

Агробиотехнологии и цифровое земледелие



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 3 (11) 2024 год



DOI 10.12737/2782-490X-2024-3-3

ISSN 2782-490X



АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

AGROBIOTECHNOLOGIES AND DIGITAL FARMING

SCIENTIFIC JOURNAL

№ 3 (11)



Казань, 2024

Агробιοтехнологии и цифровое земледелие

научный журнал

Институт агробιοтехнологий и землепользования

Казанского государственного аграрного университета



№ 3 (11)
2024 г.

Учредитель –
Казанский
государственный аграрный
университет



Учрежден Казанским
государственным аграрным
университетом, в 2022 г.

Адрес издателя и редакции: 420015,
Республика Татарстан, г. Казань, ул.
К. Маркса, 65
тел. (843) 598 - 40 - 52

сайт:
www.agrobiotech.kazgau.ru
e-mail:
agrobiotech@kazgau.com

Зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в
сфере связи,
информационных технологий и
массовых коммуникаций
(Роскомнадзор) -
свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-82684
от 18 января 2022 г.

Журнал включен
в Российский индекс
научного цитирования
(РИНЦ). С 10.06.2024 г. включен
в перечень рецензируемых научных
изданий, в которых должны быть
опубликованы основные результа-
ты диссертаций на соискание
ученой степени кандидата наук, на
соискание ученой степени доктора
наук по специальностям:

4.1.1. Общее земледелие и растение-
водство (сельскохозяйственные
науки);
4.1.2. Селекция, семеноводство и
биотехнология растений
(сельскохозяйственные науки);
4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений
(сельскохозяйственные науки);
4.1.4. Садоводство, овощеводство,
виноградарство и лекарственные
культуры (сельскохозяйственные
науки);
4.2.3. Инфекционные болезни и
иммунология животных
(ветеринарные науки, биологиче-
ские науки);
4.2.4. Частная зоотехния, кормле-
ние, технологии приготовления
кормов и производства продукции
животноводства
(сельскохозяйственные науки,
биологические науки);
4.2.5. Разведение, селекция, генети-
ка и биотехнология животных
(сельскохозяйственные науки,
биологические науки);

Публикуется
4 раза в год
За достоверность информации
в опубликованных материалах
ответственность несут
авторы публикаций

16+

Главный редактор:

Валиев А.Р. – доктор технических наук, профессор, ректор, член-корр. АН РТ, Казанский государственный аграр-
ный университет

Заместители главного редактора:

Зиганшин Б.Г. – доктор технических наук, профессор, профессор РАН, Казанский государственный аграрный
университет

Сержанов И.М. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, директор, Институт агробιοтехнологий и земле-
пользования, Казанский государственный аграрный университет

Шайдуллин Р.Р. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Казанский государственный аграрный универ-
ситет

Члены редакционной коллегии:

Амиров М.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Казанский государственный аграрный универ-
ситет

Ахметзянова Ф.К. – доктор биологических наук, профессор, Казанская государственная академия ветеринар-
ной медицины им. Н.Э. Баумана

Ахметов Т.М. – доктор биологических наук, профессор, Казанская государственная академия
ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана

Валидов Ш.З. – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, ФИЦ КазНЦ РАН

Васильев М.Н. – доктор ветеринарных наук, доцент, Казанская государственная академия ветеринарной
медицины им. Н.Э. Баумана

Гилязов М.Ю. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Казанский государственный аграрный универ-
ситет

Захаров В.Г. – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Ульяновский
научно-исследовательский институт сельского хозяйства - филиал Самарского научного центра РАН

Кузьминых А.Н. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Марийский государственный университет

Низамов Р.М. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Казанский государственный аграрный
университет

Новоселов С.И. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Марийский государственный университет

Осилов Г.Е. – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Татарский научно-
исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН

Панасюк М.В. – доктор географических наук, профессор, Казанский (Приволжский) федеральный
университет

Пономарева М.Л. – доктор биологических наук, профессор, Татарский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН

Сафин Р.И. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корр. АН РТ, Казанский государственный
аграрный университет

Члены редакционного совета:

Абуова А.Б. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Международный инженерно-технологический
университет (Казахстан)

Асатурова А.М. – кандидат биологических наук, директор, Федеральный научный центр биологической защи-
ты растений (Россия)

Барамова Ш.А. – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, Казахский научно-
исследовательский ветеринарный институт (Казахстан)

Голохваст К.С. – доктор биологических наук, профессор, член-корр. РАО, профессор РАН, директор, Сибир-
ский федеральный научный центр агробιοтехнологий РАН (Россия)

Исайчев В.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор, Ульяновский государственный аграр-
ный университет (Россия)

Каракозов С.Д. – доктор химических наук, академик РАН, генеральный директор ЗАО «Шёлково Агрохим»,
Вице-президент Российского союза производителей химических средств защиты растений (Россия)

Кучинский М.П. – доктор ветеринарных наук, доцент, заместитель директора по научной работе и иннова-
циям, НПЦ НАН Беларуси по животноводству, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н.

