляется и его фунгицидный эффект: после обработки препаратом растения становятся более устойчивыми к болезням и вредителям [28, 30].

Цитовит – удобрение, содержащее макро- и микроэлементы в хелатной форме (азот – 30 г/л; фосфор – 5 г/л; калий – 25 г/л; магний – 10 г/л, серу – 40 г/л, железо – 35 г/л, марганец – 30 г/л, бор – 8 г/л, цинк – 6 г/л, медь – 6 г/л, молибден – 4 г/л, кобальт – 2 г/л). Применение Цитовита обеспечивает растения необходимыми элементами питания; способствует более полному использованию элементов питания в создании сложных органических соединений; усиливает обмен веществ; активизирует ростовые процессы; блокирует отмирание точек роста; снижает пораженность растений неинфекционными болезнями, повышает устойчивость растений к заболеваниям; способствует росту урожайности культур [20].

Силиплант – кремнийсодержащее удобрение, в состав которого, кроме кремния (7 %), калия (1 %) и магния (100 мг/л), входят в легко доступной для растений хелатной форме микроэлементы: железо (300 мг/л); медь (70–240 мг/л); цинк (80 мг/л); марганец (150 мг/л); кобальт (15 мг/л); бор (90 мг/л). Роль кремния существенно возрастает при неблагоприят-

ных условиях внешней среды. Наличие кремнезема в клеточных стенках растений повышает их прочность, морозоустойчивость, засухоустойчивость, интенсивность фотосинтеза, способствует активному росту корневой системы и листового аппарата. Кремний участвует в нуклеиновом, белковом, углеводном, фенольном обмене, стимулирует фосфорилирование и другие процессы жизнедеятельности клеток, а также транспорт протеинов и углеводов. Повышает активность ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных процессах [20, 27, 31].

В ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА в течение нескольких лет изучалось действие стимуляторов роста растений на различных сельскохозяйственных культурах и выявлено их положительное действие на снижение пораженности болезнями и повышение урожайности [1, 10–12, 19, 22].

Цель исследований: выявить влияние стимуляторов роста растений на урожайность, качество и пораженность болезнями лука репчатого F1 Геркулес.

Задачи исследования: изучить влияние стимуляторов роста на урожайность и пораженность болезнями лука репчатого; определить биохимические показатели в зависимости от предпосадочной обработки лука-севка стимуляторами роста.

Условия, материалы и методы. Исследования по изучению влияния стимуляторов роста растений на пораженность болезнями и урожайность лука репчатого в условиях Удмуртской Республики проводились в 2020–2021 гг. В качестве стимуляторов изучались регуляторы роста (Эпин-Экстра и Циркон) и микроудобрения (Цитовит и Силиплант). Исследования проводились в четырехкратной повторности. Для посева использовали севок F1 Геркулес. Гибрид внесен в Госреестр по Центральному региону в 2006 г. Срок созревания: от очень раннего до раннего. Рекомендуется для выращивания на репку в двухлетней культуре из севка в личных подсобных хозяйствах. Луковица широкоэллиптическая, массой до 170 г, одно- или двухзачатковая. Сухие чешуи желтые, сочные – белые, шейка средней толщины. Вкус острый. Товарная урожайность репки в двухлетней культуре составляет 228–500 ц/га. Вызреваемость после дозаривания 100 %. Сорт пригоден для хранения [6].

Для выращивания лука-репки использовали севок диаметром 1,5 см. Обработку севка перед посадкой проводили раствором ис-

следуемых препаратов в соответствии с «Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» из расчета 200 мл/кг. Посадка проводилась ленточным способом по двухстрочной схеме $20 \times 20 \times 50$ см на глубину 2–4 см. Почвы дерново-подзолистые супесчаные, слабокислые с высоким содержанием гумуса, подвижного фосфора и обменного калия. Метеорологические условия 2020 г. характеризовались низкой среднесуточной температурой в июне и повышенным количеством осадков в июле; 2021 г. отличался повышенной температурой и малым количеством осадков в течение вегетации.

Уборку проводили вручную по вариантам с последующим пересчетом на 1 м^2 . После уборки луковицы дозаривали и рассчитывали общую урожайность. Для дальнейших исследований отбирали луковицы товарного размера. По ГОСТ 34306-2017 «Лук репчатый свежий. Технические условия» товарными считаются луковицы, не проросшие, без повреждений, с наибольшим поперечным диаметром не менее 4 см.

Агрохимические анализы почвы опытного участка и биохимические показатели проведены в агрохимической лаборатории ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА по общепринятым методикам. Определение содержания нитратов – ионометрическим методом; определение содержания массовой доли растворимых сухих веществ в растворе – рефрактометрическим методом; определение содержания аскорбиновой кислоты (витамина С) по С. М. Прокошеву – титриметрическим методом.

Результаты исследований. Основная цель применения различных препаратов – это увеличение урожайности, сохранности в период хранения, а также выход качественной продукции, в том числе не поврежденной вредителями и болезнями. Урожайность лука представлена в таблице 1.

Существенное увеличение урожайности репчатого лука на 0,28 и 0,47 кг/м² получено при применении препаратов Эпин-Экстра и Силиплант при $\text{НСР}_{05} = 0,28 \text{ кг/м}^2$. Увеличение урожайности произошло за счет увеличения массы луковицы на 7,0 и 11,6 г соответственно.

Масса луковиц коррелирует с их диаметром (коэффициент корреляции = 0,94). Увеличение диаметра луковицы по сравнению с контролем (без обработки посадочного материала) отмечено при применении Силипланта на 0,4 см ($\text{НСР}_{05} = 0,3 \text{ см}$).

Таблица 1 – Влияние стимуляторов роста растений на урожайность лука репчатого, среднее за 2020–2021 гг.

Вариант	Урожайность, кг/м ²	Масса луковицы, г	Диаметр, см
Без обработки (контроль)	4,09	102,3	5,0
Эпин-Экстра	4,37	109,3	5,1
Цитовит	4,23	105,7	5,0
Циркон	4,33	108,3	5,2
Силиплант	4,56	113,9	5,4
НСР ₀₅	0,28	7,0	0,3

Во время и после уборки лука отмечалось его поражение шейковой гнилью (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние стимуляторов роста растений на распространенность шейковой гнили лука репчатого, среднее за 2020–2021 гг.

Вариант	Распространенность, %	Отклонение от контроля
Без обработки (контроль)	19,5	–
Эпин-Экстра	22,0	2,5
Цитовит	16,8	-2,7
Циркон	13,8	-5,7
Силиплант	11,3	-8,2
НСР ₀₅	1,6	

Количество луковиц, пораженных шейковой гнилью, в контроле составило 19,5 %. При использовании Эпин-Экстра их количество существенно возросло на 2,5 % (НСР₀₅ = 1,6 %). Остальные исследуемые препараты способствовали снижению распространенности болезни (на 8,2 % при применении Силипланта, на 5,7 % – Циркона и на 2,7 % – Цитовита).

После уборки проведен анализ лука на содержание сухого вещества, растворимых сухих веществ, аскорбиновой кислоты (витамина С), таблица 3.

Препарат Циркон способствовал увеличению содержания сухого вещества в лукерепке до 20,5 %. Существенное увеличение содержания растворимых сухих веществ отмечено после применения препаратов Эпин-Экстра и Циркон до 13,3 и 12,4 % соответственно по сравнению с контролем (10,0 %). Возможно, это связано с тем, что гидроксикоричные кислоты (в частности кофейная кислота), вхо-

дящие в состав препарата Циркон, участвуют в регуляции водоудерживающей способности растений как через изменение уровня ауксинов, так и через накопление осмотически активных веществ (сахарозы) [15].

Содержание витамина С после обработки препаратом Цитовит существенно увеличилось на 10 мг/кг сырой массы при НСР₀₅ = 10 мг/кг.

Проведенный корреляционный анализ показал среднюю зависимость между содержанием сухого вещества и растворимых сухих веществ (коэффициент корреляции 0,48) и отрицательную среднюю зависимость между содержанием растворимых сухих веществ и аскорбиновой кислоты (коэффициент корреляции -0,41).

Таблица 3 – Влияние стимуляторов роста растений на содержание сухого вещества, растворимых сухих веществ, аскорбиновой кислоты в луке, среднее за 2020–2021 гг.

Вариант	Содержание		
	сухого вещества, %	растворимых сухих веществ, %	аскорбиновой кислоты, мг/кг
Без обработки (контроль)	14,7	10,0	56
Эпин-Экстра	16,3	13,3	56
Цитовит	12,1	11,0	66
Циркон	20,5	12,4	64
Силиплант	13,1	10,7	54
НСР ₀₅	4,6	1,1	10

Содержание нитратов в луке репчатом не превышало ПДК (80 мг/кг продукции), таблица 4. Применение стимуляторов роста не отразилось на содержании нитратов в полученной продукции.

Содержание калия в сухом веществе лука репчатого после уборки составило от 1,0 до 2,0 %, фосфора – от 0,7 до 1,0 %. Обработка препаратами также не влияла на их содержание.

Следствием поражения луковиц серой шейковой гнилью является ухудшение биохимических показателей. Отмечена тенденция снижения сухого вещества (с 14,7 до 12,5 %), растворимых сухих веществ (с 10,0 до 6,3 %), а также содержания аскорбиновой кислоты (с 56 до 38 мг/кг сырой массы). Существенное увеличение содержания нитратов в луке отмечено при гниении лука (с 2,9 до 56,1 мг/кг).

Таблица 4 – Влияние стимуляторов роста растений на содержание нитратов, калия и фосфора в луке, среднее за 2020–2021 гг.

Вариант	Содержание		
	нитратов, мг/кг	калия в сухом веществе, %	фосфора в сухом веществе, %
Без обработки (контроль)	2,9	1,7	0,7
Эпин-Экстра	2,1	1,0	1,0
Цитовит	3,3	1,7	0,8
Циркон	5,3	1,7	0,8
Силиплант	6,4	2,0	0,7
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$

Выводы:

1. Применение регулятора роста Эпин-Экстра и микроудобрения Силиплант в виде предпосадочной обработки севка способствовало увеличению урожайности лука репчатого сорта F1 Геркулес на 0,28 и 0,47 кг/м² за счет увеличения массы луковиц.

2. Пораженность луковиц шейковой гнилью снижалась после применения всех исследуемых препаратов на 2,7–8,2 %, кроме Эпин-Экстра, после использования которого поражение лука болезнью увеличилось на 2,5 %.

3. Предпосевная обработка севка Цирконом способствовала увеличению сухого вещества на 5,8 %, растворимых сухих веществ на 2,4 %. Применение Эпин-Экстра привело к увеличению растворимых сухих веществ на 3,3 %, Цитовита – к увеличению аскорбиновой кислоты в луковицах на 10 мг/кг сырой массы.

Список источников

1. Александрова Н. А., Коробейникова О. В., Строт Т. А. Влияние микроэлементов на посевные качества семян ячменя сорта Раушан // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: материалы III Нац. науч.-практ. конф. Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия. 30 декабря 2019 г. Кемерово, 2019. С. 191–197.

2. Бессонова А. В. Влияние предпосевной обработки севка биопрепаратами на урожайность лука репчатого в степных условиях Республики Хакасия [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-predposevnoy-obrabotki-sevka-biopreparatami-na-urozhaynost-luka-repchatogo-v-stepnyh-usloviyah-respubliki-hakasiya/viewer> (дата обращения: 26.09.2021).

3. Болкунов А. И. Химический состав и пищевая ценность лука репчатого // Приоритетные на-

правления развития современной науки молодых ученых-аграриев. 2016. С. 257–301.

4. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Удмуртской Республике в 2020 году [Электронный ресурс]: [издание официальное]: статистический бюллетень: в 3 частях / Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике. Ижевск: Удмуртстат, 2021. URL: <http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=29015&id=43303>. Режим доступа: для автор. пользователей.

5. Голощапов А. П., Мухина М. В. Биопрепараты в защите репчатого лука от грибковых заболеваний // Научные результаты – агропромышленному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2 т. Курган: ГИПП «Зауралье», 2004. Т. 1. 504 с.

6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений: [издание официальное]. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.

7. Иванова Т. Е. Влияние диаметра севка и густоты стояния растений на урожайность лука репчатого // Научный потенциал – современному АПК: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2009. С. 53–57.

8. Иванова Т. Е. Влияние массы посадочной луковицы и площади питания на урожайность и качество лука шалота // Инновационному развитию АПК и аграрному образованию – научное обеспечение: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2012. С. 66–70.

9. Иванова Т. Е., Лекомцева Е. В. Сравнительная оценка сортов образцов лука шалота в зависимости от массы посадочного материала в условиях Удмуртской Республики // Состояние и перспективы развития садоводства в Сибири: материалы II Нац. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию плодового сада Омского ГАУ имени профессора А. Д. Кизюрина. 2016. С. 48–51.

10. Коробейникова О. В. Эффективность применения удобрений и регулятора роста в защите от болезней и увеличении урожайности яровой пшеницы // Молодые ученые в XXI веке: материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2005. С. 29–31.

11. Коробейникова О. В. Эффективность регуляторов роста растений в посевах яровой пшеницы // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. С. 62–67.

12. Коробейникова О. В., Строт Т. А. Влияние кремнийсодержащих соединений на пораженность яровой пшеницы Иргина болезнями и вредителями // Аграрная наука – состояние и проблемы: труды

региональной научно-практической конференции; отв. редактор: Любимов А. И. 2002. С. 68–70.

13. Лекомцева Е. В., Иванова Т. Е., Страдина О. А. Сравнительная оценка применения комплексных минеральных удобрений при выращивании лука шалота // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф. 2019. С. 47–52.

14. Лук репчатый – полный обзор рынков ЕС, Центральной Азии, Кавказа и Восточной Европы [Электронный ресурс] // Плодоовощной рынок: интернет-портал. URL: <https://east-fruit.com/plodoovoshchnoy-rynok/obzory-rynka/luk-repchatyuranniy-i-proshlogodniy-polnuu-obzor-rynkov-es-tsentralnoy-azii-kavkaza-i-vostochnoy-evropy/> (дата обращения: 26.09.2021).

15. Макеева И. Ю. Физиолого-биохимические ответы *Solanum tuberosum* на действие кофейной кислоты: дис. ... канд. биол. наук; спец. 03.01.05 «Физиология и биохимия растений». Орел, 2017. 22 с.

16. Малеванная Н. Н. Циркон – иммуномодулятор нового типа // Природный регулятор роста Циркон. Применение в сельском хозяйстве. М., 2010. С. 5–8.

17. Новости, Технологии. Аналитика сельского хозяйства [Электронный ресурс] // Агроветстник: интернет-портал. URL: <https://agrovesti.net/> (дата обращения: 26.09.2021).

18. Показатели качества овощных культур в зависимости от технологии выращивания / Т. Е. Иванова, О. В. Любимова, Л. А. Несмелова [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1 (57). С. 10–23.

19. Посадов А. Ю. Влияние регуляторов роста растений на фитосанитарное состояние ячменя сорта Раушан [Электронный ресурс] // Научные труды студентов Ижевской ГСХА / отв. за выпуск Н. М. Итешина. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. 2018. № 1 (4). Режим доступа к сборнику: свободный. С. 54–57.

20. Регуляторы роста растений и микроудобрения ННПП «НЭСТ М» в растениеводстве [Электронный ресурс] // Агропромышленный портал «АГРОХХИ»: интернет-портал. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/reguljatory-rosta-rastenii-i-mikroudobrenija-npp-nyest-m-v-rastenievodstve.html> (дата обращения: 26.09.2021).

21. Сельское хозяйство в России. 2021: стат. сб. / Росстат. М., 2021. 100 с.

22. Строт Т. А., Коробейникова О. В., Дорожкина Л. А. Снижение расхода фунгицидов в смеси с силиплантом при обработке пшеницы // Плодородие. 2006. № 4 (31). С. 14–15.

23. Тутова Т. Н. Влияние сорта и срока посадки севка на урожайность лука репчатого // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. № 4 (60). 2019. С. 43–48.

24. Циркон повышает устойчивость к пероноспорозу и урожайность лука / К. Л. Алексеева, В. А. Борисов, А. Р. Бебрис [и др.] // Защита и карантин растений. № 9. 2018. С. 20–22.

25. Швецов А. М., Киреева Т. Б., Шкляева А. В. Влияние сорта и срока посева на урожайность севка лука репчатого // Агрономическому факультету Ижевской ГСХА – 60 лет: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2014. С. 162–164.

26. Шульц Г. А., Благородова Е. Н. Использование стимуляторов роста на озимой культуре лука репчатого // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ. 2017. С. 269–271.

27. Adrees M., Ali S., Rizwan M., Zia-Ur-Rehman M., Ibrahim M. [et al.] Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: a review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2015; 119: 186–197. doi: 10.1016/j.ecoenv.2015.05.011.

28. Grove Michael D., Spencer Gayland F., Rohwedder William K., Mandava Nagabhusanam [et al.]. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature. Springer Science and Business Media LLC.* 1979; 281 (5728): 216–217. doi: 10.1038/281216a0.

29. Laxmi Meena and Ashwani Kumar Verma. Fungal diseases of onion and their biological management: a review / Department of Botany, Raj Rishi Govt. College, Alwar-301001 (Rajasthan), India. URL: <https://recent-scientific.com/fungal-diseases-onion-and-their-biological-management-review> (дата обращения: 29.09.2021).

30. Tanveer Mohsin, Shahzad Babar, Sharma Anket, Biju Sajitha [et al.]. 24-Epibrassinolide; an active brassinolide and its role in salt stress tolerance in plants: a review. *Plant Physiology and Biochemistry.* 2018; 130: 69–79. doi: 10.1016/j.plaphy.2018.06.035.

31. Zhu Y. and Gong H. Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. *Agron. Sustain. Dev.* 2014; 34: 455–472. doi: 10.1007/s13593-013-0194-1.

References

1. Aleksandrova N. A., Korobejnikova O. V., Strot T. A. Vliyanie mikroelementov na posevnye kachestva semyan yachmenya sorta Raushan // Aktual'nye nauchno-tekhicheskie sredstva i sel'skohozyajstvennye problemy: materialy III Nac. nauch.-prakt. konf. Kuzbasskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya. 30 dekabrya 2019 g. Kemerovo, 2019. S. 191–197.

2. Bessonova A. V. Vliyanie predposevnoj obrabotki sevka biopreparatami na urozhajnost' luka repchatogo v stepnyh usloviyah Respubliki Hakasiya [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-predposevnoj-obrabotki-sevka-biopreparatami-na-urozhajnost-luka-repchatogo-v-stepnyh-usloviyah-respubliki-hakasiya/viewer> (data obrashcheniya: 26.09.2021).

3. Bolkunov A. I. Himicheskij sostav i pishchevaya cennost' luka repchatogo // Prioritetnye napravleniya

razvitiya sovremennoj nauki molodyh uchenyh-agrariyev. 2016. S. 257–301.

4. Valovyeshbory i urozhajnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur po Udmurtskoj Respublike v 2020 godu [Elektronnyj resurs]: [izdanie oficial'noe]: statisticheskiy byulleten': v 3 chastyah / Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki, Territorial'nyj organ federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Udmurtskoj Respublike. Izhevsk: Udmurtstat, 2021. URL: <http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=29015&id=43303>. Rezhim dostupa: dlya avtor. pol'zovatelej.

5. Goloshchapov A. P., Muhina M. V. Biopreparaty v zashchite repchatogo luka ot gribkovykh zabolevanij // Nauchnye rezul'taty – agropromyshlennomu proizvodstvu: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. V 2 t. Kurgan: GIPP «Zaural'e», 2004. T. 1. 504 s.

6. Gosudarstvennyj reestr selekcionnykh dostizhenij, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. Sorta rastenij: [izdanie oficial'noe]. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2021. 719 s.

7. Ivanova T. E. Vliyanie diametra sevka i gustoty stoyaniya rastenij na urozhajnost' luka repchatogo // Nauchnyj potencial – sovremennomu APK: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKHA, 2009. S. 53–57.

8. Ivanova T. E. Vliyanie massy posadochnoj lukovicy i ploshchadi pitaniya na urozhajnost' i kachestvo luka shalota // Innovacionnomu razvitiyu APK i agrarnomu obrazovaniyu – nauchnoe obespechenie: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKHA, 2012. S. 66–70.

9. Ivanova T. E., Lekomceva E. V. Sravnitel'naya ocenka sortoobrazcov luka shalota v zavisimosti ot massy posadochnogo materiala v usloviyah Udmurtskoj Respubliki // Sostoyanie i perspektivy razvitiya sadovodstva v Sibiri: materialy II Nac. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 85-letiyu plodovogo sada Omskogo GAU imeni professora A. D. Kizyurina. 2016. S. 48–51.

10. Korobejnikova O. V. Effektivnost' primeneniya udobrenij i regul'yatora rosta v zashchite ot boleznej i uvelichenii urozhajnosti yarovoj pshenicy // Molodye uchenye v XXI veke: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh i specialistov. Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya. 2005. S. 29–31.

11. Korobejnikova O. V. Effektivnost' regul'yatorov rosta rastenij v posevah yarovoj pshenicy // Agrarnaya nauka – innovacionnomu razvitiyu APK v sovremennykh usloviyah: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKHA, 2013. S. 62–67.

12. Korobejnikova O. V., Strot T. A. Vliyanie kremnijsoderzhashchih soedinenij na porazhennost' yarovoj pshenicy Irgina boleznyami i vreditelyami // Agrarnaya nauka – sostoyanie i problemy: trudy regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii; otv. redaktor: Lyubimov A. I. 2002. S. 68–70.

13. Lekomceva E. V., Ivanova T. E., Stradina O. A. Sravnitel'naya ocenka primeneniya kompleksnykh mineral'nykh udobrenij pri vyrashchivani i luka shalota // Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2019. S. 47–52.

14. Luk repchatyj – polnyj obzor rynkov ES, Central'noj Azii, Kavkaza i Vostochnoj Evropy [Elektronnyj resurs] // Plodoovoshchnoj rynek: internet-portal. URL: <https://east-fruit.com/plodoovoshchnoy-rynek/obzory-rynka/luk-repchatyy-ranniy-i-proshlogodniy-polnyj-obzor-rynkov-es-tsentralnoy-azii-kavkaza-i-vostochnoy-evropy/> (data obrashcheniya: 26.09.2021).

15. Makeeva I. Yu. Fiziologo-biohimicheskie otvety Solanum tuberosum na dejstvie kofejnoj kisloty: dis. ... kand. biol. nauk; spec. 03.01.05 «Fiziologiya i biohimiya rastenij. Orel, 2017. 22 s.

16. Malevannaya N. N. Cirkon – immunomodulyator novogo tipa // Prirodnyj regul'yator rosta Cirkon. Primenenie v sel'skom hozyajstve. M., 2010. S. 5–8.

17. Novosti, Tekhnologii. Analitika sel'skogo hozyajstva [Elektronnyj resurs] // Agrovestnik: internet-portal. URL: <https://agrovesti.net/> (data obrashcheniya: 26.09.2021).

18. Pokazateli kachestva ovoshchnykh kul'tur v zavisimosti ot tekhnologii vyrashchivaniya / T. E. Ivanova, O. V. Lyubimova, L. A. Nesmelova [i dr.] // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. № 1 (57). S. 10–23.

19. Posadov A. Yu. Vliyanie regul'yatorov rosta rastenij na fitosanitarnoe sostoyanie yachmenya sorta Raushan [Elektronnyj resurs] // Nauchnye trudy studentov Izhevskoj GSKHA / otv. za vypusk N. M. Iteshina. – Izhevsk: FGOU VO Izhevskaya GSKHA. 2018. № 1 (4). Rezhim dostupa k sborniku: svobodnyj. S. 54–57.

20. Regul'yatory rosta rastenij i mikroudobreniya NNPP «NEST M» v rastenievodstve [Elektronnyj resurs] // Agropromyshlennyj portal «AGROXXI»: internet-portal. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/regul'yatory-rosta-rastenii-i-mikroudobreniya-npp-nyest-m-v-rastenievodstve.html> (data obrashcheniya: 26.09.2021).

21. Sel'skoe hozyajstvo v Rossii. 2021: stat. sb. / Rosstat. M., 2021. 100 c.

22. Strot T. A., Korobejnikova O. V., Dorozhkina L. A. Snizhenie raskhoda fungicidov v smesi s siliplanatom pri obrabotke pshenicy // Plodorodie. 2006. № 4 (31). S. 14–15.

23. Tutova T. N. Vliyanie sorta i sroka posadki sevka na urozhajnost' luka repchatogo // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. № 4 (60). 2019. S. 43–48.

24. Cirkon povyshaet ustojchivost' k peronosporozu i urozhajnost' luka / K. L. Alekseeva, V. A. Borisov, A. R. Bebris [i dr.] // Zashchita i karantin rastenij. № 9. 2018. S. 20–22.

25. Suvecov A. M., Kireeva T. B., Suklyaeva A. V. Vliyaniye sorta i sroka poseva na urozhajnost' sevka luka repchatogo // Agronomicheskomu fakul'tetu Izhevskoj GSKHA – 60 let: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2014. S. 162–164.

26. Suul'c G. A., Blagorodova E. N. Ispol'zovanie stimulyatorov rosta na ozimoy kul'ture luka repchatogo // Vestnik nauchno-tekhnicheskogo tvorchestva molodezhi Kubanskogo GAU. 2017. S. 269–271.

27. Adrees M., Ali S., Rizwan M., Zia-Ur-Rehman M., Ibrahim M. [et al.] Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: a review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2015; 119: 186–197. doi: 10.1016/j.ecoenv.2015.05.011.

28. Grove Michael D., Spencer Gayland F., Rohwedder William K., Mandava Nagabhushanam [et al.]. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from

Brassica napus pollen. *Nature. Springer Science and Business Media LLC.* 1979; 281 (5728): 216–217. doi: 10.1038/281216a0.

29. Laxmi Meena and Ashwani Kumar Verma. Fungal diseases of onion and their biological management: a review / Department of Botany, Raj Rishi Govt. College, Alwar-301001 (Rajasthan), India. URL: <https://recentscientific.com/fungal-diseases-onion-and-their-biological-management-review> (data obrashcheniya: 29.09.2021).

30. Tanveer Mohsin, Shahzad Babar, Sharma Anket, Biju Sajitha [et al.]. 24-Epibrassinolide; an active brassinolide and its role in salt stress tolerance in plants: a review. *Plant Physiology and Biochemistry.* 2018; 130: 69–79. doi: 10.1016/j.plaphy.2018.06.035.

31. Zhu Y. and Gong H. Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. *Agron. Sustain. Dev.* 2014; 34: 455–472. doi: 10.1007/s13593-013-0194-1.

Сведения об авторах:

О. В. Коробейникова^{1✉}, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0001-5743-5740>;

Т. А. Строт², кандидат сельскохозяйственных наук, профессор,
<https://orcid.org/0000-0003-3163-2142>

^{1,2}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Кирова, 16, Ижевск, Россия, 426033

¹korobejnikova.olga@inbox.ru

Original article

THE EFFECT OF PLANT GROWTH STIMULANTS ON YIELD, NECK ROT INFESTATION AND QUALITY OF ONION

Olga V. Korobejnikova^{1✉}, Tatyana A. Strot²

^{1,2}Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia

¹korobejnikova.olga@inbox.ru

Abstract. *One of the techniques in the onion cultivation technology is the usage of plant growth stimulants, they increase the stress resistance of plants, the size and conformity to a standard of the yield, accelerate the ripening period of products. A special place among stimulants is held by trace elements and immunomodulators. Based on this, the aim of the research was to identify the effect of plant growth stimulants on the yield, quality and disease incidence of onion F1 Hercules. Tasks involved the study of the effect of growth stimulants on the yield and disease infestation of onions; the determination of the biochemical parameters depending on the pre-planting treatment of onion with growth stimulants. Zircon (complex of hydroxycinnamic acids), Epin-Extra (24-epibrassinolide), Siliplant (silicon-containing fertilizer), Cytovite (a mixture of trace elements in chelated form) were studied. Studies on the effect of plant growth stimulants on disease incidence and onion yield in the conditions of the Udmurt Republic were conducted in 2020–2021. The use of Epin-Extra growth regulator and Siliplant micro-fertilizer in the form of pre-planting treatment of onion sets contributed to an increase in onion yield by increasing the weight of bulbs. The infestation of bulbs with grey neck rot decreased after the use of all studied drugs except Epin-Extra. The use of Zircon contributed to an increase in dry matter and soluble solids, Epin-Extra – an increase in soluble solids, Cytovite – an increase in ascorbic acid in the bulbs. It has been revealed that when the bulbs are affected by a fungus that causes neck rot, the biochemical parameters deteriorate. There was a decrease in the content of dry matter, soluble solids, ascorbic acid. The nitrate concentration increases.*

Key words: onion; plant growth regulators; Epin-Extra; Zircon; Cytovite; Siliplant; yield; neck rot; quality.

For citation: Korobejnikova O. V., Strot T. A. The effect of plant growth stimulants on yield, neck rot infestation and quality of onion. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy.* 2022; 3(71): 20-28. (In Russ.). https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_20-28.

Authors:

O. V. Korobejnikova^{1✉}, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-5743-5740>;

T. A. Strot², Candidate of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0003-3163-2142>

^{1,2}Izhevsk State Agricultural Academy, 16 Kirova St., Izhevsk, Russia, 426033

¹korobejnikova.olga@inbox.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 27.06.2022; одобрена после рецензирования 30.06.2022;

принята к публикации 01.09.2022.

The article was submitted 27.06.2022; approved after reviewing 30.06.2022; accepted for publication 01.09.2022.

Научная статья

УДК 638.162

DOI 10.48012/1817-5457_2022_3_28-34

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОТЕИНСОДЕРЖАЩЕГО АНТИОКСИДАНТА В КАЧЕСТВЕ ПОДКОРМКИ ДЛЯ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ

Федорова Александра Сергеевна¹, Воробьева Светлана Леонидовна^{2✉},
Васильева Марина Ивановна³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, Ижевск, Россия

²vorobievasveta@mail.ru

Аннотация. В последние десятилетия ситуация с пчеловодством в различных странах мира становится достаточно напряженной из-за заболеваний пчел различной этиологии. Частое применение химических препаратов приводит к ухудшению иммунитета медоносных пчел, снижению их устойчивости к инфекционным заболеваниям, а остаточные компоненты химических препаратов могут оставаться в продукции пчеловодства. Основной задачей пчеловодства является получение экологически безопасной медовой продукции. Для осуществления этой задачи пчеловодам необходимо использовать профилактические и лечебные растворы на основе натуральных компонентов. К таким средствам можно отнести препарат супероксиддисмутаза – сильный высокомолекулярный антиоксидант натурального происхождения. Исследования по изучению влияния супероксиддисмутаза в качестве профилактирующего средства, воздействующего на иммунный статус медоносных пчел, проводились в 2021 г. на стационарной пасеке предприятия ООО «Россия» Можгинского района Удмуртской Республики. Для проведения экспериментального исследования методом пар-аналогов были подобраны три опытные группы, по 10 пчелиных семей в каждой. Весной, после выставки пчел из зимовника, контрольная группа получала углеводную подкормку, опытные группы № 1 и № 2 в составе подкормки – биологически активную добавку в количестве 450 мг и 600 мг препарата соответственно. В пчелиных семьях, получавших антиокислительный препарат микробного происхождения, разница по количеству товарного меда составила 7,28 кг в пользу опытной группы № 2. Оценив качество меда, выявили, что все показатели соответствовали требованиям ГОСТ.

Ключевые слова: мед; медовая продуктивность; стимулирующая подкормка; медоносная пчела.

Для цитирования: Федорова А. С., Воробьева С. Л., Васильева М. И. Физико-химические показатели меда при использовании протеинсодержащего антиоксиданта в качестве подкормки для пчелиных семей // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(71). С. 28-34. https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_28-34.

Актуальность. В России отрасль пчеловодства имеет огромное значение в народном хозяйстве и в экономике в целом. При помощи медоносных пчел население страны получает такие ценные продукты пчеловодства, как мед, перга, прополис, цветочная пыльца, воск, маточное молочко, пчелиный яд. Продукты пчеловодства используются не только в пищевой, но и в парфюмерно-косметической промышленности [8, 9, 13].

Однако данная отрасль подвержена влиянию различных негативных факторов [7, 10, 13]. Изменение климата, повышение влажности, резкие перепады температур становятся толчком для развития многих заболеваний, которые могут привести к гибели большого количества пчелиных семей [2, 3, 13].

В настоящее время в Российской Федерации отмечается значительное увеличение распространения инфекционных болезней в пчеловодстве [14, 17]. По результатам эпизоотологического мониторинга за последние три года, 32–68 % пчелиных семей подвержены инфекционным заболеваниям, 30–40 % семей пчел на пасеках подвержены американскому гнильцу, что приводит к снижению производства медовой продукции на 30–80 % в зависимости от степени поражения пчелиной семьи [5, 13].

Широкое распространение получила проблема использования пчеловодами антибиотиков как лекарственных препаратов, в результате чего погибают не только патогенные микроорганизмы, но и полезная микрофлора кишечника пчел и пчелы утрачивают сопротивляемость иммунитета к другим заболеваниям. В то же время существует проблема активной подкормки пчелиных семей сахарным сиропом, которая приводит к преждевременному расходованию резервных веществ организма, что сокращает продолжительность жизни пчел. В связи с этим появилась необходимость поиска альтернативных способов лечения, профилактики и стимуляции организма медоносной пчелы, которые были бы экологически безопасны как для пчел, так и для потребителей их продукции [6, 13, 16, 18].

К таким средствам можно отнести препарат супероксиддисмутаза (СОД) – сильный высокомолекулярный антиоксидант, относящийся к мембраносвязанным и цитозольным ферментам. По своему строению представляет олигомерный фермент: состоит из нескольких субъединиц – протомеров, объединенных в четвертичную структуру, выполняющих каталити-

ческие и регуляторные функции. Она превосходит природные антирадикальные механизмы защиты выраженным антиоксидантным, противовоспалительным, общеукрепляющим эффектом; нейтрализует вредное химическое и радиационное воздействие на пациентов при лечении онкологических заболеваний [1, 4, 13].

Целью исследования является определение физико-химических показателей меда при использовании протеинсодержащего препарата в качестве профилактического средства, повышающего иммунный статус медоносных пчел.

Материал и методы исследований. Исследования по изучению влияния супероксиддисмутаза в качестве профилаксирующего средства, воздействующего на иммунный статус медоносных пчел, проводились в 2021 г. на стационарной пасеке предприятия ООО «Россия» Можгинского района Удмуртской Республики. Оценку качества меда на соответствие ГОСТу проводили в лаборатории кафедры технологии переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Для проведения экспериментального исследования были подобраны три опытные группы, по 10 пчелиных семей в каждой, методом пар-аналогов, идентичных по силе семьи, возрасту матки, количеству печатного расплода и меда, конструкции и размеру ульев.

Схема опыта при формировании опытных групп приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема исследования

Контрольная группа	Опытная группа № 1	Опытная группа № 2
1. Медовая сыта (1:1) в 3-кратной повторности	1. Медовая сыта (1:1) + 50 мг БАД/пчелиную семью; 2. Медовая сыта (1:1) + 150 мг БАД/пчелиную семью; 3. Медовая сыта (1:1) + 250 мг БАД/пчелиную семью	1. Медовая сыта (1:1) + 100 мг БАД/пчелиную семью; 2. Медовая сыта (1:1) + 200 мг БАД/пчелиную семью; 3. Медовая сыта (1:1) + 300 мг БАД/пчелиную семью

Весной, после выставки пчел из зимовника, контрольная группа получала углеводную подкормку, опытные группы № 1 и № 2 в составе подкормки – биологически активную добавку (БАД). В борьбе с нозематозом была апробирована БАД – протеин микробного происхождения, обладающая антиоксидантными свойствами, катализирует реакции

превращения радикалов до воды. Подкормку осуществляли трехкратно, через каждые 12 дней, с каждой последующей подкормкой дозировку функционально действующего вещества увеличивали. Всего на опытную группу № 1 было израсходовано препарата 450 мг, на опытную группу № 2 – 600 мг.

Все исследования проводились согласно методам проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве (2006) [11].

Медовую продуктивность учитывали по результатам взвешивания на весах товарного меда и кормового меда, оставшегося в гнезде на зимовку, а также страхового запаса по 5 кг на семью.

Метод пыльцевого анализа осуществлялся центрифугированием закристаллизованного меда и просмотром с помощью световой микроскопии пыльцевых зерен по ГОСТ 31769-2012 «Мед. Метод определения частоты встречаемости пыльцевых зерен».

Массовая доля влаги в меде определялась рефрактометрическим методом – по ГОСТ 31774-2012 «Мед. Рефрактометрический метод определения воды».

Массовая доля редуцирующих сахаров определялась калориметрическим методом – по ГОСТ 32167-2013 «Мед. Методы определения сахаров».

Диастазное число меда определялось калориметрическим методом – по ГОСТ 34232-2017 «Мед. Методы определения активности сахарозы, диастазного числа, нерастворимых веществ».

Общая кислотность определялась по ГОСТ 32169-2013 «Мед. Методы определения водородного показателя и свободной кислотности».

Полученные данные подвергались статистической обработке методами вариационной статистики с проверкой достоверности результатов с помощью критерия Стьюдента и уровня значимости (P) по методу Н. А. Плохинского и Е. К. Меркурьевой. Постоянную обработку приобретенных сведений выполняли на платформе программы Microsoft Office Excel.

Результаты исследований. В ходе проведения исследований по изучению количественных и качественных характеристик меда зафиксирован положительный результат использования подкормки. Сравнительный анализ по изучению количества валовой и товарной медовой продуктивности выявил среди анализируемых групп максимальный уровень продуктивности в опытной группе № 2 (рис. 1).

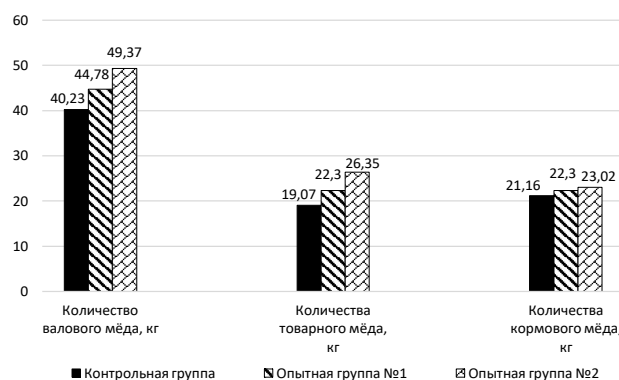


Рисунок 1 – Медовая продуктивность пчелиных семей

В пчелиных семьях, получавших антиокислительный препарат микробного происхождения, количество валового меда было больше в опытной группе № 1 на 4,55 кг, в опытной группе № 2 – на 9,14 кг. Разница по количеству товарного меда составила 7,28 кг в пользу опытной группы № 2.

Основным требованием, предъявляемым к медовой продукции, считается качество меда, которое прежде всего свидетельствует о его безопасности. По структуре мед имеет биохимический состав, включающий в себя различные группы ферментов, витаминов, аминокислот, ароматических и минеральных веществ, кислот и прочих веществ.

В составе меда содержатся редуцирующие сахара, которые расщепляются на глюкозу (27–36 %) и фруктозу (33–42 %). Точное соотношение моносахаридов зависит от типа взятка, выделенного объема ферментов от пчелы и от условия и качества хранения продукции.

Одной из группы энзимов считается диастаза, присутствующая в секрете головных желез пчелы, способная расщеплять крахмал пыльцы. Она является хорошим индикатором при определении натуральности и зрелости меда, гарантирующим потребителю получение натурального продукта, подвергнувшегося щадящей обработке [15].

Также мед должен включать в себя совокупность реологических качеств, которые зависят от температуры. К ним имеют отношение: консистенция, кристаллизация, теплопроводность, плотность, вязкость, кислотность, электропроводность [12].

В дальнейшем мед кристаллизуется в зависимости от ботанического состава растений, с которых был собран нектар. Твердые частицы представляют собой зародыши кристаллов: если они неравномерные, то мед имеет грубую

и жесткую структуру; если кристаллы имеют равномерный вид, то консистенция мягкая и нежная.

Мед обладает низкой теплопроводностью, вследствие чего сохранность продукта возрастает, лишь на поверхностном слое может наблюдаться белый налет из-за повышенного содержания оксиметилфурфурола.

Плотность выражается в отношении массы меда к занимаемому объему: чем выше удельный вес, тем лучше его качественные показатели. На плотность оказывают влияние климатические условия, степень зрелости и способ хранения продукта.

Вязкость показывает содержание воды в меде, уровень которой зависит от консистенции, температуры и влажности. Чем ниже значение признаков, тем хуже качества пластичности.

Кислотность меда должна находиться в границах от 3,5 до 5,5 и показывать закисание при высоких показателях, фальсификацию отмечают при низких долях кислотности.

Мед имеет способность проводить электрический ток, так как кислоты, находящиеся в составе меда, частично диссоциируют, а минеральные компоненты имеют множество ионов.

Несоблюдение условий хранения продукции, температурные обработки и откачка незрелого меда – все это приводит к потере его полезных свойств и несоответствию качества требованиям нормативных документов. Такие изменения отражаются на физико-химических показателях продукта, поэтому их определение является обязательным условием при оценке качества меда (табл. 2).

Значение диастазы в контрольной группе составило 17,3 ед., в то время как в опытных группах № 1 и № 2 ферментативная активность желез пчел была выше на 9,1 и 10 ед. соответственно, что впоследствии отразилось на инверсии сахарозы. Высоким содержанием редуцирующих сахаров отличился мед в опытной группе № 2 – 97,9 %, что выше контрольной

группы на 21,2 %. По массовой доле влаги следует отметить, что все образцы меда были откачаны в зрелом состоянии (не превышали 20 %).

Для медово-товарного пчеловодства необходимо понимать ботаническое и географическое происхождение. По межгосударственному стандарту мед бывает трех видов: цветочный, смешанный и падевый. Цветочный мед подразделяется на две разновидности: монофлерный и полифлерный со своими характерными особенностями.

Монофлерный мед – нектар, собранный и переработанный из одного вида растений, определяется по доминирующей культуре. Представленный тип обладает высокой степенью витаминов, минералов, органических кислот, аминокислот и ценится на рынке за выраженные вкусовые качества. Полифлерный вид – медовая продукция, которая сочетает в себе несколько видов растений. Название сорта устанавливается в зависимости от географической местности, времени откачки.

Для определения классификации по ботаническому и географическому происхождению медовой продукции был проведен пыльцевой анализ. Данный метод позволил идентифицировать зерна пыльцы, преобладающие на территории пасеки (рис. 2).

В представленном препарате было выявлено разнообразие пыльцевых зерен, принадлежащих: клеверу луговому – округло-треугольные зерна с заостренными концами; кипрею узколистному – зерна шаровидной формы с выраженными бугорчатыми порами; люцерне посевной – трехбороздно-поровые зерна с длинными бороздами, неровными краями и округлыми порами; липе мелколистной – зерна шаровидно-сплюсненной формы с щелевидными бороздами и продольно вытянутыми порами; иве остролистной – зерна эллипсоидной формы, с короткими бороздами и ровными краями и др. Ботаническое происхождение меда доказывает сбор пчелиными семьями цветочного меда с полифлорным составом.

Таблица 2 – Физико-химические показатели меда

Показатель	ГОСТ 19792-2017	Группа пчелиных семей		
		контрольная	опытная № 1	опытная № 2
		$X \pm m_x$	$X \pm m_x$	$X \pm m_x$
Диастазное число, ед. Готе	Не менее 8,0	17,3±1,9	26,4±3,15	27,36±4,22
Массовая доля редуцирующих сахаров, %	Не менее 65,0	76,70±6,14	94,4±1,67	97,9±0,47
Массовая доля сахарозы, %	Не более 5,0	1,79±0,20	4,18±0,41	3,10±0,76
Общая кислотность, см ³	Не более 4,0	1,4±1,6	2,7±0,32	2,9±0,20

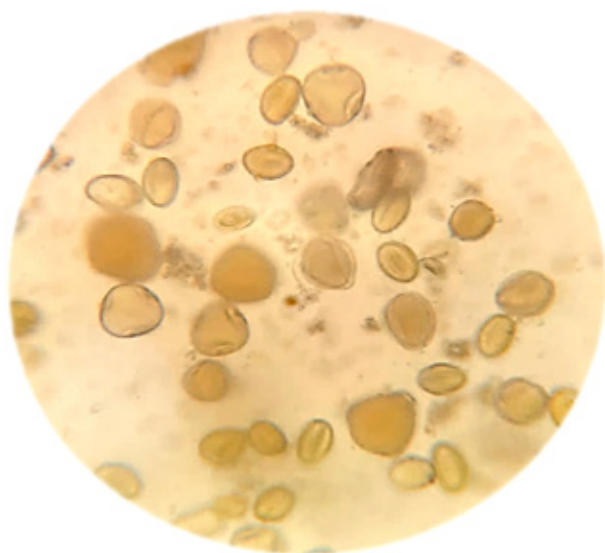


Рисунок 2 – Пыльцевые зерна медоносных растений

Таким образом, применение стимулирующего препарата – антиоксиданта микробного происхождения – приводит к увеличению количества медовой продукции за счет оздоровления медоносных пчел и не наносит вреда ее качественным характеристикам, что достаточно важно при употреблении меда в пищу.

Список источников

1. Активность супероксиддисмутазы, каталазы и содержание А-токоферола в сыворотке крови больных сахарным диабетом 2 типа, осложненным стеатогепатитом, при проведении комбинированного лечения с эпифамином / С. С. Попов, А. Н. Пашков, К. К. Шульгин, А. Ю. Перегудова // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2014. № 1. С. 92–97.
2. Беспалова Т. С., Чупахина О. К. Экологические препараты для успешной зимовки пчел // Пчеловодство. 2014. № 8. С. 28–29.
3. Блиев И. А. Актуальные аспекты менеджмента натурального меда в торговой сети // World science: problems and innovations: сборник статей XIII Международ. науч.-практ. конф. 2017. С. 91–94.
4. Волыхина В. Е., Шафрановская Е. В. Супероксиддисмутазы: структура и свойства // Вестник ВГМУ. 2009. Т. 8. № 4. С. 1–11.
5. Галеева Э. Р. Основные принципы этиопатогенетической терапии американского гнильца медоносных пчел в РФ // Аллея науки. 2018. Т 2. № 1(17). С. 451–453.
6. Горлов И. Ф., Мосолов А. А., Комлацкий Г. В. Новые стимулирующие подкормки для пчеловодства // Перспективы развития пчеловодства в условиях индустриализации АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 14–16 октября 2020 г. Краснодар, 2020. С. 98–104.
7. Димов В. Т., Люто А. А., Межев В. О. Пчеловодство в Красноярском крае: состояние и перспективы развития // Современное состояние и перспективы развития пчеловодства в Сибири, 26 марта 2015 г. Красноярск, 2015. С. 8–10.
8. Коноплева М. М. Продукты жизнедеятельности медоносной пчелы // Вестник фармации. 2011. № 1(51). С. 76–86.
9. Кульшарова Э. К. Определение биологической ценности продуктов пчеловодства // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 5. С. 74–79.
10. Любимов А. И., Колбина Л. М., Воробьева С. Л. Экологические факторы, влияющие на жизнедеятельность пчел // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2014. Т. 220. № 2. С. 157–159.
11. Методы проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве. Рыбное: НИИП, 2006. 156 с.
12. Мороз Г. М. Экспертиза качества меда и маркетинговые исследования // Вестник торгово-технологического института. 2010. № 2. С. 84–86.
13. Мушталева Е. Д. Влияние профилактических препаратов органического происхождения на хозяйственно-полезные характеристики пчелиных семей в условиях Удмуртской Республики: дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.10 / Мушталева Екатерина Дмитриевна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»]. Ижевск, 2021. 121 с.
14. Пашаян С. А., Сидорова К. А. Воздействие экологических факторов на степень распространения заразных болезней пчел // Аграрный вестник Урала. 2010. № 12(79). С. 30–31.
15. Тараненко Е. А., Сердюченко И. В. Показатели качества меда по Краснодарскому краю // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / отв. за вып. А. Г. Кошцаев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Грублина, 2017. С. 279–280.
16. Фаттахова Н. А., Галиев Д. М. Современные альтернативы кормовым антибиотикам // Молодежь и наука. 2019. № 3. С. 44.
17. Харитонов Н. Н. Селекция пчелиных семей на устойчивость к заболеваниям – актуальнейшая задача // Новое в науке и практике пчеловодства: материалы координационного совещания и 9-й научно-практической конференции. 2009. С. 23–31.
18. Хозяйственно полезные признаки пчелиных семей при стимулирующих подкормках

с белковыми наполнителями в условиях Центрального Таджикистана / А. Шарипов, В. Н. Саттаров, А. Х. Абдурасулов [и др.] // Вестник Омского государственного университета. 2021. № 1-2. С. 498–508.

References

1. Aktivnost' superokisddismutazy, katalazy i sodержanie A-tokoferola v syvorotke krovi bol'nyh saharным diabetom 2 tipa, oslozhnennym steatogepatitom, pri provedenii kombinirovannogo lecheniya s epifaminom / S. S. Popov, A. N. Pashkov, K. K. Shul'gin, A. Yu. Peregudova // Kurskij nauchno-prakticheskiy vestnik «Chelovek i ego zdorov'e». 2014. № 1. S. 92–97.
2. Bepalova T. S., Chupahina O. K. Ekologicheskie preparaty dlya uspeshnoj zimovki pchel // Pchelovodstvo. 2014. № 8. S. 28–29.
3. Bliev I. A. Aktual'nye aspekty menedzhmenta natural'nogo meda v torgovoy seti // World science: problems and innovations: sbornik statej XIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2017. S. 91–94.
4. Volyhina V. E., Shafranovskaya E. V. Superoksid-dismutazy: struktura i svoystva // Vestnik VGMU. 2009. T. 8. № 4. S. 1–11.
5. Galeeva E. R. Osnovnye principy etiopatogeneticheskoj terapii amerikanskogo gnil'ca medonosnyh pchel v RF // Alleya nauki. 2018. T. 2. № 1(17). S. 451–453.
6. Gorlov I. F., Mosolov A. A., Komlackij G. V. Novye stimuliruyushchie podkormki dlya pchelovodstva // Perspektivy razvitiya pchelovodstva v usloviyah industrializacii APK: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 14–16 oktyabrya 2020 g. Krasnodar, 2020. S. 98–104.
7. Dimov V. T., Lyuto A. A., Mezhev V. O. Pchelovodstvo v Krasnoyarskom krae: sostoyanie i perspektivy razvitiya // Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya pchelovodstva v Sibiri, 26 marta 2015 g. Krasnoyarsk, 2015. S. 8–10.
8. Konopleva M. M. Produkty zhiznedeyatel'nosti medonosnoj pchely // Vestnik farmacii. 2011. № 1(51). S. 76–86.
9. Kul'sharova E. K. Opredelenie biologicheskoy cennosti produktov pchelovodstva // Byulleten' nauki i praktiki. 2018. T. 4. № 5. S. 74–79.
10. Lyubimov A. I., Kolbina L. M., Vorob'eva S. L. Ekologicheskie faktory, vliyayushchie na zhiznedeyatel'nost' pchel // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana. 2014. T. 220. № 2. S. 157–159.
11. Metody provedeniya nauchno-issledovatel'skikh rabot v pchelovodstve. Rybnoe: NIIP, 2006. 156 s.
12. Moroz G. M. Ekspertiza kachestva meda i marketingovye issledovaniya // Vestnik torgovo-tehnologicheskogo instituta. 2010. № 2. S. 84–86.
13. Mushtaleva E. D. Vliyanie profilakticheskikh preparatov organicheskogo proiskhozhdeniya na hozyajstvenno-poleznye harakteristiki pchelinyh semej v usloviyah Udmurtskoj Respubliki: dis. ... kand. s.-h. nauk : 06.02.10 / Mushtaleva Ekaterina Dmitrievna; [Mesto zashchity: FGBOU VO «Orenburgskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet»]. Izhevsk, 2021. 121 s.
14. Pashayan S. A., Sidorova K. A. Vozdejstvie ekologicheskikh faktorov na stepen' rasprostraneniya zaraznyh boleznej pchel // Agrarnyj vestnik Urala. 2010. № 12(79). S. 30–31.
15. Taranenko E. A., Serdyuchenko I. V. Pokazateli kachestva meda po Krasnodarskomu krayu // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statej po materialam H Vserossijskoj konferencii molodyh uchenykh, posvyashchennoj 120-letiyu I. S. Kosenko, Krasnodar, 26–30 noyabrya 2016 goda / otv. za vyp. A. G. Koshchaev. Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. I. T. Trubilina, 2017. S. 279–280.
16. Fattahova N. A., Galiev D. M. Sovremennye al'ternativy kormovym antibiotikam // Molodezh' i nauka. 2019. № 3. S. 44.
17. Haritonov N. N. Selekcija pchelinyh semej na ustojchivost' k zabolevaniyam – aktual'nejshaya zadacha // Novoe v nauke i praktike pchelovodstva: materialy koordinacionnogo soveshchaniya i 9-j nauchno-prakticheskoj konferencii. 2009. S. 23–31.
18. Hozyajstvenno poleznye priznaki pchelinyh semej pri stimuliruyushchih podkormkah s belkovymi napolnitelyami v usloviyah Central'nogo Tadjikistana / A. Sharipov, V. N. Sattarov, A. H. Abdurasulov [i dr.] // Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta. 2021. № 1-2. S. 498–508.

Сведения об авторах:

А. С. Федорова¹, аспирант, <https://orcid.org/0000-0001-6786-571X>;

С. Л. Воробьева^{2✉}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-5640-3472>;

М. И. Васильева³, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-1778-9808>

^{1,2,3}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

²vorobievasveta@mail.ru

Original article

PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF HONEY WHEN USING PROTEIN-CONTAINING ANTIOXIDANT AS FEEDING FOR BEE COLONIES

Alexandra S. Fedorova¹, Svetlana L. Vorobieva^{2✉}, Marina I. Vasilyeva³^{1,2,3}Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia²vorobievasveta@mail.ru

Abstract. In recent decades the situation in beekeeping in various countries of the world has become quite tense due to diseases of bees of various etiologies. The frequent use of chemicals leads to a deterioration in the immunity of honey bees, a decrease in their resistance to infectious diseases, and the residual components of chemicals can remain in bee products. The main task of beekeeping is to obtain environmentally friendly honey products. To accomplish this task, beekeepers need to use preventive and therapeutic solutions based on natural ingredients. These drugs include the superoxide dismutase – a strong high-molecular antioxidant of natural origin. Studies of the effect of superoxide dismutase as a prophylactic agent affecting the immune status of honey bees were carried out at the stationary apiary of “Rossiya” of Mozhginskiy district of the Udmurt Republic in 2021. To conduct an experimental study three experimental groups were selected using the method of pairs-analogues, 10 bee colonies in each group. In the spring, after the exposure of bees from the winter hut, the control group received carbohydrate feeding, experimental groups № 1 and № 2 received a biologically active additive as part of the feeding 450 mg and 600 mg of a drug, respectively. In bee colonies that received an antioxidant drug of microbial origin, the difference in the amount of marketable honey was 7.28 kg in favor of the experimental group № 2. Assessing the quality of honey it was found that all indicators met the requirements of standards.

Key words: honey; honey productivity; stimulating feeding; honey bee.

For citation: Fedorova A S., Vorobieva S. L., Vasilyeva M. I. Physical and chemical parameters of honey when using protein-containing antioxidant as feeding for bee colonies. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022; 3(71): 28-34. (In Russ.). https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_28-34.

Authors:

A. S. Fedorova¹, Postgraduate student, <https://orcid.org/0000-0001-6786-571X>;

S. L. Vorobieva^{2✉}, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-5640-3472>;

M. I. Vasilyeva³, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-1778-9808>

^{1,2,3}Izhevsk State Agricultural Academy, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

²vorobievasveta@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 18.08.2022; одобрена после рецензирования 24.08.2022; принята к публикации 01.09.2022.

The article was submitted 18.08.2022; approved after reviewing 24.08.2022; accepted for publication 01.09.2022.

Научная статья

УДК 636.2

DOI 10.48012/1817-5457_2022_3_35-42

АНАЛИЗ СОХРАННОСТИ РЕПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Хамитова Лилия Фирдаусовна¹✉, Ильина Анастасия Николаевна²^{1,2}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, Ижевск, Россия¹dmhlf@mail.ru

Аннотация. Интенсивное ведение молочного скотоводства часто сопровождается значительным снижением воспроизводительных качеств коров, что приводит к сокращению их продуктивного использования коров в среднем до трех лет и снижает рентабельность отрасли. Целью работы была оценка эффективности мероприятий, направленных на повышение и сохранение репродуктивных свойств крупного рогатого скота. Сравнительные исследования проводились в шести предприятиях Удмуртской Республики в период с 2019 по 2021 г. Объектом исследования являлись коровы черно-пестрой породы. В работе использовали ретроспективное исследование по результатам клинических, биохимических, анамнестических данных. По данным анализа хозяйственных условий, зоотехнического учета и результатов клинико-гинекологических исследований можно выявить и устранить факторы, тормозящие получение высоких результатов по воспроизводству стада на каждой ферме. Для исследованных хозяйств рекомендуется следующее: скорректировать кормовую базу животных, а именно восстановить кальциево-фосфорное соотношение. При этом возможно использовать фармакологические препараты с оптимальной усвояемостью кальция. Но необходимо определить количество корма на голову с учетом желаемых показателей в перспективе. В зависимости от конкретного биохимического профиля рекомендуется вводить препараты йода и препараты, препятствующие развитию кетоза и ацидоза скота, особенно при наращивании молочной продуктивности. Для коррекции метаболических процессов в период сухостоя и послеплодный период необходимо введение препаратов жирорастворимых витаминов с учетом живой массы и продуктивности скота. Мероприятия по синхронизации поголовья могут быть проведены только при условии оптимального баланса биохимического профиля и клинического состояния животного как неотъемлемой части грамотной работы по воспроизводству стада.

Ключевые слова: крупный рогатый скот; репродуктивная система; обмен веществ.

Для цитирования: Хамитова Л. Ф., Ильина А. Н. Анализ сохранности репродуктивных качеств крупного рогатого скота // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(71). С. 35-42. https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_35-42.

Актуальность. Последствием интенсификации молочного скотоводства часто является снижение воспроизводительных качеств коров. Это ведет к сокращению продуктивного использования животных в среднем до трех лет и снижает рентабельность сельхозпроизводителей. Низкий уровень воспроизводства стада в значительной степени связан с внедрением интенсивного пути развития молочного скотоводства и ослаблением адаптивных способностей скота к внешним факторам, в результате наблюдается физиологический антагонизм между работой репродуктивной системы и молочной железой через механизм блокирования функции яичников. В складывающихся условиях специалисты сельскохозяйственных предприятий должны не только не допустить падежа, выбраковки и вынужденного убоя скота, но и в полной мере реа-

лизовать их воспроизводительный потенциал [2, 11].

Цель исследования: оценить эффективность мероприятий, направленных на повышение и сохранение репродуктивных свойств крупного рогатого скота.

Задачи: провести комплексный анализ состояния воспроизводства стада в условиях некоторых сельскохозяйственных предприятий; изучить технические аспекты ведения животноводства в конкретных хозяйствах; выявить основные причины нарушения репродуктивных качеств; предложить комплекс мероприятий, направленных на повышение репродуктивного потенциала крупного рогатого скота.

Материал и методы исследования. Сравнительные исследования проводились в шести предприятиях Удмуртской Республики в период с 2019 по 2021 г. Объектом исследова-

ния являлись коровы черно-пестрой породы. В работе использовали ретроспективное исследование по результатам клинических, биохимических, анамнестических данных.

Результаты исследований. Проанализировав данные по воспроизводству за 2019–2021 гг., мы получили следующие выводы: удлинение сервис-периода в среднем составило 131 ± 47 дней, увеличение случаев абортных и мертворожденных за 2019 г. – до 7 % маточного поголовья; высокий уровень выбраковки коров вследствие нарушения работы репродуктивной системы на протяжении трех лет – до 31 ± 7 % от общего объема брака; короткий срок эксплуатации коров редко превышает $2,2 \pm 0,9$ года. Данные зоотехнических служб свидетельствуют о крайне напряженной работе отрасли, что, естественно, отражается и на качестве продукции, и на рентабельности сельхозпроизводителей.

Изучаемые предприятия содержат животных по беспривязному типу круглогодично. Основные и часто выявляемые нарушения при содержании складываются из отсутствия подстилочного материала, жестких холодных полов, повышенного уровня влажности до 82 %; температура воздуха в корпусах в летний период достигала 32 °С, зимой 5 °С; отмечено повышенное содержание аммиака до 30 мг/м³, низкая скорость движения воздуха до 0,1 м/с. Полученные результаты свидетельствуют о том, что микроклимат не соответствует зооветеринарным требованиям и может быть сопутствующим фактором заболеваний [3, 5].

Анализируя кормовую базу изучаемых предприятий, а также кормление коров, мы сделали следующие выводы: корма бедны по содержанию фосфора, кальция и сахара – 0,86; 3,83; 0,39 г/кг соответственно, наблюдается разбалансировка основных соотношений частей корма. Частично отмечено повышенное содержание в кормах молочной, масляной и уксусной кислот – 13,57; 0,50; 3,97 % соответственно. В четырех из шести предприятий используют высококонцентратный тип кормления – от 10 кг в сутки на животное, отмечено нарушение кратности и режима кормления; в кормах, используемых на трех предприятиях, обнаружено повышенное содержание зеараленона – до 900 ± 300 мг/кг корма.

При анализе ветеринарно-зоотехнической документации и работы с молодым молодняком в хозяйствах обнаружены неудовлетворительные условия выращивания ремонтного молодняка.

К ним относили выпойку маститного молока, нарушение режимов кормления, отсутствие качественных грубых кормов, содержание аммиака 36 мг/м³ и более в помещениях для содержания молодняка всех возрастных групп, отсутствие возможностей для моциона, некачественное и запоздалое проведение лечебных и профилактических мероприятий, что, в свою очередь, приводит к отставанию в росте и развитии. При этом в группе новорожденных теллят в пяти хозяйствах обнаружены признаки заболеваний нарушения обмена веществ, в частности рахита.

На всех предприятиях в основном стаде передерживают животных, утративших хозяйственную ценность вследствие перенесенных заболеваний или длительного бесплодия. На некоторых предприятиях количество таких животных достигает 18 % от дойного поголовья.

Часто отсутствует «обратная связь» по рациону кормления с учетом состояния воспроизводительной функции у животных, недостаточный уход и неудовлетворительные условия содержания.

В трех хозяйствах отмечается бесконтрольное и хаотичное использование антибиотиков широкого спектра действия. При работе по профилактике инфекционных заболеваний в двух предприятиях не проводится контроль качества вакцинации.

Нами были проведены лабораторные биохимические исследования крови животных в количестве 10 % от дойного поголовья в каждом предприятии. Общее количество исследуемых животных – 251 голова.

С учетом полученных данных в зависимости от хозяйства результаты представлены в таблице 1.

При анализе данных таблицы 1 можно сделать вывод, что во всех изучаемых хозяйствах показатели биохимии крови ярко свидетельствуют о нарушениях. В зависимости от полученных результатов внутри предприятий мы отнесли их к одной из групп. В первую группу попали четыре предприятия. Для животных этих хозяйств характерна гиперпротеинемия, гипергликемия, гипокальциемия, гиперфосфатемия, кальций-фосфорное отношение составляет 0,5. У животных, принадлежащих предприятиям, отнесенным во вторую группу, отмечали незначительную гипопропротеинемия, резко выраженную гипергликемию, гиперкальциемия, гиперфосфатемия. При этом в биохимическом профиле животных всех предприятий отмечается гипокаротинемия.

Таблица 1 – Результаты биохимического исследования крови

Показатель	Физиологическая норма	1-я группа	2-я группа
		4 предприятия, 170 голов	2 предприятия, 81 голова
Общий белок, г/л	70–88	96,4±6	71,9±7
Глюкоза, ммоль/л	2,22–3,88	4,19±0,13	1,49±0,35
Кальций, ммоль/л	2,5–3,13	1,21±0,49	2,84±0,59
Резерв. щелочность, об.%СО ₂	46–66	35,02±0,6	29,5±0,7
Фосфор, ммоль/л	1,45–1,94	2,39±0,21	2,14±0,13
Каротин, мг%	0,4–3,0	0,3±0,2	0,3±0,2
Ca/P	1,5	0,5	1,3

Представленные данные свидетельствуют о значительно выраженных нарушениях обмена веществ, которые приводят к заболеваниям конечностей и репродуктивной системы и в дальнейшем являются основными причинами выбраковки животных [1, 4, 7]. По всем предприятиям отмечают причины выбытия коров, на болезни конечностей приходится до 35,0 %, заболевания яичников – до 34,6 %.

Результаты исследования репродуктивной системы в зависимости от продолжительности сервис-периода представлены в таблице 2. Во всех исследуемых хозяйствах на протяжении трех и более лет ведется работа по синхронизации половых циклов.

Таблица 2 – Диагностика заболеваний репродуктивной системы (n = 670)

Патологические процессы	Сервис-период, дней				
	60–90	90–120	120–150	150–180	180 и более
Метрит/эндометрит, %	27	22	15	11	4
Сальпингит, %	1	1	2	2	2
Персистентное желтое тело, %	24	22	18	12	11
Фолликулярная киста, %	5	8	9	12	11
Киста желтого тела, %	26	26	22	21	28
Гипофункция яичников, %	39	31	26	22	12
Комплексная патология, %	28	14	11	11	29

По данным таблицы 2 можно сделать некоторые выводы. При удлинении сервис-периода значительно снижаются показатели заболеваемости матки животных, но при сервис-периоде более 180 дней комплексная патология яичников и матки встречается чаще, чем при начале терапии. При этом необходимо отметить, что в хозяйствах, отнесенных к первой группе по биохимическому профилю, у коров регистрируются деструктивные изменения яичников в виде уплощения, размягчения и повышения чувствительности, а в хозяйствах второго типа наблюдается уменьшение размеров, уплотнение капсулы яичников.

При отборе патологоанатомического материала нами были подтверждены клинические диагнозы у коров с сервис-периодом более 180 дней (рис. 1–4).

Исходя из представленных выше данных, основными факторами снижения показателей воспроизводительной функции коров в исследуемых хозяйствах являются: неудовлетворительные условия выращивания ремонтного молодняка, врожденные заболевания обмена веществ, нарушение технологии выращивания, в частности выпаживание маститного молока, отсутствие качественной кормовой базы, нарушение параметров микроклимата помещений, помещения для выращивания не всегда соответствуют физиологическим потребностям. Проведение лечебных и профилактических мероприятий нуждается в научно обоснованном и грамотно спланированном с практической точки зрения перечне. При этом необходимо следить за качеством выполнения.

При работе по искусственному осеменению частично наблюдается хаотичная работа по синхронизации охоты, в то же время часто наблюдается проблема технологического характера при подготовке материалов для искусственного осеменения.

Передержка в основном стаде животных, утративших хозяйственную ценность вследствие перенесенных заболеваний или длительного бесплодия, не позволяет сформировать качественные группы с учетом физиологического статуса животных, что приводит к необоснованным финансовым и трудовым затратам.

Параметры микроклимата нуждаются в постоянном контроле. При повышении молочной продуктивности особое значение приобретает контроль температуры воздуха окружающей среды [8, 10]. В то же время необходимо уделить внимание повышенной влажности и загазованности.



Рисунок 1 – Структура яичника с комплексными нарушениями: киста желтого тела, персистентное желтое тело



Рисунок 2 – Хронический метрит, фолликулярный кистоз, киста желтого тела



Рисунок 3 – Хронический метрит (на разрезе рис. 2), фолликулярный кистоз, киста желтого тела

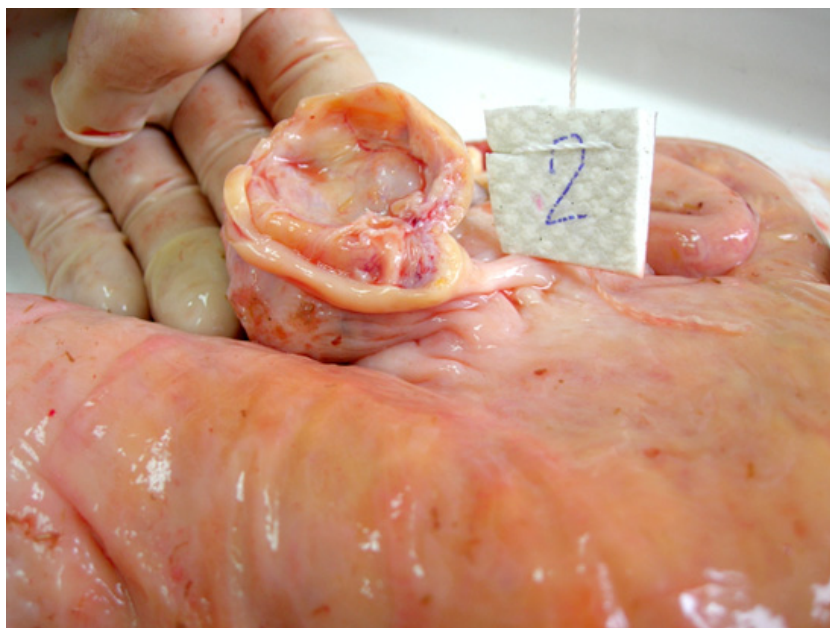


Рисунок 4 – Фолликулярная киста яичника

Особое внимание необходимо уделить качеству и количеству корма на столе животных. Даже при высоком качестве количественная недостаточность существенно влияет на показатели воспроизводства. При этом необходимо подчеркнуть, что низкое качество корма с повышенным содержанием вредных веществ существенно влияет на состояние репродуктивной системы и сложно корректируется медикаментами.

При работе по профилактике заболеваний заразной и незаразной этиологии необходимо четко придерживаться разработанного внутрихозяйственного плана. Все мероприятия плана должны контролироваться не только по выполнению, но и по качеству произведенной работы. Эффективность средств фармакологической коррекции также должна подтверждаться внутри предприятия, что особенно актуально на крупных производственных комплексах. Это замечание относится как к вакцинам, сывороткам и другим биопрепаратам, так и к кормовым добавкам, гормонам и витаминам. Отсутствие такой программы контроля, особенно в условиях крупных предприятий, может привести к существенным экономическим потерям вследствие значительного недополучения продукции или продукции со сниженным качеством [9].

Использование вакцин, сывороток и гормонов должно быть строго регламентировано в условиях конкретных предприятий. Хаотичное неконтролируемое использование этих групп препаратов приводит к значительной выбраковке поголовья.

Контроль стельности должен осуществляться с 31–35-го дня. При этом оптимальным является использование ультразвуковых устройств как наиболее малоинвазивных и травматичных. Но диагностика и контроль животных с сервис-периодом свыше 90 дней должны проводиться ректально мануально. Это позволяет определить качественное нарушение структуры органа и принять соответствующие меры.

Регулярное проведение контрольных мероприятий по поголовью позволит существенно снизить затраты на устранение заболеваний животных.

Анализируя хозяйственные условия, данные зоотехнического и ветеринарного учета и контроля, результаты лабораторных и клинико-гинекологических исследований, можно выявить и устранить факторы, тормозящие получение высоких результатов по воспроизводству стада и его сохранности на каждой ферме.

Поскольку нарушение воспроизводительной функции маточного поголовья крупного рогатого скота чаще носит вторичный характер, то эффективность предпринимаемых мероприятий становится существенно выше, если в хозяйстве создана прочная кормовая база, соблюдаются полноценное кормление коров в течение года и технология осеменения, производится направленное выращивание телок, обеспечивается активный моцион и функционируют родильные отделения, налажен производственно-зоотехнический учет на фермах [12].

Изученные предприятия в основе своей деятельности часто упускают из вида возможность контроля обмена веществ по диагностическому биохимическому профилю. Для животных первой группы характерна гиперпротеинемия, гипергликемия, гипокальциемия, гиперфосфатемия, кальций-фосфорное отношение составляет 0,5. У животных, отнесенных ко второй группе, отмечали незначительную гипопропротеинемию, резко выраженную гипергликемию, гиперкальциемию, гиперфосфатемию. При этом в биохимическом профиле животных всех предприятий отмечается гипокаротинемия.

Несмотря на то, что выявленные нарушения отличаются внутри предприятий в зависимости от структуры рациона и продуктивности поголовья, необходима ежедневная, кропотливая работа специалистов всех уровней. Вопросами воспроизводства нельзя заниматься от случая к случаю. Только комплексный подход позволит избежать диагностических ошибок, согласовать эффективные меры по улучшению воспроизводства стада [6, 12].

Для эффективного контроля состояния воспроизводства поголовья скота прежде всего необходимо регулярно документировать всю текущую работу, касающуюся воспроизводства стада. По данным анализа хозяйственных условий, зоотехнического учета и результатов клинико-гинекологических исследований можно выявить и устранить факторы, тормозящие получение высоких результатов по воспроизводству стада на каждой ферме.

Для исследованных хозяйств рекомендуется следующее: скорректировать кормовую базу животных, а именно восстановить кальциево-фосфорное соотношение. При этом возможно использовать фармакологические препараты с оптимальной усвояемостью кальция. Но необходимо определить количество корма на голову с учетом желаемых показателей в перспективе.

В зависимости от конкретного биохимического профиля рекомендуется вводить препараты йода и препараты, препятствующие развитию кетоза и ацидоза скота, особенно при наращивании молочной продуктивности. Для коррекции метаболических процессов в период сухостоя и послеотельный период необходимо введение препаратов жирорастворимых витаминов с учетом живой массы и продуктивности скота.

Мероприятия по синхронизации поголовья могут быть проведены только при усло-

вии оптимального баланса биохимического профиля и клинического состояния животного как неотъемлемой части грамотной работы по воспроизводству стада.

Противоэпизоотические мероприятия на маточном поголовье должны быть строго регламентированы существующей обстановкой [12].

Выводы. Система мероприятий должна быть сформирована для каждого конкретного хозяйства на основании комплексной регулярной диспансеризации. Диспансеризация должна проводиться не реже двух раз в год, а в крупных хозяйствах – до четырех раз в год с целью экстренной корректировки нарушенных показателей, что позволит устранить в долгосрочной перспективе возможные нарушения. Только конкретная работа в условиях каждого отдельно взятого предприятия позволит сформировать четкий план и возможности развития.

При учете биохимических показателей особое значение имеют не только сами показатели физиологической нормы, но и их соотношения, именно они чаще всего в начале процесса могут показать нарушение гомеостаза в организме. Патологические процессы в репродуктивной системе часто можно рассматривать как сопутствующие нарушения обмена веществ. Качество корма, определяемое лабораторно, увы, не всегда свидетельствует о его высокой усвояемости. Поэтому вторичный контроль биохимического статуса позволит избежать проблем в долговременной перспективе.

Список источников

1. Булдакова Г. Рацион коров: важность кальций-фосфорного отношения // Комбикорма. 2014. № 3. С. 85–87.
2. Грига О. Э., Грига Э. Н., Баженов С. Е. Течение обменных процессов у коров в различные периоды воспроизводительной функции // Ветеринарная патология. 2013. № 2. С. 71, 74, 75.
3. Князева М. В., Хамитова Л. Ф., Максимова Е. В. Особенности распространения и клинического проявления эндометритов у коров в условиях племенных хозяйств Удмуртской Республики // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2014. № 4. С. 82–85.
4. Кононов В. П. Проблема совместимости высокой молочной продуктивности, воспроизводительной способности и продуктивной жизни коров в современном скотоводстве // FarmAnimals. 2013. № 1(2). С. 40–47.
5. Максимова Е. В., Бабинцева Т. В. Микробиологические показатели подстилочного навоза

при ускоренном компостировании // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. С. 62–65.

6. Оценка терапевтической эффективности различных препаратов при криптоспориidioзе телят / Е. С. Климова, М. Э. Мкртчян, И. С. Иванов [и др.] // Российский паразитологический журнал. 2021. Т. 15. № 4. С. 76–81.

7. Порфирьев И. А. Обмен веществ и продуктивность. Нарушения обмена веществ у высокопродуктивных коров при различных условиях содержания и кормления // Сельскохозяйственная биология. 2001. Вып. 2. С. 27–41.

8. Практические рекомендации по воспроизводству крупного рогатого скота / К. В. Племяшов, Г. М. Андреев, П. Г. Захаров [и др.]. СПб.: СПбГАВМ, 2007. 84 с.

9. Проблемы физиологии и патологии репродуктивной функции коров. Ч. 2. Этиопатогенез нарушений репродуктивной функции у коров и телок и методы их коррекции / В. Ельчанинов [и др.]. Дубровицы, 2003. 189 с.

10. Сезонно-возрастная динамика эймериоза и криптоспориidioза крупного рогатого скота / Е. С. Климова, М. Э. Мкртчян, Е. В. Максимова [и др.] // Международный вестник ветеринарии. 2020. № 3. С. 24–29.

11. Состояние обмена веществ, органов пищеварения, репродуктивной системы и дистальных отделов конечностей крупного рогатого скота в Удмуртской Республике / Г. Н. Бурдов, Е. А. Михеева, Л. А. Перевозчиков [и др.] // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (36). С. 82–89.

12. Хамитова Л. Ф., Шатова С. В., Метлякова А. А. Взаимосвязь противоэпизоотических мероприятий с морфологическими изменениями в половой системе коров // Морфология. 2019. Т. 155. № 2. С. 299.

References

1. Buldakova G. Racion korov: vazhnost' kal'cijfosfornogo otnosheniya // Kombikorma. 2014. № 3. С. 85–87.

2. Griga O. E., Griga E. N., Bazhenov S. E. Tehenie obmennyh processov u korov v razlichnye periody vosproizvoditel'noj funkcii // Veterinarnaya patologiya. 2013. № 2. С. 71, 74, 75.

3. Knyazeva M. V., Hamitova L. F., Maksimova E. V. Osobennosti rasprostraneniya i klinicheskogo proyavleniya endometritov u korov v usloviyah plemennyh hozyajstv Udmurtskoj Respubliki // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarии. 2014. № 4. С. 82–85.

4. Kononov V. P. Problema sovместимости vysokoj molochnoj produktivnosti, vosproizvoditel'noj sposobnosti i produktivnoj zhizni korov v sovremennom skotovodstve // FarmAnimals. 2013. № 1(2). С. 40–47.

5. Maksimova E. V., Babinceva T. V. Mikrobiologicheskie pokazateli podstilochnogo navoza pri uskorenном kompostirovanii // Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. С. 62–65.

6. Ocenka terapevticheskoj effektivnosti razlichnyh preparatov pri kriptosporidioze telyat / E. S. Klimova, M. E. Mkrтчyan, I. S. Ivanov [i dr.] // Rossijskij parazitologicheskij zhurnal. 2021. Т. 15. № 4. С. 76–81.

7. Porfir'ev I. A. Obmen veshchestv i produktivnost'. Narusheniya obmena veshchestv u vysokoproduktivnyh korov pri razlichnyh usloviyah soderzhaniya i kormleniya // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2001. Vyp. 2. С. 27–41.

8. Prakticheskie rekomendacii po vosproizvodstvu krupnogo rogatogo skota / K. V. Plemyashov, G. M. Andreev, P. G. Zaharov [i dr.]. SPb.: SPbGAVM, 2007. 84 s.

9. Problemy fiziologii i patologii reproduktivnoj funkcii korov. CH. 2. Etiopatogenez narushenij reproduktivnoj funkcii u korov i telok i metody ih korrekcii / V. El'chaninov [i dr.]. Dubrovicy, 2003. 189 s.

10. Sezonno-vozrastnaya dinamika ejmerioza i kriptosporidioza krupnogo rogatogo skota / E. S. Klimova, M. E. Mkrтчyan, E. V. Maksimova [i dr.] // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarии. 2020. № 3. С. 24–29.

11. Sostoyanie obmena veshchestv, organov pishchevareniya, reproduktivnoj sistemy i distal'nyh otделov konechnostej krupnogo rogatogo skota v Udmurtskoj Respublike / G. N. Burdov, E. A. Miheeva, L. A. Pervezchikov [i dr.] // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3 (36). С. 82–89.

12. Hamitova L. F., Shatova S. V., Metlyakova A. A. Vzaimosvyaz' protivoevizooticheskikh meropriyatij s morfologicheskimi izmeneniyami v polovoj sisteme korov // Morfologiya. 2019. Т. 155. № 2. С. 299.

Сведения об авторах:

Л. Ф. Хамитова^{1✉}, кандидат ветеринарных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-6719-5792>;

А. Н. Ильина², аспирант, <https://orcid.org/0000-0002-4797-6452>

^{1,2}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

¹dmhlf@mail.ru

Original article

ANALYSIS OF CATTLE FERTILITY PRESERVATIONLiliya F. Khamitova^{1✉}, Anastasiya N. Ilyina²^{1,2}Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia¹dmhlf@mail.ru

Abstract. *Intensive dairy cattle breeding often comes with a significant decrease in the reproductive qualities of cows, which leads to a reduction in the productivity of cows on average up to 3 years, which reduces industry profitability. The purpose of the work was to evaluate the effectiveness of measures aimed at improving and preserving the reproductive properties of cattle. Comparative studies were conducted in six enterprises of the Udmurt Republic over a three-year period from 2019 to 2021. The subject of the research were cows of Black-and-White breed. A retrospective study based on the results of clinical, biochemical, and anamnestic data was used. The analysis of economic conditions, zootechnical accounting and the results of clinical and gynecological studies can be helpful for identifying and eliminating factors that retard obtaining high results in herd reproduction on each farm. The following is recommended for the studied farms: to correct the animal feed base, namely, to restore the calcium-phosphorus ratio. At the same time it is possible to use pharmacological preparations with optimal absorption of calcium. But it is necessary to determine the amount of feed per head taking into account the desired indicators in the future. Depending on the specific biochemical profile, it is recommended to introduce iodine preparations and drugs that prevent the development of ketosis and acidosis of cattle especially when increasing dairy productivity. To correct metabolic processes during the dry and the post-calving periods, it is necessary to introduce preparations of fat-soluble vitamins taking into account the live weight and productivity of livestock. Measures in livestock synchronization can be carried out only under the condition of an optimal balance of the biochemical profile and the animal clinical condition as an integral part of competent work on the herd reproduction.*

Key words: *cattle; reproductive system; metabolism.*

For citation: *Khamitova L. F., Ilyina A. N. Analysis of cattle fertility preservation. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2022; 3(71): 35-42. (In Russ.). https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_35-42.*

Authors:

L. F. Khamitova^{1✉}, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-6719-5792>;

A. N. Ilyina², Postgraduate student, <https://orcid.org/0000-0002-4797-6452>

^{1,2}Izhevsk State Agricultural Academy, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

¹dmhlf@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 09.09.2022; одобрена после рецензирования 11.09.2022; принята к публикации 13.09.2022.

The article was submitted 09.09.2022; approved after reviewing 11.09.2022; accepted for publication 13.09.2022.

Научная статья

УДК 636.2.034:612.8

DOI 10.48012/1817-5457_2022_3_43-49

ЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПОВЕДЕНИЯ КОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОКА

Кудрин Михаил Романович¹✉, Иванов Иван Николаевич²^{1,2}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, Ижевск, Россия¹kudrin_mr@mail.ru

Аннотация. Изучение элементов поведения коров в первую очередь необходимо для разработки проектно-технологических решений при постройке ферм по производству молока, что сохранит здоровье животных и будет способствовать достижению высокой продуктивности. Целью исследований явилось изучение отдельных элементов поведения коров при привязной технологии содержания в зимне-стойловый период. Исследования проведены в 2020–2021 гг. на базе СПК (колхоз) «Искра» Кезского района Удмуртской Республики. Дана оценка отдельным элементам поведения коров при привязной технологии содержания: активность коров в течение суток (стоят, лежат); положение отдыха (позы); попытки встать на ноги после отдыха. По результатам исследований выяснилось, что за сутки коровы стоят в среднем 13,84 часа и отдыхают всего 10,16 часа. Самое распространенное положение отдыха у коров на боку, голова отведена в сторону – 96 голов (52,7 %). Отдыхают коровы в положении на боку, с вытянутой головой – 73 головы (40,1 %). Имеются случаи, когда коровы занимают неестественную позу – 13 голов (7,2 %). Наблюдение за коровами во время отдыха показало, что в среднем смена позиций происходит через 71,5 минуты, в группе колеблется от 47 до 105 минут. Количество попыток встать на ноги после отдыха в среднем составило 2,2 раза, а в группе колебалось в пределах от 1 до 4 раз. Установлено, что стойла не соответствовали размерам коров, поэтому специалистам хозяйства рекомендовано размещать животных с учетом современных требований для комфортного отдыха и увеличения продуктивности.

Ключевые слова: корова; черно-пестрая порода; привязная технология содержания; продуктивность; поведение; активность; отдых; положение; поза; позиция; кратность; конечность.

Для цитирования: Кудрин М. Р., Иванов И. Н. Значение элементов поведения коров при производстве молока // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(71). С. 43-49. https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_43-49.

Актуальность. Поведение, или этология, – это адаптационный механизм животных к окружающей среде: погодным условиям, сезонным изменениям растительности. Коровы, взаимодействуя с человеком, проявляют те же реакции, что и с другими домашними животными и хищниками [7–9].

Коровы – стадные животные, этим объясняются их поведенческие реакции и основные потребности: пища, питье, отдых, сохранение вида. В течение суток и сезона года эти показатели подвержены изменениям. Сезонность зависит от способа содержания: привязный, беспривязно-боксовый, а последний, в свою очередь, беспривязный на глубокой подстилке. Иерархия в стаде крупного рогатого скота распределяется следующим образом: лидеры (ведущая группа), соподчиненные, подчиненные и угнетенные. Доказано, что в стаде из 100 коров лидерами являются порядка трех-пяти голов, такое же число слабых животных и около

7–10 % – соподчиненные. Основная доля – это подчиненные. Отношение всех животных друг с другом соответствует занимаемому рангу: более сильные подчиняют себе более слабых. Особенности поведения коров требуется учитывать при проектировании и постройке животноводческих помещений, поскольку от этого зависит продуктивность животных [1–3].

Цель исследования: исследовать отдельные элементы поведения коров при привязной технологии содержания в зимне-стойловый период.

Задачи: изучить технологию содержания коров; исследовать отдельные элементы поведения коров при привязной технологии содержания.

Материал и методы. Исследования проведены в СПК (колхоз) «Искра» Кезского района Удмуртской Республики, который занимается разведением и воспроизводством крупного рогатого скота черно-пестрой породы. Исследова-

ния проведены по методике Юдина М. Ф., Фенченко Н. Г., Лазаренко В. Н. [10].

В процессе исследований изучены: активность коров в течение суток; положение (позы) отдыха коров и смена позиций отдыха; кратность попыток встать на конечности после отдыха и затраченное на это время.

Для изучения активности коров в течение суток мы проводили хронометраж через каждый час, начиная с 00.00 одного дня и до 00.00 следующего дня, и вели подсчет, сколько коровы лежат и стоят.

Положение отдыха (позы) изучали в тот момент, когда большинство коров отдыхали. Для изучения смены позиции отдыха мы отобрали 10 полновозрастных коров, стоящих рядом друг с другом, которые легли отдыхать в промежутке от 5 до 10 минут. Для того чтобы изучить количество попыток встать на ноги после отдыха, исследовали только здоровых коров. Животных будили легким похлопыванием по спине и засекали время секундомером.

Результаты исследования. СПК (колхоз) «Искра» Кезского района занимается разведением и воспроизводством голштинизированного крупного рогатого скота черно-пестрой породы. Хозяйство является товарным, основное направление – молочно-мясное.

На начало 2022 г. на предприятии имелось 1410 голов крупного рогатого скота, в том числе 530 коров, или 39,1 % в структуре стада. Продуктивность коров в 2021 г., согласно производственному отчету, составила 5949 кг, с массовой долей жира 3,80 % и массовой долей белка 3,00 %. На 100 коров получено 72 теленка.

В хозяйстве применяется привязная технология содержания дойных коров с полимерными ковриками на полу, в летний период осуществляется пастбище коров, в зимний период коров в основном содержат в помещении на привязи, но выпускают на прогулку на 1,5–2,0 часа.

В помещении, где проводились исследования (МТФ № 1), содержится 198 коров. На ферме для отдыха животных обустроен эконоп на бетонной основе. Ширина стойла – 1,25 м, длина – 2,15 м, подстилочный материал в хозяйстве не используют.

Исследования активности коров в течение суток в разрезе времени показали, что наибольшее количество коров стоят в период от 05.00 до 11.00 часов (от 74,7 до 97,5 %) и от 16.00 до 22.00 часов (от 60,1 до 93,9 %).

В промежутке от 04.00 до 05.00 часов животные стоят 58,1 %; от 11.00 до 12.00 – 52,5 %; от 12.00 до 16.00 – от 30,3 до 44,9 % и от 22.00 до 23.00 – 45,9 %.

Активность коров начинает снижаться с 23.00 и до 04.00 часов и составляет в пределах от 5,1 до 21,2 %. Наименьшая активность животных наблюдается в промежутке времени от 02.00 до 04.00 часов. Таким образом, по результатам исследований выяснилось, что за сутки коровы стоят в среднем 13,84 часа и отдыхают всего 10,16 часа (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Активность коров в течение суток

Промежуток времени		Положение коров в стойле, n = 198			
		стоят		лежат	
		голов	%	голов	%
1	24.00–01.00	28	14,1	170	85,9
2	01.00–02.00	31	15,7	167	84,3
3	02.00–03.00	16	8,1	182	91,9
4	03.00–04.00	10	5,1	188	94,9
5	04.00–05.00	115	58,1	83	41,9
6	05.00–06.00	193	97,5	5	2,5
7	06.00–07.00	181	91,4	17	8,6
8	07.00–08.00	148	74,7	52	25,3
9	08.00–09.00	186	93,9	12	6,1
10	09.00–10.00	197	99,5	1	0,5
11	10.00–11.00	164	82,8	34	17,2
12	11.00–12.00	104	52,5	94	47,5
13	12.00–13.00	89	44,9	109	55,1
14	13.00–14.00	85	42,9	113	57,1
15	14.00–15.00	72	36,4	126	63,6
16	15.00–16.00	60	30,3	138	69,7
17	16.00–17.00	163	82,3	35	17,7
18	17.00–18.00	152	76,8	46	23,2
19	18.00–19.00	119	60,1	79	39,9
20	19.00–20.00	155	78,3	43	21,7
21	20.11–21.00	186	93,9	12	6,1
22	21.00–22.00	156	78,8	42	21,2
23	22.00–23.00	91	45,9	107	54,1
24	23.00–24.00	42	21,2	156	78,8
Итого	24 часа	2743	X	2011	X
13,84	X	10,16	X		

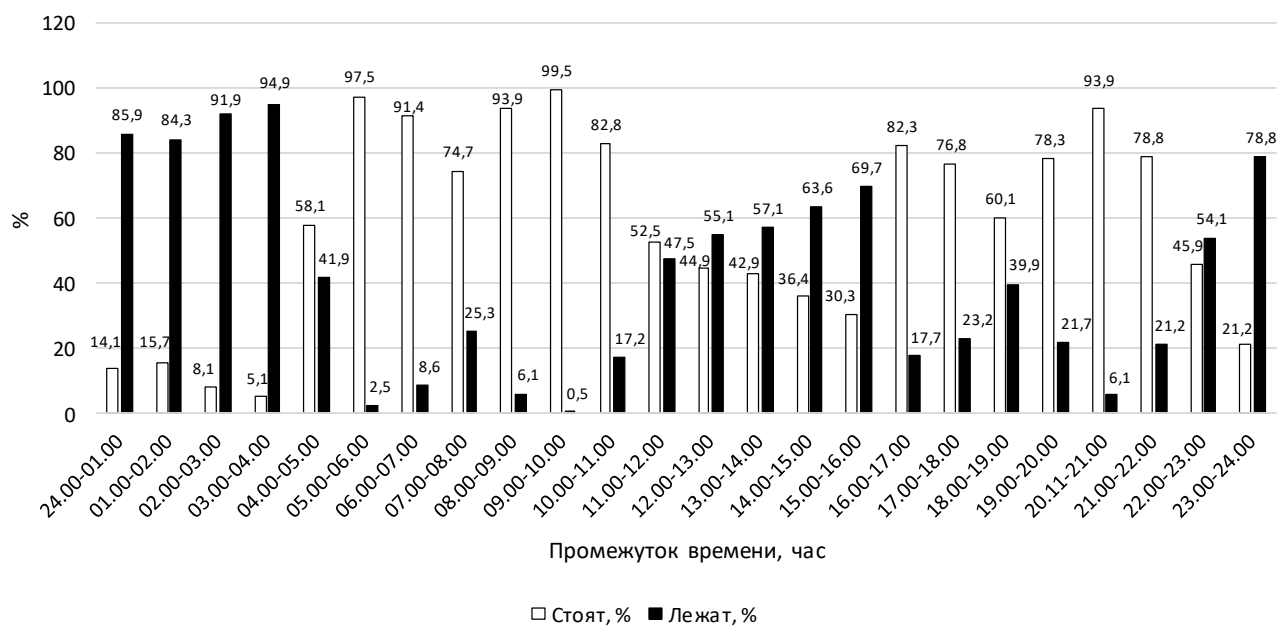


Рисунок 1 – Активность коров в течение суток в промежутках времени

Нами проведены исследования по изучению положения (поз) отдыха 182 коров, или 92,0 % поголовья, размещенного в корпусе. Выяснилось, что самое распространенное положение отдыха у коров на боку, голова отведена в сторону – 96 голов, или 52,7 %. Также коровы отдыхают в положении на боку, с вытянутой головой – 73 головы, или 40,1 %. Имеются случаи, когда коровы занимают неестественную позу, и таких в стаде насчитали 13 голов, или 7,2 % (табл. 2).

Таблица 2 – Положение (поза) отдыха коров

Поза коровы	Количество случаев, n = 182 (%)
на боку, с вытянутой головой	73 (40,1)
из них:	
задние конечности согнуты умеренно	73
передние конечности вытянуты вперед	8 (11,0)
передние конечности согнуты в капральных суставах	65 (82,0)
на боку, голова отведена в сторону	96 (52,7)
из них:	
задние конечности согнуты умеренно	96
передние конечности вытянуты вперед	3 (3,1)
передние конечности согнуты в капральных суставах	93 (96,9)
неудобные (неестественные) позы	13 (7,2)

Результаты исследований ученых [5] показали, что на одном боку корова лежит до одного часа, затем встает, потягивается и ложится на другой бок. Наши исследования по изучению смены позиции коровами во время отдыха, проведенные на 10 животных, показали, что в среднем смена позиции происходит через $71,5 \pm 17,65$ минуты. В данной группе этот показатель колебался от 47 до 105 минут (табл. 3).

Таблица 3 – Смена позиции отдыха коров

Кличка коровы	Смена позиции отдыха, минуты
1. Норка	80
2. Дубрава	93
3. Роса	61
4. Потеха	65
5. Находка	47
6. Помада	52
7. Серенада	72
8. Нарва	105
9. Дельта	68
10. Пилотка	72
Среднее	$71,5 \pm 17,65$

Стойло считается комфортным, если корова из положения лежа может одним движением легко встать на ноги [5, 6, 12]. Наблюдения, проведенные за коровами, показали, что количество попыток встать на ноги после отдыха в среднем составило $2,2 \pm 0,92$ раза, а в груп-

пе из 10 голов находилось в пределах от одного до четырех раз (табл. 4).

Таблица 4 – Количество попыток встать на ноги после отдыха

Кличка коровы	Количество попыток				
	1	2	3	4	итого, раз
1. Норка	+	+	+		3
2. Дубрава	+	+			2
3. Роса	+	+			2
4. Потеха	+	+			2
5. Находка	+	+			2
6. Помада	+	+			2
7. Серенада	+				1
8. Нарва	+				1
9. Дельта	+	+	+	+	4
10. Пилотка	+	+	+		3
Среднее	X	X	X	X	2,2±0,92

Исследования, проведенные по изучению поз коров при подъеме на конечности после отдыха, показали, что из 10 коров семь встали с одной позиции: туловище подается назад, а задние ноги поднимаются первыми, голова поднята вверх или направлена в сторону, а три коровы при подъеме сначала подняли передние ноги, затем задние (табл. 5).

Таблица 5 – Позиция коров при подъеме

Кличка коровы	Позы при подъеме	
	I позиция	II позиция
1.Норка	+	
2. Дубрава	+	
3. Роса	+	
4. Потеха		+
5. Находка	+	
6. Помада		+
7. Серенада		+
8. Нарва	+	
9. Дельта	+	
10. Пилотка	+	
Среднее	7	3

Исследованиями установлено [10, 11, 13], что здоровые коровы после отдыха затрачивают на подъем в среднем 18,14±9,72 секунды (табл. 6).

Также был проведен анализ выбытия коров по причине заболевания конечностей, и оказалось, что за год по этой причине выбыло девять голов, что составило 4,5 % от количества животных, содержащихся на МТФ № 1. За истекший отчетный период родилось шесть мертворожденных телят, или 3,0 %; абортировало 19 коров, или 9,6 % голов, находящихся в данном помещении.

Таблица 6 – Время, затраченное на подъем после отдыха

Кличка коровы	Номер попытки и время на подъем, секунды				
	1	2	3	4	итого
1. Норка	9,71	8,36	10,35	–	28,42
2. Дубрава	7,73	8,33	–	–	16,06
3. Роса	9,66	8,55	–	–	18,21
4. Потеха	5,12	7,39	–	–	12,51
5. Находка	5,68	9,31	–	–	14,99
6. Помада	8,71	8,10	–	–	16,81
7. Серенада	7,39	–	–	–	7,39
8. Нарва	5,57	–	–	–	5,57
9. Дельта	7,81	9,20	6,37	8,45	23,38
10. Пилотка	5,53	18,26	14,25	–	38,04
Среднее	X	X	X	X	18,14±9,72

В ходе исследований мы изучили основные производственные показатели хозяйства в отрасли скотоводства за отчетный период (табл. 7).

Таблица 7 – Основные производственные показатели в отрасли скотоводства на ферме

Показатель	СПК (колхоз) «Искра»
Содержится коров, голов	1410
Удой на корову, кг	5949
МДЖ, %	3,80
МДБ, %	3,00
Получено телят на 100 коров, голов	72
Реализовано молока высшим сортом, %	90,0
Себестоимость 1 кг молока, руб.	21,40
Рентабельность производства молока, %	18,6
Рентабельность в целом по хозяйству, %	11,2

Окончание таблицы 7

Показатель	МТФ № 1
Содержится коров, голов	198
Выбыло коров по причине заболевания конечностей, голов	9
Родилось мертворожденных телят, голов	6
Абортировало коров, голов	19

Вывод. По результатам исследований, проведенных на МТФ № 1, выяснилось, что за сутки коровы стоят в среднем 13,84 часа и отдыхают всего 10,16 часа, хотя по физиологической норме они должны отдыхать не менее 12–13 часов. Причиной этому послужили стойла, которые не соответствуют размерам коров.

Специалистам хозяйства рекомендовано размещать коров в корпусах с учетом их живой массы, постоянно контролировать состояние стада по элементам поведения с целью своевременного принятия мер по корректировке размещения животных.

Список источников

1. Ижболдина С. Н., Кудрин М. Р., Николаев В. А. Основа получения высокой молочной продуктивности коров // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ижевск, 2016. С. 97–103.

2. Количественные и качественные показатели молочной продуктивности высокопродуктивных коров / С. Н. Ижболдина, М. Р. Кудрин, В. А. Николаев, В. П. Чукавин // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 1. С. 34–39.

3. Романенко А. Ю. Оптимизация структуры стада и новые технологические приемы выращивания ремонтных телок: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Романенко Александр Юрьевич; [Место защиты: Всерос. науч.-исслед. ин-т животноводства]. Тверь, 2013. 138 с.

4. Стрекозов Н. И. Состояние и перспективы развития скотоводства России // Научное наследие П. Н. Кулешова и современное развитие зоотехнической науки и практики животноводства: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора П. Н. Кулешова, 26–29 октября 2004 года. Москва, 2006. С. 28–42.

5. Стрекозов Н. И., Амерханов Х. А., Первов Н. Г. Молочное скотоводство России. Москва, 2013. 616 с.

6. Юдин М. Ф. Поведение коров в зависимости от времени суток // Тезисы и материалы IV региональной конференции «Животный мир Южного Урала и Северного Прикаспия». Оренбург, 2000. С. 95–96.

7. Юдин М. Ф. Поведение коров на пастбище // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, животноводства, товароведения, обществознания и подготовки кадров на Южном Урале на рубеже веков: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Троицк, 2000. С. 248–250.

8. Юдин М. Ф. Этологическая характеристика молодняка симментальской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2002. № 1. С. 36–39.

9. Юдин М. Ф. Этологический режим дойных коров при привязном содержании // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, животноводства, товароведения, обществознания и подготовки кадров на Южном Урале на рубеже веков: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Троицк, 2000. С. 250–253.

10. Юдин М. Ф., Фенченко Н. Г., Лазаренко В. Н. Этология крупного рогатого скота. Уфа-Троицк, 2001. 187 с.

11. Brestensky V., Broucek J. Etologicky rezim krav cismostracateho nizinneho dobytra pri individualnom a vol nom ustajneni // Ved. Prace Vysk. Ustavu Zivocisnei Vyroby v Nitra. 1988. T. 23. S. 103–113.

12. Koch G., Zeeb K. Ethologisch-okologische Aspekte bei der Haltung von Haus-rindern unter verschiedenen Bedingungen // Zeitschrift fur Tierzucht und Zuchtungsbiologie. 1970. S. 63–68.

13. Vavak, V. Etologickyrezim a priciny ochoreni krav vo volnot boxovot ustajneni // Pol nohospodarstvo. 1986. T. 32. № 12. S. 1082–1091.

References

1. Izhboldina S. N., Kudrin M. R., Nikolaev V. A. Osnova polucheniya vysokoy molochnoy produktivnosti korov // Nauchnoe i kadrovoe obespechenie APK dlya prodovol'stvennogo importozameshcheniya: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. Izhevsk, 2016. S. 97–103.

2. Kolichestvennyye i kachestvennyye pokazateli molochnoy produktivnosti vysokoproduktivnyh korov / S. N. Izhboldina, M. R. Kudrin, V. A. Nikolaev, V. P. Chukavin // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. T. 53. № 1. S. 34–39.

3. Romanenko A. Yu. Optimizaciya struktury stada i novye tekhnologicheskie priemy vyrashchivaniya remontnyh telok: dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.02.10 / Romanenko Aleksandr Yur'evich; [Mesto zashchity: Vseros. nauch.-issled. in-t zhivotnovodstva]. Tver', 2013. 138 s.

4. Strekozov N. I. Sostoyanie i perspektivy razvitiya skotovodstva Rossii // Nauchnoe nasledie P. N. Kule-

shova i sovremennoe razvitie zootekhnicheskoy nauki i praktiki zhivotnovodstva: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno- prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 150-letiyu so dnya rozhdeniya professora P. N. Kuleshova, 26–29 oktyabrya 2004 goda. Moskva, 2006. S. 28–42.

5. Strekozov N. I., Amerhanov H. A., Pervov N. G. Molochnoe skotovodstvo Rossii. Moskva, 2013. 616 s.

6. Yudin M. F. Povedenie korov v zavisimosti ot vremeni sutok // Tezisy i materialy IV regional'noj konferencii «Zhivotnyj mir Yuzhnogo Urala i Severnogo Prikaspiya». Orenburg, 2000. S. 95–96.

7. Yudin M. F. Povedenie korov na pastbishche // Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny, zhivotnovodstva, tovarovedeniya, obshchestvoznaniya i podgotovki kadrov na Yuzhnom Urale na rubezhe vekov: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Troick, 2000. S. 248–250.

8. Yudin M. F. Etologicheskaya harakteristika molodnyaka simmental'skoj porody // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2002. № 1. S. 36–39.

9. Yudin M. F. Etologicheskij rezhim dojnyh korov pri privyaznom soderzhanii // Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny, zhivotnovodstva, tovarovedeniya, obshchestvoznaniya i podgotovki kadrov na Yuzhnom Urale na rubezhe vekov: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Troick, 2000. S. 250–253.

10. Yudin M. F., Fenchenko N. G., Lazarenko V. N. Etologiya krupnogo rogatogo skota. Ufa-Troick, 2001. 187 s.

11. Brestensky V., Broucek J. Etologicky rezhim krav ciemostracateho nizinneho dobytra pri individualnom a vol nom ustajneni // Ved. Prace Vysk. Ustavu Zivocisnei Vyroby v Nitra. 1988. T. 23. S. 103–113.

12. Koch G., Zeeb K. Ethologisch-okologische Aspekte bei der Haltung von Haus-rindern unter verschiedenen Bedingungen // Zeitschrift fur Tierzucht und Zuchtungsbiologie. 1970. S. 63–68.

13. Vavak, V. Etologicky rezhim a priciny ochoreni krav vo volnot boxovot ustajneni // Pol nohospodarstvo. 1986. T. 32. № 12. S. 1082–1091.

Сведения об авторах:

М. Р. Кудрин^{1✉}, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0002-6273-4267>;

И. Н. Иванов², студент

^{1,2}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

¹kudrin_mr@mail.ru

Original article

THE IMPORTANCE OF COW BEHAVIOR PATTERNS IN MILK PRODUCTION

Mikhail R. Kudrin^{1✉}, Ivan N. Ivanov²

^{1,2}Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia

¹kudrin_mr@mail.ru

Abstract. *The study of the features of cow behavior is primarily necessary for the development of design and technological solutions for the construction of farms for the milk production, it will preserve the health of animals and will contribute to achieving high productivity. The aim of the research was to study specific patterns of the behavior of cows with a tethered housing technology in the winter stall-feeding period. The research was carried out on the basis of "Iskra" (collective farm) of the Kez district of the Udmurt Republic in 2020–2021. The assessment of specific behavior of cows with tethered housing technology is given: the activity of cows during the day (standing, lying); the resting position (poses); attempts to get on their legs after rest. The research results have found out that cows stand for an average 13.84 hours per day and rest for only 10.16 hours. The most common resting position in cows is on the side, the head is turned aside – 96 heads (52.7 %). Cows rest in a position on their side, with their heads outstretched – 73 heads (40.1 %). There are cases when cows have an unnatural position – 13 heads (7.2 %). The observation of cows during rest period have shown that the change of positions occurs on average after 71.5 minutes, in the group it ranges from 47 to 105 minutes. The number of attempts to get on their legs after rest averaged 2.2 times, and in the group ranged from 1 to 4 times. It was found out that the stalls did not correspond to the size of the cows, so the specialists of the farm were recommended to take into account modern requirements for comfortable rest and increased productivity while housing the animals.*

Key words: cow; Black-and-White breed; tethered housing technology; productivity; behavior; activity; rest; posture; pose; position; multiplicity; limb.

For citation: Kudrin M. R., Ivanov I. N. *The importance of cow behavior patterns in milk production. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2022; 3(71): 43-49. (In Russ.). https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_43-49.*

Authors:

M. R. Kudrin^{1✉}, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
<https://orcid.org/0000-0002-6273-4267>;

I. N. Ivanov², Student

^{1,2}Izhevsk State Agricultural Academy, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

¹kudrin_mr@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 23.06.2022; одобрена после рецензирования 22.08.2022;
принята к публикации 01.09.2022.

The article was submitted 23.06.2022; approved after reviewing 22.08.2022;
accepted for publication 01.09.2022.

ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАССТАНОВКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ НА РАМЕ ТЯЖЕЛОЙ ЗУБОПРУЖИННОЙ БОРОНЫ

Иванов Алексей Генрихович¹✉, Бодалев Антон Петрович²✉,
Ломаев Александр Андреевич³

^{1,3}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, Ижевск, Россия

²ООО ТРК «Прогресс», Ижевск, Россия

¹ivalgen@inbox.ru

²bodalev1994@mail.ru

Аннотация. Существующие модели борон имеют большую ширину захвата в пределах 7...27 м. Однако мало исследовано распределение рабочих органов по ширине и его влияние на полноту обработки почвы. Целью исследований являлось лабораторное обоснование расстановки рабочих органов на раме тяжелой зубопружинной бороны. Задачи исследования предполагали разработку методики лабораторных испытаний по влиянию размещения рабочих органов на полноту обработки поля и опытное обоснование рационального их размещения. Методы исследования включали частные методики лабораторных исследований, методы статистической обработки результатов экспериментов. В статье представлена методика проведения лабораторных испытаний. Опыты проводились на почвенном канале с использованием тяговой платформы с размещенными на ней рабочими органами. Показан принцип работы лабораторной установки, указан порядок действий во время опыта и правила размещения рабочих органов на раме, соответствующие заводской и рациональной их установке. В качестве критерия оптимизации был выбран коэффициент полноты обработки поля. На основании результатов исследований установлено, что заводская установка зубопружинных рабочих органов в секциях бороны имеет недостатки в обработке, огрехи. Выявлено, что с ростом скорости машинно-тракторного агрегата от 2,22 м/с до 3,33 м/с происходит рост значения коэффициента полноты обработки γ от 0,912 до 0,926. Однако достичь полной обработки всей поверхности поля не удалось. Рекомендуемая расстановка рабочих органов в секциях бороны обеспечивает полную обработку всей поверхности поля, коэффициент полноты при всех скоростях составляет единицу.

Ключевые слова: бороны; зубопружинный рабочий орган; рама; размещение рабочих органов; почвенный канал; скорость обработки; коэффициент полноты обработки поля.

Для цитирования: Иванов А. Г., Бодалев А. П., Ломаев А. А. Лабораторное обоснование расстановки рабочих органов на раме тяжелой зубопружинной бороны // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(71). С. 50-58. https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_50-58.

Актуальность. Тяжелые зубопружинные бороны имеют хорошие перспективы при использовании в технологиях минимальной обработки почвы. Эти технологии позволяют обеспечить минимальное, но достаточное воздействие рабочих органов почвообрабатывающих машин на обрабатываемые поля и снизить издержки производства, повысить рентабельность агропромышленного производства [1, 4, 6–8, 14, 15, 16, 18]. Существующие модели борон имеют большую ширину захвата в пределах 7...27 м [2, 3, 14–16, 18–20]. Однако мало исследовано распределение рабочих органов по ширине.

Опыт практической эксплуатации борон типа КАМА-15 с шириной захвата 15 м производства компании «ТехноТрон», г. Набережные Челны Республики Татарстан, или агрегат КПШ-15 производства Шарканского РТП, с. Шаркан Удмуртской Республики, показывает недостаточную полноту поверхностной обработки почвы. В работах авторов [13] отмечается, что заводская установка пружинных пальцев на раме бороны имеет значительные зазоры в 111 и 164 мм, которые оставляют за собой полосы почвы, подвергнутые недостаточной обработке, и следует обосновать их размещение на раме.

Цель исследований: лабораторное обоснование расстановки рабочих органов на раме тяжелой зубопружинной бороны.

Задачи исследования: разработка методики лабораторных исследований по влиянию размещения рабочих органов на полноту обработки поля; опытное обоснование рационального их размещения.

Методы исследования. Частные методики лабораторных исследований, методы статистической обработки результатов экспериментов.

Результаты исследований. В рассматриваемых конструкциях борон рабочие органы устанавливаются в секциях, содержащих пять рядов, по три штуки в ряду. В работах [5, 6, 11, 13] отмечалось, что зубопружинные рабочие органы не могут обеспечить полную обработку всей поверхности поля из-за недостатков в размещении пружинных пальцев на бороне. На рисунке 1 показана существующая расстановка зубопружинных рабочих органов в одной секции.

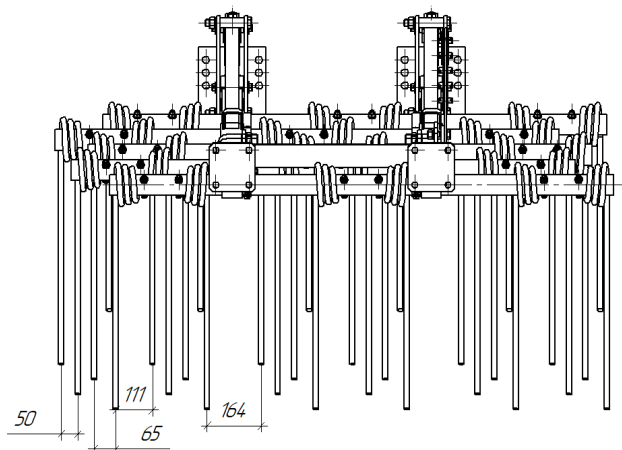


Рисунок 1 – Расстановка рабочих органов на существующей технике

Трубчатые перекладки с рабочими органами установлены вразбежку со смещением 50...145 мм, что позволяет каждому пальцу бороны проходить по своей траектории в плане, а не след в след. Однако если посмотреть на вид спереди, то получается, что расстояние между пальцами неоднородно. Имеются значительные зазоры в 111 и 164 мм, которые оставляют за собой полосы почвы, подвергнутые недостаточной обработке.

В статьях [10, 13] установлены закономерности в расстановке пружинных пальцев с учетом равномерного воздействия на всю площадь поля (рис. 2).

Обозначим ширину рабочего органа между центрами прутков b , шаг установки рабочих

органов на трубе H , количество труб для установки рабочих органов z ($z = 5$). Смещение труб относительно рамы Δ , учитывая равномерность заполнения зазора $H - b$, определяется по формуле:

$$\Delta = \frac{H - b}{z} \tag{1}$$

В принятых размерах получаем

$$\Delta = \frac{605 - 276}{5} = 65,8 \text{ мм.}$$

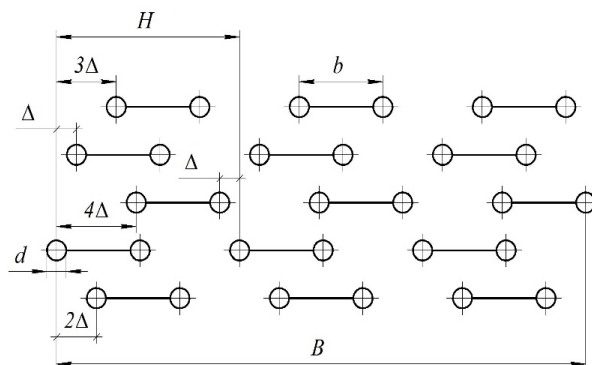


Рисунок 2 – Предлагаемая расстановка рабочих органов на раме

Задачей лабораторных исследований является проверка экспериментом выводов о равномерности обработки почвы за счет рационального размещения зубопружинных рабочих органов на раме бороны. Объектом исследований является технологический процесс работы пружинных пальцев тяжелой зубовой бороны. Для исследования работы пружинных пальцев был собран лабораторный стенд (рис. 3).

Исследования проводились на почвенном канале кафедры «Тракторы, автомобили и сельскохозяйственные машины» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Установка состоит из рамы 1, регулировочных уголков 2, установочной трубы 3, пружинного пальца (рабочего органа) 4, винта точной регулировки глубины 5, мотор-редуктора 6 на базе асинхронного трехфазного двигателя с фазным ротором, барабана 7, на который наматывается стальной канат 8, лабораторного реостата 9 (рис. 4).

Цель данного приспособления – имитация работы пружинного пальца бороны. Проведенные опыты будут наглядно демонстрировать воздействие рабочих органов на почву и влияние их установки на полноту обработки поверхности почвы.



Рисунок 3 – Общий вид лабораторной установки на почвенном канале

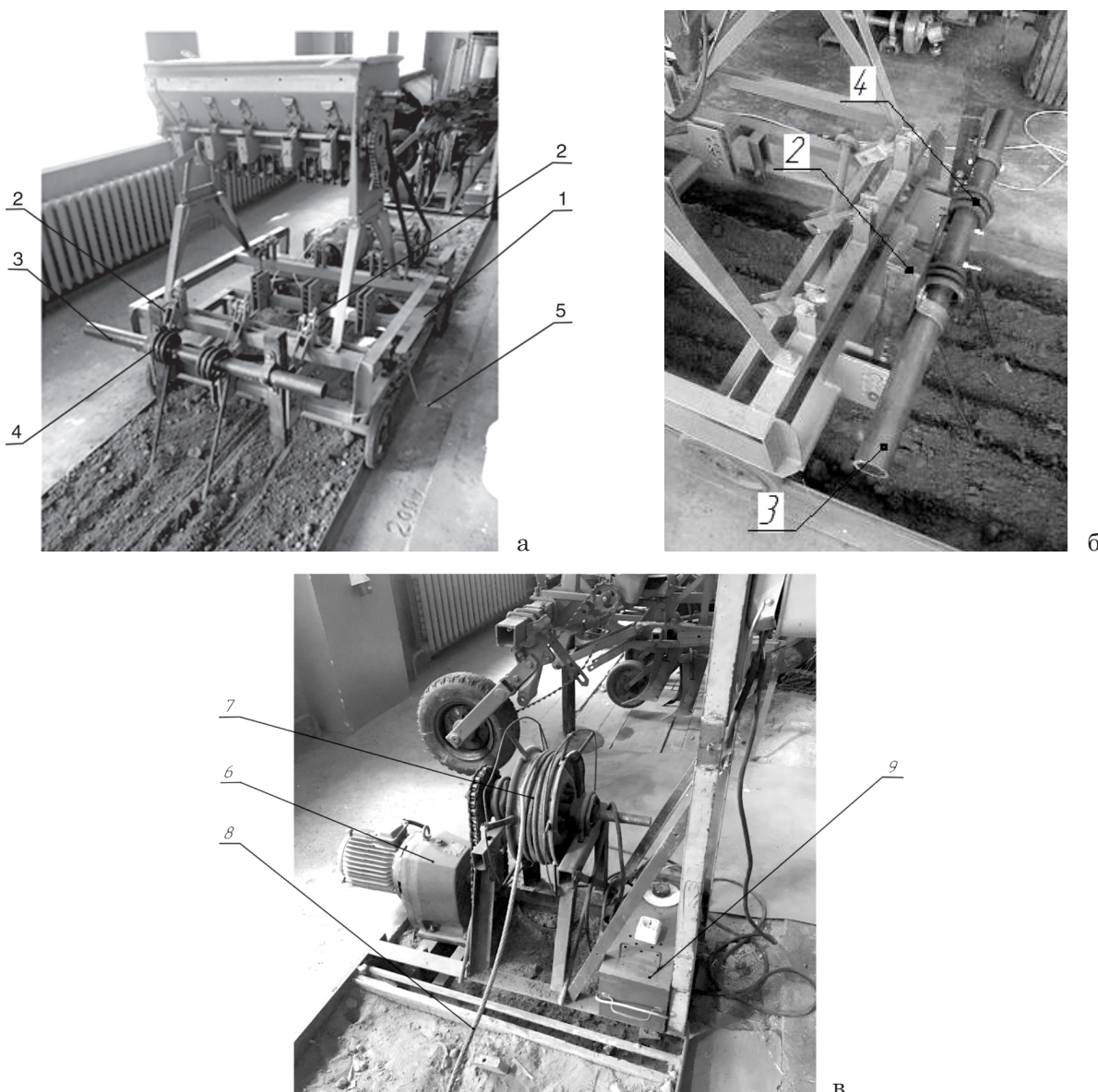


Рисунок 4 – Устройство лабораторной установки:

- а – общий вид рамы; б – установка и крепление пружинных пальцев к раме; в – привод установки;
- 1 – рама; 2 – регулировочные уголки; 3 – установочная труба; 4 – пружинный палец (рабочий орган); 5 – винт точной подстройки глубины; 6 – мотор-редуктор на базе асинхронного трехфазного двигателя с фазным ротором; 7 – барабан; 8 – стальной канат; 9 – лабораторный реостат

В качестве рабочего органа использовался оригинальный пружинный палец, разработанный авторским коллективом ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, изготовленный из прутка диаметром 16 мм (рис. 5) [3].



Рисунок 5 – Общий вид модифицированного пружинного пальца (слева) в сравнении со стандартным рабочим органом (справа)

Принцип работы лабораторной установки следующий. Устройство приводится в движение благодаря мотор-редуктору на базе асинхронного трехфазного электрического двигателя с фазным ротором, который запитывается от трехфазной переменной сети с напряжением 380 В и частотой тока 50 Гц. Для управления частотой вращения питание фазных обмоток ротора осуществляется через реостат с плавно регулируемым сопротивлением (лабораторный реостат). От вала мотор-редуктора приводится в движение барабан лебедки и на него наматывается трос или стальной канат. Канат тянет за собой раму, установленную на колесах. Тележка с рабочим органом начинает двигаться вдоль почвенного канала. Так как по его краям установлены уголки, то тележка может двигаться строго контролируемо вдоль почвенного канала, не совершая рывки и поперечные колебательные движения. Такая схема позволяет плавно регулировать частоту вращения вала двигателя и, как следствие, угловую скорость барабана лебедки. Контроль рабочей скорости тележки осуществляется для исключения ошибки двумя независимыми способами, описанными далее.

На тележку смонтирован установочный комплект для крепления рабочих органов. Он содержит уголки 2, свинченные с рамой тележки (рис. 4б). На уголки 2 закрепляют хомуты 3, которые фиксируют установочную трубу 3.

На трубе стандартным образом крепится рабочий орган, что и моделирует условия работы пружинных пальцев, приближенные к реальным. Глубина обработки управляется высотой установки уголков 2 и регулировочным винтом самой тележки для точной подстройки. Вращение установочной трубы в хомуте с фиксацией при помощи установочного пальца регулирует угол атаки.

Установив тележку с рабочим органом, отрегулированным на заданную глубину обработки, в дальнем конце гона запускаем двигатель. Канат наматывается на барабан, а колесная платформа движется вдоль почвенного канала. Зубопружинный рабочий орган совершает свои колебания в рабочей среде и рыхлит почву.

В качестве основного критерия оптимизации при постановке опытов принята полнота обработки поверхности поля, которая оценивается коэффициентом γ :

$$\gamma = \frac{S_{обр}}{S}, \quad (2)$$

где $S_{обр}$ – площадь обработанной части контрольного участка, м²;

S – общая площадь контрольного участка, м².

Рабочая тележка движется по рельсовому пути, образованному уголками, что позволяет полностью повторять путь колес. Так как применяли один рабочий орган, то его устанавливали с рекомендованным местоположением, определенным ранее (рис. 2). Первая установка – от крайнего левого положения рабочего органа смещались вправо на расстояние $3\Delta = 3 \times 65,8 = 197,4$ мм; вторая установка – от крайнего левого положения рабочего органа смещались вправо на расстояние $\Delta = 65,8$ мм; третья установка – от крайнего левого положения рабочего органа смещались вправо на расстояние $4\Delta = 4 \times 65,8 = 263,2$ мм; четвертая установка – рабочий орган устанавливается в крайнее левое положение; пятая установка – от крайнего левого положения рабочего органа смещались вправо на расстояние $2\Delta = 2 \times 65,8 = 131,6$ мм. После каждой перестановки прогоняли тележку с рабочим органом и пружинные пальцы обрабатывали новый участок почвы. При прогоне в пятый раз получали полные следы, которые моделировали процесс обработки почвы бороной с установленными рабочими органами. Проверяли визуально и фиксировали при помощи линейки зону обработки одним прутком рабочего органа, полную площадь обработанной поверхности, на-

личие и площадь необработанных участков (рис. 6). Затем вычисляли коэффициент γ .



а



б

Рисунок 6 – Следы от обработки почвенного канала:

а – при заводской установке рабочих органов;
б – при рекомендуемой установке органов

Для сравнения проводили обработку при заводской установке зубопружинных рабочих органов: первая установка – рабочий орган в крайнем левом положении; вторая установка – от крайнего левого положения рабочего органа смещались вправо на расстояние 115 мм; третья установка – от крайнего левого положения рабочего органа смещались впра-

во на расстояние 65 мм; четвертая установка – от крайнего левого положения рабочего органа смещались вправо на расстояние 165 мм; пятая установка – от крайнего левого положения рабочего органа смещались вправо на расстояние 20 мм.

В ходе экспериментов проводили замеры по двум способам установки на трех разных скоростях: 8 км/ч, 10 км/ч и 12 км/ч. Это соответствует значениям 2,22 м/с, 2,78 м/с и 3,33 м/с.

Рабочая скорость фиксировалась двумя методами. Первым методом определяли тахометром частоту вращения барабана n (об/мин), на который наматывался канат. При известном диаметре барабана $D = 0,275$ м и диаметре каната $d = 0,01$ мм определяем скорость тележки:

$$V = \frac{\pi \times n \times (D + d)}{60} . \quad (3)$$

Второй метод следует из физического определения скорости. На почвенном канале выделялся тарированный участок длиной $L = 5$ м. Он выбирается таким образом, чтобы перед ним был разгонный участок длиной 2 м, поскольку тележка с рабочим органом после запуска должна успеть разогнаться и выйти на установившийся режим движения. Секундомер определял время t (с) прохода по тарированному участку, тогда скорость тележки равна

$$V = \frac{L}{t} . \quad (4)$$

После проводили сравнение результатов замеров, и если они не отличались более чем на 3 %, то считалось, что опыт поставлен с достаточной степенью точности.

В результате проведения экспериментов получили следующие данные (табл. 1). Для возможности сравнения результатов опытов их проводили при одинаковых условиях – один и тот же рабочий орган, одинаковая глубина обработки 9...10 см, угол атаки был принят равным 85...90°. При таком угле можно пренебречь отклонениями от глубины обработки, возникающими при угловых смещениях пружинных пальцев [9, 10].

По результатам экспериментов на диаграммах (рис. 7) показаны значения коэффициента полноты обработки поверхности поля в зависимости от скорости.

Таблица 1 – Результаты экспериментов по определению полноты обработки почвы

Скорость V, м/с		Площадь обработанного участка S _{обр} , м ²	Общая площадь участка S, м ²	Коэффициент полноты обработки $\gamma = S_{обр}/S$	Погрешность
Заводская установка зубопружинных рабочих органов					
2,22	I опыт	1,090	1,210	0,901	0,0125
	II опыт	1,100	1,210	0,909	
	III опыт	1,120	1,210	0,926	
	Среднее значение	1,103	1,210	0,912	
2,78	I опыт	1,100	1,210	0,909	0,0047
	II опыт	1,110	1,210	0,917	
	III опыт	1,110	1,210	0,917	
	Среднее значение	1,107	1,210	0,915	
3,33	I опыт	1,120	1,210	0,926	0,0012
	II опыт	1,119	1,210	0,925	
	III опыт	1,122	1,210	0,927	
	Среднее значение	1,120	1,210	0,926	
Предлагаемая установка зубопружинных рабочих органов					
	I опыт	1,210	1,210	1,00	
2,22	II опыт	1,210	1,210	1,00	0
	III опыт	1,210	1,210	1,00	
	Среднее значение	1,210	1,210	1,00	
	I опыт	1,210	1,210	1,00	
2,78	II опыт	1,210	1,210	1,00	
	III опыт	1,210	1,210	1,00	
	Среднее значение	1,210	1,210	1,00	
	3,33	I опыт	1,210	1,210	1,00
II опыт		1,210	1,210	1,00	
III опыт		1,210	1,210	1,00	
Среднее значение		1,210	1,210	1,00	

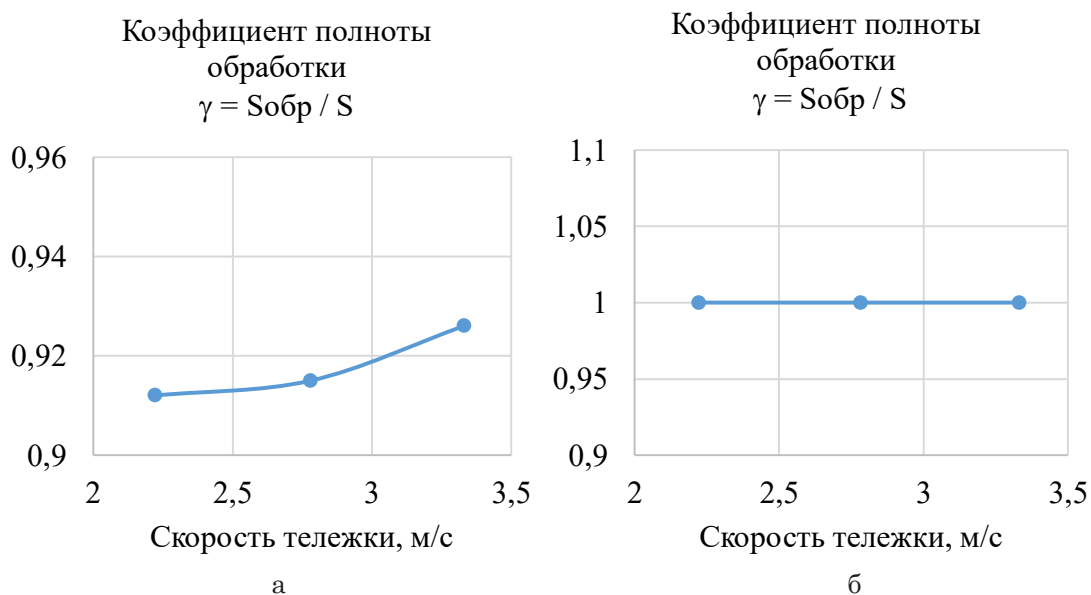


Рисунок 7 – Коэффициент полноты обработки:
а – при заводском расположении зубопружинного рабочего органа;
б – при рекомендуемом расположении зубопружинного рабочего органа

Выводы. На основании исследований установлено, что заводская установка зубо-пружинных рабочих органов в секциях бороны имеет недостатки в обработке, огрехи. Выявлено, что с ростом скорости машинно-тракторного агрегата от 2,22 м/с до 3,33 м/с происходит рост значения коэффициента полноты обработки γ от 0,912 до 0,926. Однако достичь полной обработки всей поверхности поля не удалось. Рекомендуемая расстановка рабочих органов в секциях бороны обеспечивает полную обработку всей поверхности поля, коэффициент полноты при всех скоростях составляет единицу.

Список источников

1. Бодалев А. П., Иванов А. Г., Костин А. В. Обоснование параметров и режимов работы тяжелой стерневой пружинной бороны [Электронный ресурс] // Агроэкоинфо. 2018. № 1(31). URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/1/st_114.doc (дата обращения 22.11.2021).
2. Бороны тяжелая зубовая пружинная [Электронный ресурс] // Агробаза: сайт. URL: <https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery503b8650-1536-461-8d90-e62d984ffa79> (дата обращения 22.11.2021).
3. Дородов П. В., Иванов А. Г., Бодалев А. П. Расчет и обоснование рациональных параметров пружинного пальца тяжелой стерневой бороны // Агроэкоинфо. 2018. № 3(33). URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/3/st_333.doc (дата обращения 22.11.2021).
4. Дроздов С. Н. Использование вибрации в почвообрабатывающих машинах // Известия ОГАУ. 2011. № 32–1. С. 94–96.
5. Исследование функциональных показателей блочно-модульных культиваторов / Н. К. Мазитов, Л. З. Шарафиев, А. Р. Валиев [и др.] // Техника и оборудование для села. 2020. № 4(274). С. 12–15.
6. Кинематика качающихся зубьев активного выравнивателя почвы / В. Н. Купряшкина [и др.] // Материалы XXII научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева. Саранск, 2019. С. 380–385.
7. Кулен А., Куиперс Х. Современная земледельческая механика. Москва: Агропромиздат, 1986. 348 с.
8. Мухамадьяров Ф. Ф., Валиев А. Р. Системный подход к техногенной оптимизации факторов среды в растениеводстве // Вестник Чувашской ГСХА. 2017. № 3(3). С. 80–86.
9. Мяло В. В., Мазуров В. В. Энергосберегающие технологии при обработке почвы // Вестник ОмГАУ. 2016. № 3(23). С. 242–246.
10. Определение глубины обработки в зависимости от деформации пружинных пальцев бороны / А. Г. Иванов, Е. В. Соловьева, А. П. Бодалев, Е. Шамаев // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. С. 65–69.
11. Определение основных параметров многофункционального почвообрабатывающего агрегата / С. Л. Демшин [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2018. № 20. С. 409–413.
12. Оптимизация параметров и режимов работы почвообрабатывающего катка / В. И. Курдюмов [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 2. С. 5–7.
13. Размещение пружинных пальцев на раме бороны / А. П. Бодалев, А. Г. Иванов, А. А. Ломаев [и др.] // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. С. 167–173.
14. Сайтов В. Е., Гатауллин Р. Г., Сайтов А. В. Почвообрабатывающее устройство для поверхностной обработки почвы // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2018. № 20. С. 418–422.
15. Сиразиев Л. Ф., Расимович А. Р. Классификация колебаний и использование их в почвообрабатывающей технике // Вестник Курской ГСХА. 2013. № 2. С. 72–75.
16. Теоретическое обоснование конструктивно-технологической схемы многофункционального почвообрабатывающего агрегата / С. Л. Демшин, В. Л. Андреев, В. В. Ильичев, А. Ю. Исупов // Вестник НГИЭИ. 2020. № 2(105). С. 18–31.
17. Тяжелые пружинные бороны «КАМА» 12-27 [Электронный ресурс] // Орелагро: сайт. URL: <http://orelagro.ru/tehnika/borony/kama-12-27.html> (дата обращения: 21.11.2021).
18. Ходаев Д. Интенсификация крошения почвы бороной путем возбуждения поперечных колебаний зубьев: дис... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ходаев Джалал; Москва, 2005. 172 с.
19. Экспериментальное исследование упругой s-образной стойки культиватора / С. Е. Федоров, М. Н. Чаткин, А. А. Жалнин, Н. А. Жалнин // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 5. С. 53–57.
20. Valiev A., Muhamadyarov F. Study of soil stratum deformation by disc cultivator // Engineering for Rural Development. 2016. С. 1378–1385.

References

1. Bodalev A. P., Ivanov A. G., Kostin A. V. Obosnovanie parametrov i rezhimov raboty tyazhelej sternevoj

pruzhinnoj borony [Elektronnyj resurs] // Agroekoinfo. 2018. № 1(31). URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/1/st_114.doc (data obrashcheniya 22.11.2021).

2. Borona tyazhelaya zubovaya pruzhinnaya [Elektronnyj resurs] // Agrobaza: sajt. URL: <https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery503b8650-1536-461-8d90-e62d984ffa79> (data obrashcheniya 22.11.2021).

3. Dorodov P. V., Ivanov A. G., Bodalev A. P. Raschet i obosnovanie racional'nyh parametrov pruzhinogo pal'ca tyazhelej sternevoj borony // Agroekoinfo. 2018. № 3(33). URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/3/st_333.doc (data obrashcheniya 22.11.2021).

4. Drozdov S. N. Ispol'zovanie vibracii v pochvoobrabatyvayushchih mashinah // Izvestiya OGAU. 2011. № 32–1. S. 94–96.

5. Issledovanie funkcional'nyh pokazatelej blochnomodul'nyh kul'tivatorov / N. K. Mazitov, L. Z. Sharafiev, A. R. Valiev [i dr.] // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2020. № 4(274). S. 12–15.

6. Kinematika kachayushchihsya zub'ev aktivno vyvornivatelya pochvy / V. N. Kupryashkina [i dr.] // Materialy XXII nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenykh, aspirantov i studentov Nacional'nogo issledovatel'skogo Mordovskogo gosudarstvennogo universiteta im. N. P. Ogareva. Saransk, 2019. S. 380–385.

7. Kulen A., Kuipers H. Sovremennaya zemledel'cheskaya mekhanika. Moskva: Agropromizdat, 1986. 348 s.

8. Muhamad'yarov F. F., Valiev A. R. Sistemnyj podhod k tekhnogennoj optimizacii faktorov srede v rastenievodstve // Vestnik CHuvashskoj GSKHA. 2017. № 3(3). S. 80–86.

9. Myalo V. V., Mazurov V. V. Energosberegayushchie tekhnologii pri obrabotke pochvy // Vestnik OGAU. 2016. № 3(23). S. 242–246.

10. Opredelenie glubiny obrabotki v zavisimosti ot deformacii pruzhinnykh pal'cev borony / A. G. Ivanov, E. V. Solov'eva, A. P. Bodalev, E. Shamaev // Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. S. 65–69.

11. Opredelenie osnovnykh parametrov mnogofunkcional'nogo pochvoobrabatyvayushchego agregata / S. L. Demshin [i dr.] // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkcii sel'skogo hozyajstva. 2018. № 20. S. 409–413.

12. Optimizaciya parametrov i rezhimov raboty pochvoobrabatyvayushchego katka / V. I. Kurdyumov [i dr.] // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. 2015. № 2. S. 5–7.

13. Razmeshchenie pruzhinnykh pal'cev na rame borony / A. P. Bodalev, A. G. Ivanov, A. A. Lomaev [i dr.] // Nauchnye razrabotki i innovacii v reshenii strategicheskikh zadach agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2022. S. 167–173.

14. Saitov V. E., Gataullin R. G., Saitov A. V. Pochvoobrabatyvayushchee ustrojstvo dlya poverhnostnoj obrabotki pochvy // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkcii sel'skogo hozyajstva. 2018. № 20. S. 418–422.

15. Siraziev L. F., Rasimovich A. R. Klassifikaciya kolebanij i ispol'zovanie ih v pochvoobrabatyvayushchej tekhnike // Vestnik Kurskoj GSKHA. 2013. № 2. S. 72–75.

16. Teoreticheskoe obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskoy skhemy mnogofunkcional'nogo pochvoobrabatyvayushchego agregata / S. L. Demshin, V. L. Andreev, V. V. Il'ichev, A. Yu. Isupov // Vestnik NGIEI. 2020. № 2(105). S. 18–31.

17. Tyazhelye pruzhinnye borony «KAMA» 12-27 [Elektronnyj resurs] // Orelagro: sajt. URL: <http://orelagro.ru/tehnika/borony/kama-12-27.html> (data obrashcheniya: 21.11.2021).

18. Hodaev D. Intensifikaciya krosheniya pochvy boronoy putem vzbuzhdeniya poperechnykh kolebanij zub'ev: dis... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Hodaev Dzhahal; Moskva, 2005. 172 s.

19. Eksperimental'noe issledovanie uprugoj s-obraznoj stojki kul'tivatora / S. E. Fedorov, M. N. Chatkin, A. A. Zhalnin, N. A. Zhalnin // Traktory i sel'hozmashiny. 2017. № 5. S. 53–57.

20. Valiev A., Muhamadyarov F. Study of soil stratum deformation by disc cultivator // Engineering for Rural Development. 2016. S. 1378–1385.

Сведения об авторах:

А. Г. Иванов^{1✉}, кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-7111-7642>;

А. П. Бодалев^{2✉}, кандидат технических наук;

А. А. Ломаев³, аспирант

^{1,3}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069

²ООО ТРК «Прогресс», ул. Василия Чугуевского, 9, офис 5, Ижевск, Россия, 426063

¹ivalgen@inbox.ru

²bodalev1994@mail.ru

Original article

LABORATORY JUSTIFICATION OF THE WORKING BODIES ARRANGEMENT ON THE FRAME OF A HEAVY SPRING-LOADED HARROW

Aleksey G. Ivanov^{1✉}, Anton P. Bodalev^{2✉}, Alexander A. Lomaev³^{1,3}Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia²Locomotive Repair Company "Progress", Izhevsk, Russia¹ivalgen@inbox.ru²bodalev1994@mail.ru

Abstract. Existing harrow models have a large gripping width within 7...27 m. However, the distribution of working bodies by width and its effect on the completeness of tillage has been little studied. The purpose of the research was the laboratory substantiation of the arrangement of working bodies on the frame of a heavy spring-loaded harrow. The objectives involved the development of a laboratory testing methodology of the effect of the working bodies arrangement on the completeness of field tilling and experimental justification for their rational placement. Research methods included specific laboratory procedures and experimental statistics. This article presents the laboratory testing procedure. The experiments were carried out on a soil box using a traction platform with working bodies placed on it. The principle of operation of the laboratory facility is shown, the operations procedure during the experiment and the rules for placing working bodies on the frame corresponding to their factory and rational installation are indicated. The coefficient of completeness of field tilling was chosen as the optimization criterion. Based on the research results, it has been found that the factory installation of spring-loaded working bodies in the harrow sections has processing limitations and flaws. It was revealed that with an increase in the speed of the machine-tractor unit from 2.22 m/s to 3.33 m/s, the value of the coefficient of completeness of tilling γ increases from 0.912 to 0.926. However, it was not possible to achieve complete tilling of the entire field surface. The recommended arrangement of working bodies in the harrow sections ensures complete tilling of the entire surface of the field, the completeness coefficient at all speeds is one.

Key words: harrow; spring-loaded working body; frame; working bodies arrangement; soil box; tilling speed; coefficient of field tilling completeness.

For citation: Ivanov A. G., Bodalev A. P., Lomaev A. A. Laboratory justification of the working bodies arrangement on the frame of a heavy spring-loaded harrow. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022; 3(71): 50-58. (In Russ.). https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_50-58.

Authors:

A. G. Ivanov^{1✉}, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-7111-7642>;

A. P. Bodalev^{2✉}, Candidate of Technical Sciences;

A. A. Lomaev³, Postgraduate student

^{1,3}Izhevsk State Agricultural Academy, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

²Locomotive Repair Company "Progress", 9 Chuguevsky St., office 5, Izhevsk, Russia, 426063

¹ivalgen@inbox.ru

²bodalev1994@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 29.08.2022; одобрена после рецензирования 30.08.2022; принята к публикации 01.09.2022.

The article was submitted 29.08.2022; approved after reviewing 30.08.2022; accepted for publication 01.09.2022.

Научная статья

УДК 621.43.052:621.515-233.2-048.25

DOI 10.48012/1817-5457_2022_3_59-63

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТУРБОКОМПРЕССОРА МОДИФИКАЦИЕЙ ПОДШИПНИКОВЫХ СОПРЯЖЕНИЙ

Ипатов Алексей Геннадьевич¹✉, Иванов Алексей Генрихович²,
Малинин Александр Васильевич³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, Ижевск, Россия

¹ipatow.al@yandex.ru

Аннотация. Ресурс, надежность и эффективность работы турбокомпрессоров во многом определяются состоянием подшипниковых сопряжений. Высокие кинематические и динамические нагрузки приводят к их преждевременному выходу из строя, а также ухудшению эксплуатационных характеристик – снижению производительности и формированию эффекта «турбоямы». Целью работы является исследование работоспособности турбокомпрессоров с модифицированными подшипниковыми сопряжениями на основе карбонитридных соединений. Модификация достигается за счет нанесения тонких антифрикционных керамических покрытий короткоимпульсной лазерной обработкой. С целью анализа работоспособности разработана установка для определения избыточного давления в канале компрессора. Результаты исследований показали, что использование керамических покрытий значительно снижает момент страгивания вала компрессора за счет снижения коэффициента трения в подшипниковом сопряжении. Высокая скорость раскручивания при малых давлениях выхлопных газов позволяет избежать эффекта «турбоямы» и повысить эффективную мощность двигателя при малых оборотах коленчатого вала. Результаты исследований показывают повышение эффективной мощности двигателя при 5000 об/мин турбокомпрессора на 55 %. Динамика повышения мощности наблюдается до 50 000 об/мин. Дальнейшее увеличение оборотов не дает существенного прироста мощности в сравнении со стандартными турбокомпрессорами. Таким образом, модификация подшипниковых сопряжений позволяет повысить эффективность эксплуатации турбокомпрессоров при неустановившихся режимах работы, когда возможны провалы за счет эффекта «турбоямы».

Ключевые слова: модификация подшипниковых сопряжений; турбокомпрессор; эффективность эксплуатации; керамические покрытия.

Для цитирования: Ипатов А. Г., Иванов А. Г., Малинин А. В. Повышение эффективности работы турбокомпрессора модификацией подшипниковых сопряжений // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(71). С. 59-63. https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_59-63.

Актуальность. В современном машиностроении, а конкретно в узлах и механизмах двигателей, очень часто применяются турбокомпрессоры с радиально-осевым валом. Они помогают значительно увеличивать эксплуатационные параметры двигателя как с точки зрения мощностных, так и экологических и экономических характеристик, которые неустанно пытаются улучшать.

Наиболее распространенными причинами ухудшения показателей работы данных механизмов являются проблемы с подшипниковыми сопряжениями, которые испытывают наибольшие нагрузки [1, 4, 11]. В современном машиностроении для подшипниковых пар трения в турбокомпрессорах используют традиционные трибосопряжения на основе «бронза – сталь». Трибологические

и физико-механические свойства большинства медных сплавов и сталей не отвечают требованиям современного машиностроения, в частности, эксплуатация данных материалов ограничена температурным диапазоном, кинематическими и динамическими режимами. Поэтому оптимизация материалов для подшипниковых сопряжений турбокомпрессоров остается актуальной задачей и ее решение носит фундаментальный характер при проектировании турбокомпрессоров [5, 8].

Наиболее жаростойкими и износостойкими материалами являются керамические материалы [7, 10]. Однако их использование ограничено низкой технологичностью и высоким коэффициентом трения. В работах [6, 9] авторами предложена уникальная технология получения тонких сверхтвердых покрытий

на основе карбида и нитрида бора со сверхнизким коэффициентом трения.

Цель работы: исследование работоспособности турбокомпрессоров с модифицированными подшипниковыми сопряжениями на основе карбонитридных соединений.

Материалы и методика исследований. В качестве объекта исследований использовали турбокомпрессор ТКР 7С-6 с модифицированными подшипниковыми сопряжениями. Формирование антифрикционного покрытия на поверхности вала турбокомпрессора выполнили по методике, изложенной в работах [2, 6, 9].

Для оценки работоспособности модифицированного турбокомпрессора использовали эксплуатационный параметр – степень повышения давления в компрессоре. Данный параметр является основным при диагностике и контроле в условиях ремонтных работ.

Степень повышения давления в компрессоре [3]:

$$\pi_k = P_k / P_o, \quad (1)$$

где P_k – величина давления воздуха на выходе из компрессора, МПа;

P_o – давление на входе в компрессор (атмосферное давление, равное 0,0981 МПа).

Взаимосвязь мощности двигателя со степенью повышения давления определяется из следующего выражения (для четырехтактных двигателей) [3]:

$$N_e = \frac{P_e \times V_h \times i \times n}{120}, \quad (2)$$

где V_h – рабочий объем цилиндра, л;

i – число цилиндров;

n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹;

P_e – среднее эффективное давление, МПа.

Величина среднего эффективного давления определяется из зависимости $P_e = 0,18P_k$ [3].

Таким образом, анализируя изменение величины степени повышения давления в компрессоре, можем оценить изменение мощности двигателя для модифицированных и стандартных турбокомпрессоров.

Для определения давления в канале компрессора разработали стенд для расчета избыточного давления в патрубке, подсоединенном к улитке компрессора (рис. 1). Вращение турбокомпрессора осуществляли при подаче сжатого газа в канал колеса турбины. Частоту вра-

щения вала турбины определяли при помощи бесконтактного тахометра TESTO 465 с пределом измерения от 0 до 55 000 мин⁻¹.

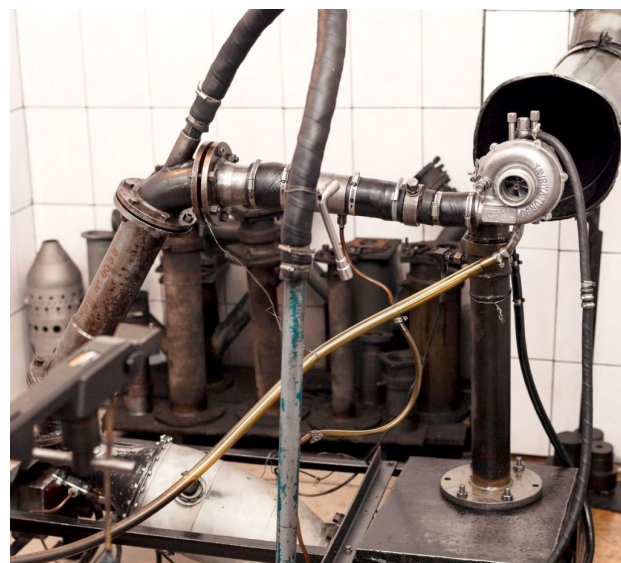


Рисунок 1 – Стенд для определения давления в канале компрессора

При помощи стенда проанализировали модифицированный турбокомпрессор и стандартный марки ТКР 7С-6. Давление на выходе из компрессора регистрировали через каждые 5000 об/мин, до достижения 50 000 об/мин.

Результаты исследований и их обсуждение. Показатели давления при выходе из компрессора представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные показатели зависимости величины давления P_k (избыточное давление нагнетаемого в ДВС воздуха) от давления выхлопных газов P_x

№	Стандартный		№	Модифицированный	
	P_x , МПа	P_k , МПа		P_x , МПа	P_k , МПа
1	1,0	0,08	1	1,0	0,18
2	1,4	0,19	2	1,4	0,28
3	1,8	0,42	3	1,8	0,57
4	2,2	0,55	4	2,2	0,6
5	2,6	0,6	5	2,6	0,65
6	3,0	0,65	6	3,0	0,7
7	3,4	0,7	7	3,4	0,75
8	3,8	0,78	8	3,8	0,82
9	4,2	0,81	9	4,2	0,85
10	4,6	0,85	10	4,6	0,9

В соответствии с вышеуказанной методикой определили величины степени повыше-

ния давления в компрессоре и мощности двигателя (табл. 2).

Таблица 2 – Степень повышения давления и мощности двигателя (N_e – приращение мощности двигателя за счет работы турбины)

№	Стандартный			№	Модифицированный		
	P_x , МПа	π_k	N_e , кВт		P_x , МПа	π_k	N_e , кВт
1	1,0	0,48	7,4	1	1,0	1,08	16,8
2	1,4	1,14	17,8	2	1,4	1,68	26,2
3	1,8	2,52	39,3	3	1,8	3,42	53,3
4	2,2	3,3	51,4	4	2,2	3,9	60,8
5	2,6	3,6	56,1	5	2,6	4,2	65,5
6	3,0	3,9	60,8	6	3,0	4,5	70,2
7	3,4	4,2	65,5	7	3,4	4,9	76,4
8	3,8	4,68	73	8	3,8	4,92	76,7
9	4,2	4,86	75,8	9	4,2	5,4	79,5
10	4,6	5,1	79,5	10	4,6	5,4	84,2

Анализируя результаты, можно отметить повышение степени давления компрессора при использовании подшипникового сопряжения с керамическим покрытием.

Эффективность нагнетания воздушно-топливной смеси в камеру сгорания определяется способностью колеса компрессора раскручиваться под действием сил выхлопных газов, действующих на колесо турбины. Высокий момент страгивания вала турбины и значительный коэффициент трения в подшипниковом сопряжении не позволяют своевременно реагировать на изменившиеся условия работы двигателя, что приводит к низкой интенсивности повышения степени давления компрессора при увеличении оборотов вала турбины. Применение керамических покрытий в подшипниковых сопряжениях, ввиду значительного снижения коэффициента трения и момента страгивания, обеспечивает более интенсивную динамику степени повышения давления компрессора за счет адекватной реакции на изменение оборотов вала турбины. Необходимо отметить, что повышение степени давления компрессора наблюдается при малых начальных оборотах турбокомпрессора, когда давление выхлопных газов не столь значительно, и при высоких моментах страгивания вызывает эффект «турбоямы».

Для определения степени повышения мощности при использовании модифицированного

турбокомпрессора рассчитали степень повышения мощности в сравнении со стандартным турбокомпрессором:

$$P_{отн} = \frac{N_{e.мод} - N_{e.станд}}{N_{e.мод}} \times 100 \%. \quad (3)$$

Высокая степень повышения давления компрессора обеспечивает эффект «форсирования» двигателя и эффективное сгорание воздушно-топливной смеси в камере сгорания и приводит к увеличению мощности двигателя (рис. 2).

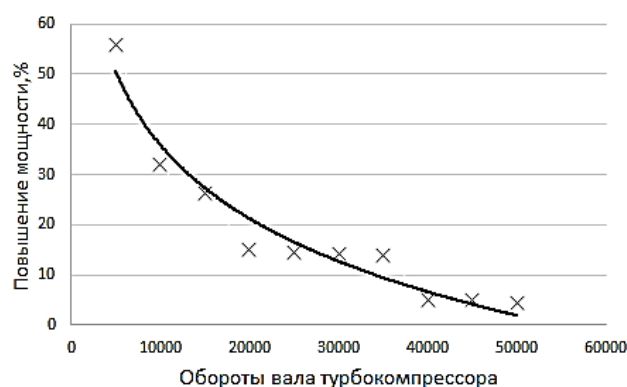


Рисунок 2 – Степень повышения мощности двигателя при использовании модифицированного турбокомпрессора

Стендовые испытания выявили, что максимальное приращение мощности наблюдается при малых оборотах вала турбокомпрессора, характеризующихся нестационарными, неустановившимися режимами эксплуатации. Повышение мощности при 5000 об/мин вала турбокомпрессора достигает 55 % при дальнейшем увеличении оборотов вала турбины мощность снижается и не проявляется свыше 55 000 об/мин. Повышение мощности при малых оборотах турбокомпрессора вызвано более ранним «турбоподхватом» в силу снижения механических потерь в подшипниковом сопряжении турбокомпрессора.

Выводы. Анализ результатов испытаний показал, что использование модифицированных керамических подшипниковых сопряжений благоприятно влияет на работоспособность турбокомпрессора, в частности, использование керамических покрытий в подшипниковых узлах снижает коэффициент трения, что приводит к снижению момента трения в сравнении со стандартными подшипниковыми узлами. Низкий момент трения в подшипниковых сопряжениях обеспечивает более ранний «турбоподхват» и снижает

негативное явление «турбоямы», проявляющееся при низких оборотах вала турбокомпрессора. Исследования изменения степени повышения давления в компрессоре подтвердили, что модифицированные подшипниковые сопряжения снижают вредный эффект «турбоямы» и при оборотах ниже 5000 об/мин обеспечивают эффективный турбоподхват с последующим повышением мощности на малых оборотах двигателя на 50 %.

Список источников

1. Бурцев А. Ю., Плаксин А. М., Гриценко А. В. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров дизелей тракторов // АПК России. 2015. Т. 72. № 1. С. 23–25.
2. Восстановление посадочных поверхностей вала гидромотора методом SLM (Selective Laser Melting) / А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов, Л. Я. Новикова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2022. № 1. С. 12–17.
3. ГОСТ 53637-2009. Турбокомпрессоры автотракторные. Общие технические требования и методы испытаний. Москва: Стандартинформ, 2010. 10 с.
4. Проблемы эксплуатации турбокомпрессоров ДВС и пути повышения их надежности / А. В. Смирнов, А. В. Космынин, А. С. Хвостиков [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2016. № 2. С. 67–71.
5. Трибологические показатели упрочняющих и восстановительных керамических покрытий на основе карбида бора / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. Н. Шмыков, К. Г. Волков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2021. № 7. С. 12–19.
6. Шмыков С. Н., Ипатов А. Г., Новикова Л. Я. Эффективность различных способов восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин на примере стрельчатой лапы культиватора // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1(69). С. 64–71.
7. Bhowmick S., Sun G., Alpas A. T. Low friction behaviour of boron carbide coatings (B4C) sliding against Ti–6Al–4V. *Surface & Coatings Technology*. 2016; 308: 316–327.
8. 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. 434. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat.2022.128174.
9. Ipatov A. G., Ivanov A. G., Kharanzhevskii E. V. Modification of the Bearing Interfaces of a TKR7C-6 Turbocharger. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2020; 49(6): 545–549.
10. Larsson P., Axen N., Hogmark S. Tribofilm formation on boron carbide in sliding wear. *Wear*. 1999; 23b(1-2): 73–80.
11. Pesiridis A. The application of active control for turbocharger turbines. *International Journal of Engine Research*. 2012;13(4): 385–398. <https://doi.org/10.1177/1468087411435205>.

References

1. Burcev A. Yu., Plaksin A. M., Gricenko A. V. Povyshenie ekspluatatsionnoj nadezhnosti turbokompressorov dizel'ev traktorov // APK Rossii. 2015. T. 72. № 1. S. 23–25.
2. Vosstanovlenie posadochnyh poverhnostej vala gidromotora metodom SLM (Selective Laser Melting) / A. G. Ipatov, S. N. Shmykov, V. I. Shirobokov, L. Ya. Novikova // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. 2022. № 1. S. 12–17.
3. GOST 53637-2009. Turbokompressory avtotraktornye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy. Moskva: Standartinform, 2010. 10 s.
4. Problemy ekspluatatsii turbokompressorov DVS i puti povysheniya ih nadezhnosti / A. V. Smirnov, A. V. Kosmynin, A. S. Hvostikov [i dr.] // Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin. 2016. № 2. S. 67–71.
5. Tribologicheskie pokazateli uprochnyayushchih i vosstanovitel'nyh keramicheskikh pokrytij na osnove karbida bora / A. G. Ipatov, E. V. Haranzhevskij, S. N. Shmykov, K. G. Volkov // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. 2021. № 7. S. 12–19.
6. Shmykov S. N., Ipatov A. G., Novikova L. Ya. Efektivnost' razlichnyh sposobov vosstanovleniya i uprochneniya rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin na primere strel'chatoy lapy kultivatora // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 1(69). S. 64–71.
7. Bhowmick S., Sun G., Alpas A. T. Low friction behaviour of boron carbide coatings (B4C) sliding against Ti–6Al–4V. *Surface & Coatings Technology*. 2016; 308: 316–327.
8. 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. 434. 128174. DOI 10.1016/j.surfcoat.2022.128174.
9. Ipatov A. G., Ivanov A. G., Kharanzhevskii E. V. Modification of the Bearing Interfaces of a TKR7S-6 Turbocharger. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2020; 49(6): 545–549.
10. Larsson P., Axen N., Hogmark S. Tribofilm formation on boron carbide in sliding wear. *Wear*. 1999; 23b(1-2): 73–80.
11. Pesiridis A. The application of active control for turbocharger turbines. *International Journal of Engine Research*. 2012;13(4): 385–398. <https://doi.org/10.1177/1468087411435205>.

Сведения об авторах:

А. Г. Ипатов¹✉, кандидат технических наук, доцент;

А. Г. Иванов², кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-7111-7642>;

А. В. Малинин³, аспирант

^{1,2,3}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069

¹ipatow.al@yandex.ru

Original article

IMPROVEMENT OF OPERATIONAL EFFICIENCY OF TURBOCHARGER BY MEANS OF BEARING INTERFACES MODIFICATION

Alexey G. Ipatov¹✉, Alexey G. Ivanov², Alexander V. Malinin³

^{1,2,3}Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia

¹ipatow.al@yandex.ru

Abstract. *The operational life, reliability and efficiency of turbochargers are largely determined by the state of bearing interfaces. High kinematic and dynamic loads lead to their premature failure, and also to degradation of performance, in particular, decrease in productivity and forming the "turbo lag" effect. The purpose of research is to study the performance of turbochargers with modified bearing interfaces by application of carbonitride compounds. Modification is achieved by applying thin anti-friction ceramic coatings by short-pulse laser processing. To analyze the performance, an installation was developed to determine the excess pressure in the compressor channel. It follows from the research results that the use of ceramic coatings significantly reduces the compressor shaft breakaway moment by reducing the friction coefficient in the bearing interface. High spin-up speed under low pressures of exhaust gas makes it possible to avoid the "turbo lag" effect and increase the effective engine power at low crankshaft speeds. Research results show an increase in effective engine power at 5000 n^{-1} of the turbocharger by 55 %. The dynamics of power increase is observed up to 50,000 n^{-1} . A further increase in speed does not give a significant increase in power compared to a standard turbocharger. Thus, the modification of bearing interfaces makes it possible to increase the operational efficiency of turbochargers in unsteady operating modes, when failures are possible due to the "turbo lag" effect.*

Key words: *modification of bearing interfaces; turbocharger; operating efficiency; ceramic coatings.*

For citation: *Ipatov A. G., Ivanov A. G., Malinin A. V. Improvement of operational efficiency of turbocharger by means of bearing interfaces modification. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2022; 3(71): 59-63. (In Russ.). https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_59-63.*

Authors:

А. Г. Ипатов¹✉, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

А. Г. Иванов², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-7111-7642>;

А. В. Малинин³, Postgraduate student

^{1,2,3}Izhevsk State Agricultural Academy, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

¹ipatow.al@yandex.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 01.09.2022; одобрена после рецензирования 07.09.2022; принята к публикации 09.09.2022.

The article was submitted 01.09.2022; approved after reviewing 07.09.2022; accepted for publication 09.09.2022.

Научная статья

УДК 631.22:692.535

DOI 10.48012/1817-5457_2022_3_64-70

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПЛАСТИКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БРУСЧАТКИ С ОПТИМАЛЬНЫМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Сергеев Алексей Александрович¹, Спиридонов Анатолий Борисович²✉,
Поробова Ольга Борисовна³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, Ижевск, Россия

²anbs88@bk.ru

Аннотация. Устройство теплого пола из переработанного пластика на сельскохозяйственных фермах имеет большое значение и в плане снижения затрат, и улучшения экологической ситуации. Целью исследования является разработка технологии переработки отходов пластика с добавлением опила для получения брусчатки. Для достижения поставленной цели было необходимо выбрать оптимальную структуру брусчатки и провести испытания изготовленных образцов на прочность. Материалом для исследований послужили образцы брусчатки, отлитые из смеси полиэтилентерефталата, полученного из ПЭТ-бутылок, и опила мелкой и крупной фракций в разных пропорциях. Разработанная технология производства пластиковой брусчатки с добавлением древесного опила включает в себя следующие этапы: приемка и подготовка сырья (пластик, опил), сортировка, очистка, дробление и плавление пластика, смешивание компонентов (пластик + опил). Сравнительный анализ испытаний на сжатие и прочность полученных образцов показал, что лучшими характеристиками обладают варианты с мелким опилом. Предел прочности у образцов с мелкой фракцией опила составил 0,7086 и 0,8680 МПа, коэффициент пластичности – 2,56 и 4,10 %, у образца с крупной фракцией опила – 0,254 МПа и 2,43 % соответственно. Таким образом, для сохранения теплофизических свойств и прочности напольного покрытия лучше использовать при производстве плитки опил мелкой фракции. Для сохранения в процессе плавления всех физических свойств ПЭТ-пластика необходимо соблюдать точный температурный режим плавления – 260 °С.

Ключевые слова: брусчатка; полиэтилентерефталат (ПЭТ); опилки; ПЭТ-бутылка; стойла для коров; сравнительный анализ испытаний на прочность; животноводческая ферма; вторичное сырье.

Для цитирования: Сергеев А. А., Спиридонов А. Б., Поробова О. Б. Разработка технологии переработки отходов пластика для получения брусчатки с оптимальными механическими свойствами // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(71). С. 64-70. https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_64-70.

Актуальность. Утилизация использованного пластика – важный фактор, способствующий улучшению экологической ситуации в окружающей среде. Несомненно, экологи уже много лет призывают компетентные органы уделять этой проблеме больше внимания [1–3, 5].

Также следует отметить, что переработка отходов на специализированном производстве существенно экономит расход полимерного сырья и электроэнергии. Техническое обслуживание оборудования для переработки пластмасс полностью оправдано экономически, способствует увеличению производства без дополнительных вложений в закупку первичного сырья.

С другой стороны, устройство теплого пола на сельскохозяйственных фермах при минимуме затрат имеет большое значение. Холод-

ный пол является причиной мастита у коров. Поэтому при выборе материалов для устройства пола ориентируются прежде всего на их теплопроводность. Материал, который используется в стойлах коров, должен соответствовать показателю теплоусвоения не более 12 ккал/м²ч×град. Превышение этого показателя влечет за собой рост расхода тепла коров, а переохлаждение организма в свою очередь сказывается на продуктивности животных. Например, перерасход тепла в 100 ккал/ч соответствует по калорийности 2 л молока.

Показатель теплоусвоения поверхности полов в местах отдыха животных должен быть не более: для молодняка с 3–4-месячного возраста на откорме – 15 Вт/(м²×°С), всех остальных животных – 12 Вт/(м²×°С).

Целью данной работы является разработка технологии переработки отходов пластика с добавлением опила для получения брусчатки. Брусчатка будет использоваться в качестве строительного материала для укладки напольного покрытия на сельскохозяйственных предприятиях.

Задачи исследования: выбрать оптимальную структуру брусчатки, провести испытания на прочность.

Материал и методы. Полиэтилентерефталат (ПЭТ) обладает высокой механической прочностью и ударостойкостью, устойчивостью к истиранию и многократным деформациям при растяжении и изгибе и сохраняет свои высокие ударостойкие и прочностные характеристики в рабочем диапазоне температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. ПЭТ отличается низким коэффициентом трения и низкой гигроскопичностью. Разлагается под действием УФ-излучения.

ПЭТ – хороший диэлектрик, электрические свойства полиэтилентерефталата при температурах до $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ даже в присутствии влаги изменяются незначительно.

ПЭТ обладает высокой химической стойкостью к кислотам, щелочам, солям, спиртам, парафинам, минеральным маслам, бензину, жирам, эфиру. Имеет повышенную устойчивость к действию водяного пара. Растворим в ацетоне, бензоле, толуоле, этилацетате, четыреххлористом углероде, хлороформе, метилхлориде, метилэтилкетоне, следовательно, листы ПЭТ могут так же хорошо склеиваться, как оргстекло, полистирол и поликарбонат.

Полиэтилентерефталат характеризуется отличной пластичностью в холодном и нагретом состоянии. Листы из этого полимера имеют незначительные внутренние напряжения, что делает процесс термоформования простым и высокотехнологичным, предварительная сушка листов не требуется, теплоемкость листов из полиэтилентерефталата меньше, чем у полистирола и оргстекла, поэтому нагрев ПЭТ-листов до температуры формования требует значительно меньшей тепловой энергии и времени. Все это приводит к экономии электроэнергии и снижению трудоемкости, а следовательно, снижению себестоимости изготавливаемой продукции.

Термодеструкция полиэтилентерефталата происходит в температурном диапазоне $290\text{--}310\text{ }^{\circ}\text{C}$. Деструкция происходит статически вдоль полимерной цепи. Основными летучими

продуктами являются терефталевая кислота, уксусный альдегид и монооксид углерода.

Опилки – древесные частицы, образующиеся как отходы пиления, разновидность измельченной древесины.

Длина частиц опилок зависит от типа и технологических параметров режущего инструмента, в результате работы которого они образованы [6].

Опилки являются отходами деревообрабатывающей промышленности, однако они нашли широкое применение в качестве топлива, для изготовления прессованных промышленных изделий, подстилки для животных (зачастую при смешивании с торфом или соломой), в качестве мульчирующего материала или как субстрат для мицелиев [4, 6].

Опилки содержат около 70 % углеводов (целлюлоза и гемицеллюлоза) и 27 % лигнина. Баланс химических веществ: 50,0 % углерода, 6,0 % водорода, 44,0 % кислорода и около 0,1 % азота.

К отличительным характеристикам материала можно отнести достаточно низкую стоимость, соответственно, высокую доступность.

Показатели плотности находятся на уровне $220\text{--}580\text{ кг/м}^3$. Коэффициент теплопроводности составляет $0,06\text{ Вт/(м}^2 \times ^{\circ}\text{C)}$. Размер опилок обычно не превышает 5 мм.

Уникальной чертой этого строительного материала является экологичность. Опилки являются безопасными для окружающей среды и для здоровья человека, соответственно, их использование допустимо в самых разных сферах [4].

В качестве новых полимерных изделий предлагается производить пластиковую брусчатку с добавлением древесного опила. В качестве переработанного материала будут использоваться ПЭТ-бутылки. Этот вид строительного материала разрабатывается для укладки напольного покрытия в стойлах для коров. Данной брусчаткой предлагается заменить деревянный настил, который делают в стойлах. Деревянный настил служит примерно 2–3 года. Срок службы полимерной брусчатки значительно больше. Для снижения теплопроводности в расплавленный пластик добавляется опил [8].

Результаты исследований. Для создания экспериментального образца пластиковой брусчатки из отходов пластика с добавлением опила необходимо:

– разработать общую методику проведения экспериментов;

- найти наиболее подходящее соотношение пластика и опила;
- проверить образцы на прочность и пластичность;
- сделать выводы по всем проведенным опытам.

Главным компонентом экспериментов является ПЭТ-пластик. Его необходимо измельчить на мелкие части. Это делается для того, чтобы плавление проходило с одинаковой температурой и получалась однородная смесь. После плавления добавляется связующий компонент – опил.

Исходя из размеров брусчатки, которые составляют $200 \times 100 \times 60$ мм, находим объем данного изделия – $0,0012 \text{ м}^3$. Производим расчет массы одного кирпича брусчатки, для этого необходимо знать плотность пластика и плотность опила. Плотность ПЭТ-пластика: пористый пластик – $15...30 \text{ кг/м}^3$; плотный пластик – $1800...2200 \text{ кг/м}^3$. Плотность опила – 169 кг/м^3 .

Проведя необходимые расчеты, нашли процентное соотношение сырья для изготовления одного кирпича брусчатки – 10 % опила и 90 % пластика. Вес одного кирпича брусчатки составит 1,96 кг. Для дальнейших испытаний будут использоваться образцы размерами $40 \times 40 \times 40$ мм.

В первом опыте использовалось 104 г пластика и 10 г опила мелкой фракции. Время, затраченное на первый эксперимент, составило 48 минут 40 секунд.

Во втором опыте массу измельченного пластика не изменяли, а опила добавили 15 г. Время плавления составило 25 минут, время остывания – 45 минут 10 секунд при температуре окружающего воздуха $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

В третьем опыте масса измельченного пластика осталась неизменной, опил добавлялся более крупной фракции. Время плавления составило 23 минуты 40 секунд.

Формы, в которые заливался расплавленный пластик, перемешанный с опилом, изготовлены из стали марки Ст 3 ГОСТ 380-2005 толщиной 3 мм (рис. 1). Полученные образцы представлены на рисунке 2. Опытные данные приведены в таблице 1.

После проделанных опытов все три образца проверяли на сжатие с помощью машины УММ-50, которая предназначена для статических испытаний металлических и других образцов на растяжение, сжатие, изгиб и плотный загиб. Результаты испытаний представлены в таблицах 2–4. Диаграммы сжатия приведены на рисунках 3–5.

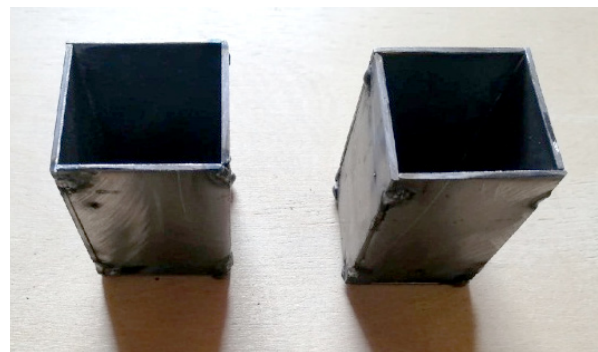


Рисунок 1 – Формы для изготовления образцов



Рисунок 2 – Готовые образцы

Таблица 1 – Опытные данные

№ опыта	Температура плавления, $^\circ\text{C}$	Время, сек	Масса пластика, г	Масса опила, г	Фракция опила
1	260	2920	104	10	Мелкая
2	260	1500	104	15	Мелкая
3	260	1420	104	10	Крупная

1. Высота первого образца $h = 39$ мм. Находим его площадь сечения:

$$F = a \times b, \text{ мм}^2,$$

где a – длина;
 b – ширина.

$$F = 42 \times 42 = 1764 \text{ мм}^2.$$

Таблица 2 – Результаты испытания на сжатие первого образца

Δh , мм	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
P , Н	0	250	400	500	750	1000

Примечание: Δh – абсолютная деформация тела, м;
 P – сила, Н.

Находим предел прочности:

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F}, \text{ МПа,}$$

где P_e – сила;
 F – площадь сечения.

$$\sigma_e = \frac{1000}{1764} = 0,5668 \text{ МПа.}$$

Находим коэффициент пластичности:

$$\delta = \frac{\Delta h}{h} \times 100 \text{ \%}.$$

$$\delta = \frac{1}{39} \times 100 \text{ \%} = 2,56 \text{ \%}.$$

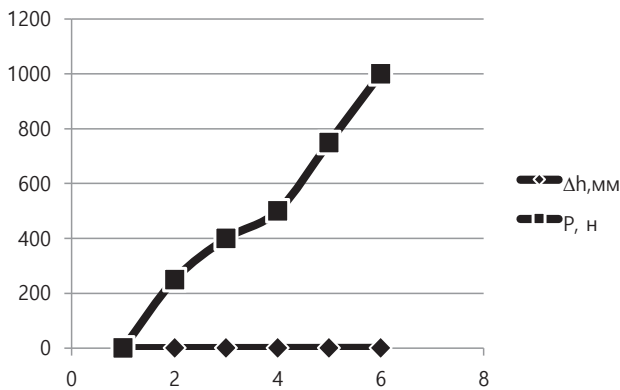


Рисунок 3 – Диаграмма сжатия для первого образца

2. Высота второго образца $h = 39$ мм. Находим его площадь сечения:

$$F = 36 \times 40 = 1440 \text{ мм}^2.$$

Таблица 2 – Результаты испытания на сжатие второго образца

Δh, мм	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
P, Н	0	250	400	500	750	100	1050	1100	1250

Примечание: Δh – абсолютная деформация тела, м;
P – сила, Н.

Находим предел прочности:

$$\sigma_e = \frac{1250}{1440} = 0,8680 \text{ МПа.}$$

Находим коэффициент пластичности:

$$\delta = \frac{1,6}{39} \times 100 \text{ \%} = 4,1 \text{ \%}.$$

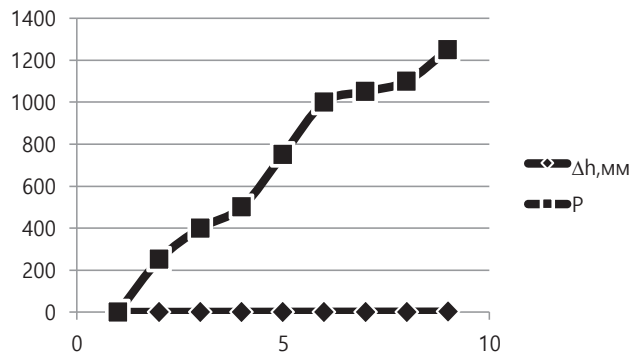


Рисунок 4 – Диаграмма сжатия для второго образца

3. Высота третьего образца $h = 41$ мм. Находим его площадь сечения:

$$F = 42 \times 41 = 1722 \text{ мм}^2.$$

Таблица 3 – Результаты испытания на сжатие третьего образца

Δh, мм	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
P, Н	0	125	250	312,5	375	437,5

Примечание: Δh – абсолютная деформация тела, м;
P – сила, Н.

Находим предел прочности:

$$\sigma_e = \frac{437,5}{1722} = 0,2540 \text{ МПа.}$$

Находим коэффициент пластичности:

$$\delta = \frac{1}{41} \times 100 \text{ \%} = 2,43 \text{ \%}.$$

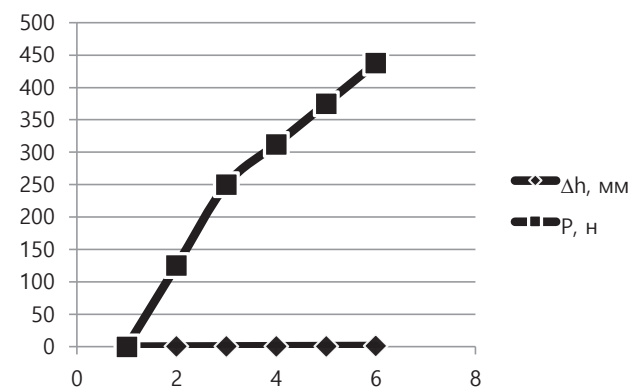


Рисунок 5 – Диаграмма сжатия для третьего образца

Технология производства пластиковой брусчатки с добавлением древесного опила включает в себя следующие этапы: приемка и подготовка сырья (пластик, опил), сортировка, очистка, дробление и плавление пластика, смешивание компонентов (пластик + опил).

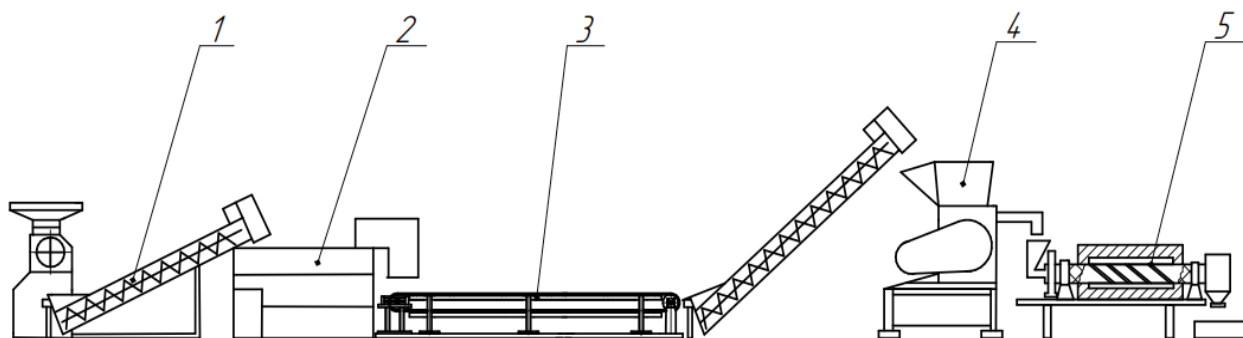


Рисунок 6 – Технологическая линия производства брусчатки:

- 1 – транспортер ленточный с защитными бортами; 2 – мойщик-отделитель этикетки;
3 – транспортер ленточный с закрытыми бортами ТЛП-2; 4 – дробилка полимеров С-ДР-600;
5 – агрегат плавильно-нагревательный АПН-3

Для того чтобы обеспечить наше производство сырьем, из которого мы будем изготавливать брусчатку, можно воспользоваться следующими способами: организовать пункты приема ПЭТ-тары, установить контейнеры для сбора пластиковых бутылок, заключить договор с полигонами для сбора отходов.

Технологическая линия производства брусчатки показана на рисунке 6.

Выводы и рекомендации. После проведенных испытаний и расчетов выявили, что первый и второй образцы более прочные, чем третий. По пластичности второй образец более пластичен, чем остальные. В первом и во втором образцах использовалась мелкая фракция опила, только изменялась его масса. В третьем образце использовался опил крупной фракции. Исходя из этого, делаем заключение, что для сохранения теплофизических свойств и прочности напольного покрытия можно использовать опил мелкой фракции. Также для сохранения в процессе плавления всех физических свойств ПЭТ-пластика необходимо соблюдать точный температурный режим плавления – 260 °С.

Список источников

1. Главатских Н. Г. Гигиенические и биохимические аспекты качества и безопасности продукции растительного и животного происхождения // Наука, инновации и образование в современном АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. С. 231–235.

2. Главатских Н. Г., Анисимова К. В. Эффективные методы переработки отходов пищевых и перерабатывающих производств // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. С. 144–146.

3. Интенсификация процесса переработки отходов животноводства / К. О. Фирус, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2 (66). С. 65–70.

4. Повышение энергоэффективности промышленных зданий и сооружений путем внедрения автоматизированных систем / А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских [и др.] // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. С. 270–275.

5. Современные методы и средства безопасного хранения и производства в пищевой отрасли / А. Б. Спиридонов, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова [и др.] // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. С. 183–187.

6. Фундаментальные экологические аспекты формирования вектора развития индустрии питания / Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова, Т. А. Милохова, Н. В. Кравченко // Развитие производства и роль агроинженерной науки в современном мире: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. С. 353–359.

7. Цифровые технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности / А. Б. Спиридонов, Т. С. Копысова, К. В. Анисимова, А. Ф. Ипатова // Научные инновации в развитии отраслей АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. С. 174–178.

8. Identification of energy-saving methods of the hermetia illucens larvae drying / K. Anisimova, N. Glavatskih, O. Porobova, M. Yurkov // Advances in Social Science, Education and Humanities Research. 2019. С. 420.

References

1. Glavatskih N. G. Gigienicheskie i biokhimicheskie aspekty kachestva i bezopasnosti produkci rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya // Nauka, innovacii i obra-

zovanie v sovremennom APK: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKHA, 2014. S. 231–235.

2. Glavatskih N. G., Anisimova K. V. Effektivnye metody pererabotki othodov pishchevyh i pererabatyvayushchih proizvodstv // Nauchnoe i kadrovoe obespechenie APK dlya prodovol'stvennogo importozameshcheniya: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2016. S. 144–146.

3. Intensifikatsiya processa pererabotki othodov zhivotnovodstva / K. O. Firus, K. V. Anisimova, N. G. Glavatskih [i dr.] // Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy sel'skohozyajstvennoy akademii. 2021. № 2 (66). S. 65–70.

4. Povyshenie energoeffektivnosti promyshlennykh zdaniy i sooruzhenij putem vnedreniya avtomatizirovannykh sistem / A. B. Spiridonov, K. V. Anisimova, N. G. Glavatskih [i dr.] // Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. S. 270–275.

5. Sovremennyye metody i sredstva bezopasnogo hraneniya i proizvodstva v pishchevoj otrasli

/ A. B. Spiridonov, I. Sh. Shumilova, K. V. Anisimova [i dr.] // Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2019. S. 183–187.

6. Fundamental'nye ekologicheskie aspekty formirovaniya vektora razvitiya industrii pitaniya / N. G. Glavatskih, O. B. Porobova, T. A. Milohova, N. V. Kravchenko // Razvitie proizvodstva i rol' agroinzhenernoj nauki v sovremennom mire: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2021. S. 353–359.

7. Cifrovyye tekhnologii v pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti / A. B. Spiridonov, T. S. Kopysova, K. V. Anisimova, A. F. Ipatova // Nauchnye innovatsii v razvitiy otraslej APK: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2020. S. 174–178.

8. Identification of energy-saving methods of the hermetia illucens larvae drying / K. Anisimova, N. Glavatskih, O. Porobova, M. Yurkov // Advances in Social Science, Education and Humanities Research. 2019. C. 420.

Сведения об авторах:

А. А. Сергеев¹, кандидат технических наук, доцент;

А. Б. Спиридонов^{2✉}, кандидат технических наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0003-3533-0416>;

О. Б. Поробова³, кандидат технических наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0003-3271-0480>

^{1,2,3}ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Студенческая, 9, Ижевск, Россия, 426069

²anbs88@bk.ru

Original article

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF RECYCLING PLASTIC WASTE FOR PRODUCING PAVING STONES WITH OPTIMAL MECHANICAL PROPERTIES

Aleksey A. Sergeev¹, Anatoliy B. Spiridonov^{2✉}, Olga B. Porobova³

^{1,2,3}Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia

²anbs88@bk.ru

Abstract. *The installation of under floor heating from recycled plastic on agricultural farms is of great importance both in terms of reducing costs and improving the environmental situation. The aim of the study is to develop a technology for plastic waste recycling with the addition of sawdust to produce paving stones. To achieve this goal it was necessary to choose the optimal structure of the paving stones and conduct strength tests of the prepared samples. The materials for the research were samples of paving stones cast from a mixture of polyethylene terephthalate obtained from PET bottles and sawdust of small and large fractions in different proportions. The developed technology for the production of plastic paving stones with the addition of sawdust includes the following stages: acceptance and preparation of raw materials (plastic, sawdust), sorting, cleaning, crushing and melting of plastic, mixing of components (plastic + sawdust). A comparative analysis of compression and strength tests of the obtained samples showed that variations with fine sawdust have the best characteristics. The tensile strength of the samples with a fine sawdust fraction was 0.7086 and 0.8680 MPa, the plasticity coefficient was 2.56 and 4.10 %, and the sample with a large sawdust fraction was 0.254 MPa and 2.43 % respectively. Thus, in order to preserve the thermophysical properties and strength of the floor covering, it is better to use fine sawdust in the production of tiles. In order to preserve all the physical properties of PET plastic during the melting process, it is necessary to observe the exact melting temperature regime – 260 °C.*

Key words: paving stones; polyethylene terephthalate (PET); sawdust; PET plastic bottle; cow stalls; comparative analysis of strength tests; livestock farm; recyclable materials.

For citation: Sergeev A. A., Spiridonov A. B., Porobova O. B. Development of technology of recycling plastic waste for producing paving stones with optimal mechanical properties. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022; 3(71): 64-70. (In Russ.). https://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_64-70.

Authors:

A. A. Sergeev¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

A. B. Spiridonov^{2✉}, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
<https://orcid.org/0000-0003-3533-0416>;

O. B. Porobova³, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
<https://orcid.org/0000-0003-3271-0480>

^{1,2,3}Izhevsk State Agricultural Academy, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

²anbs88@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 12.08.2022; одобрена после рецензирования 29.08.2022;
принята к публикации 01.09.2022.

The article was submitted 12.08.2022; approved after reviewing 29.08.2022;
accepted for publication 01.09.2022.

ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПУБЛИКАЦИИ АВТОРСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1. К публикации принимаются соответствующие основным научным направлениям журнала статьи, содержащие новые, ранее не опубликованные результаты научных исследований, разработки, готовые к практическому применению, а также материалы, представляющие познавательный интерес.

2. Рукопись статьи представляется непосредственно в редакцию журнала или присылается по почте (e-mail). Статья должна содержать следующие структурные элементы: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования (желательно наличие иллюстративного материала: таблицы, рисунки), выводы.

3. Текст должен быть набран шрифтом Times New Roman. Размер шрифта 14 (для основного текста), 12 – для дополнительного текста (текста таблиц, списка литературы и т. п.). Междустрочный интервал для текста полуторный; режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Формат бумаги А4 (210×297 мм). Поля: сверху, снизу, слева – 2,0 см, справа – 2,5. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту (1,27 или 1,5 см). Номера страниц ставятся внизу и посередине.

4. Таблицы должны быть созданы в Microsoft Word. Шрифт шапки таблицы – 11 (жирн.), текста таблицы – 12. Междустрочный интервал для таблиц одинарный. Ширина таблицы должна совпадать с границами основного текста, горизонтальные таблицы необходимо поместить в отдельные файлы.

5. Рисунки допускаются только черно-белые, штриховые, без полутонов и заливки. В рисунках необходимо предусмотреть 1,5-кратное уменьшение. Ширина рисунков – не более ширины основного текста. Дополнительно рисунки представляются в отдельных файлах в одном из следующих форматов: *.jpeg, *.eps, *.tiff.

6. Все математические формулы должны быть тщательно выверены. Электронная версия представлена в формате Microsoft Equation 3.1.

7. Объем рукописи должен быть не менее 14 стандартных страниц текста, включая таблицы и рисунки.

8. Сведения об авторе должны содержать: фамилию, имя, отчество, ученую степень, ученое звание, должность, полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город (на русском и английском языках); E-mail для каждого автора, корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

9. Название статьи приводится на русском и английском языках.

10. Аннотация приводится на русском и английском языках и повторяет структуру статьи: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования, выводы. Аннотация должна содержать не менее 200 слов.

11. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой. Ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

12. Пристатейный список литературы должен оформляться по ГОСТ Р 7.0.5-2008. В тексте статьи ссылки на литературу оформляются в виде номера в квадратных скобках на каждый источник. Источники (не менее 7) в списке литературы размещаются строго в алфавитном порядке. Сначала приводятся работы авторов на русском языке, затем на других языках. Все работы одного автора необходимо указывать по возрастанию годов издания.

13. Статьи, оформленные с нарушением требований, рассматриваться и публиковаться не будут.

14. Рецензирование всех научных статей обеспечивается редакцией. Рецензирование проводят члены редакционной коллегии или приглашенные редакцией рецензенты.

AUTHORS' INSTRUCTIONS FOR ARTICLES SUBMISSION AND PUBLICATION

1. Articles submitted for publication should conform to the main scientific directions of the journal, contain previously unpublished results of original researches, developments which are ready for use in practical work, as well as the materials of cognitive interest.

2. Manuscripts should be presented to the editorial office directly or submitted by mail (e-mail). The article should include the following structural parts: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results (supporting data and illustrative material are desirable: tables, drawings), conclusions.

3. The print size type of the text is Times New Roman, font size 14 is for the main part, 12 – for the additional text (tables, literature references etc.). Line spacing is one-and-a-half; justified alignment; automatic hyphenation. The article must be printed on paper with format of A4 (210×297). The sidelines: above, below and left – 2 cm, right – 2.5 cm. The paragraph break must be the same in the whole text (1.27 or 1.5 cm). Page numbers are put in the centre below.

4. Tables must be executed in Microsoft Word. The font of table heading is 11 (bold), table texts – 12; single space. The width of the table must be the same as the main text lines, horizontal tables should be placed in a separate file.

5. Only black-and-white drawings, drawings in lines, without halftones and filling are allowed. It is necessary to provide for 1.5-fold reduction in the drawings. The drawing width must not be more than the width of the main text. In addition, the drawings are presented in separate files in one of the following formats: *.jpeg, *.eps, *.tiff.

6. All mathematical formulae must be accurately adjusted. The electronic version should be provided in format Microsoft Equation 3.1.

7. The volume of the manuscript should not be less than 14 standard pages of the text including tables and drawings.

8. Information about the author should contain: the surname, first name and patronymic; science degree, academic rank, position, full name of organization – place of work of every author, city and country (in the Russian and English languages); e-mail of every author, correspondent postal address and contact telephone number (may be one for all authors).

9. The title of the article is given in Russian and English.

10. The annotation of the article is given in Russian and English and it should reflect the structure of the article: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results, conclusions. The annotation should contain minimum 200 words.

11. Key words or word combinations are separated by semicolon. Key words are printed in Russian and English.

12. The literature reference list of the article must be done according to the state standard GOST R 7.0.5-2008. References to the resources of information in the text are indexed with numbers and given in square parentheses. The reference sources (not less than 7) must be listed in the references in alphabetical order. First the papers of authors are given in Russian, further in other languages. All the papers of one author should be indexed in ascending order of the years of publishing.

13. Papers which do not conform to the requirements mentioned above shall not be taken for consideration, reviewing and publishing.

14. Review of all scientific articles is provided by the editorial staff. The peer review is carried out by the editors or external reviewers.