Выше-лесского (Белоруссия)

Надежкин С.М. – доктор биологических наук, профессор, профессор РАН, заместитель директора, ФГБНУ
«Федеральный научный центр овощеводства» (Россия)

Марзанов Н.С. – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный научный
центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста (Россия)

Муимджанов Х.А. – доктор биологических наук, профессор, Продовольственная и сельскохозяйственная
организация ООН (ФАО), Субрегиональное отделение ФАО для Центральной Азии, Анкара, Турция (Турция,
Таджикистан)

Партоев К. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт ботаники, физиологии и генетики
растений АН Республики Таджикистан (Таджикистан)

Персикова Т.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия (Белоруссия)

Рамазанов Р.Р. – генеральный директор ООО «Бионоватик» (Россия)

Сальников Э. – доктор биологических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, Белградский
университет - Институт междисциплинарных исследований, отдел растений, почвы и наносистем (Сербия)

Селивановская С.Ю. – доктор биологических наук, профессор, директор, Институт экологии и природополь-
зования, Казанский (Приволжский) федеральный университет, ведущий научный сотрудник Учебно-научная
лаборатория «Центр агро - и экобиотехнологий» (Россия)

Тайлан Аксу – доктор наук, профессор, Университет Ван (Турция)

Труфляк Е.В. – доктор технических наук, профессор, руководитель Центра прогнозирования и мониторинга
научно-технологического развития АПК Кубанского государственного аграрного университета (Россия)

Фенг Чен – кандидат наук, профессор, Хэнаньский сельскохозяйственный университет, директор

Китайского совместного исследовательского центра пшеницы и кукурузы (СІММУТ) (Китай)

Чекмарев П.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, председатель Комитета по
развитию агропромышленного комплекса Торгово-промышленной палаты РФ (Россия)



№ 3 (11)
2024 г.

Agrobiotechnologies and digital farming

scientific journal

Institute of Agrobiotechnology and Land Management
Kazan State Agrarian University

Chief Editor:

Valiev A.R. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector, Corresponding Member Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan State Agrarian University

Deputies of Chief Editor:

Ziganshin B.G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Kazan State Agrarian University

Serzhanov I.M. – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Director, Institute of Agrobiotechnologies and Land Management, Kazan State Agrarian University

Shaidullin R.R. – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Kazan State Agrarian University

Members of the Editorial Committee:

Amirov M.F. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University

Akhmetzyanova F.K. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman

Akhmetov T.M. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman

Validov Sh.Z. – PhD in biology, Senior Researcher, Kazan Scientific Center of Russian Academy of Science

Vasilyev M.N. – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman

Gilyazov M.Yu. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University

Zakharov V.G. – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture - branch of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Kuzminykh A.N. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Mari State University

Nizamov R.M. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University;

Novoselov S.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Mari State University

Osipov G.E. – Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Tatar Research Institute of Agriculture

Panasyuk M.V. – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Kazan Federal University

Ponomareva M.L. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Tatar Research Institute of Agriculture

Safin R.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan State Agrarian University

Members of the Editorial Board:

Abuova A.B. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, International University of Engineering and Technology (Kazakhstan)

Asaturova A.M. – Candidate of Biological Sciences, Director, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection (Russia)

Baramova Sh.A. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Kazakh Research Veterinary Institute (Kazakhstan)

Golokhvast K.S. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member. Russian Academy of Education, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russia)

Isaichev V.A. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Rector, Ulyanovsk State Agrarian University (Russia)

Karakotov S.D. – Doctor of Chemical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, General Director of CJSC Shchelkovo Agrokhim, Vice President of the Russian Union of Producers of Chemical Plant Protection Products (Russia)

Kuchinsky M.P. – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Research and Innovation, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry, Institute of Experimental Veterinary Medicine. named after S.N. Vyshelsky (Belarus)

Nadezhkin S.M. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director, Federal Scientific Center for Vegetable Growing (Russia)

Marzanov N.S. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Federal Scientific Center for Animal Husbandry - named after Academician L.K. Ernst (Russia)

Mumidzhanov Kh.A. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Subregional Office for Central Asia (Turkey, Tajikistan)

Partoev K. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Botany, Physiology and Plant Genetics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan (Tajikistan)

Persikova T.F. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Belarusian State Agrarian Academy (Belarus) Ramazanov R.R. – General Director of Bionovatik LLC (Russia)

Salnikov E. – Doctor of Biological Sciences, Candidate of Agricultural Sciences, Professor, University of Belgrade - Institute for Multidisciplinary Research, Department of Plant, Soil and Nano Systems (Serbia)

Selivanovskaya S.Yu. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Director, Institute of Ecology and Nature Management, Kazan Federal University, Leading Researcher Educational and Scientific Laboratory "Center for Agro - and Ecobiotechnologies" (Russia)

Taylan Aksu – Doctor of Sciences, Professor, Van University (Turkey)

Truflyak E.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Center for Forecasting and Monitoring of Scientific and Technological Development of the Agroindustrial Complex of the Kuban State Agrarian University (Russia)

Feng Chen – PhD, professor, Henan Agricultural University, Director of China Joint Research Center for Wheat and Maize (CIMMYT) (China)

Chekmarev P.A. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chairman of the Committee for the Development of the Agro-Industrial Complex of the Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation (Russia)

© Agrobiotechnologies and digital farming, 2024

Founder -
Kazan State Agrarian
University



Established by Kazan State
Agrarian University, in 2022

Publisher and editorial address:
420015, Republic of Tatarstan,
Kazan, K. Marks st., 65
tel. (843) 598 - 40 - 52

сайт:
www.agrobiotech.kazgau.ru
e-mail:
agrobiotech@kazgau.com

Registered by
Federal Service for Supervision of
Communications, Information
Technology and Mass Media
registration certificate:
PI No. FS77-82684
January 18, 2022

The journal is included to Russian
Science Citation Index (RSCI). Since
06/10/2024, it has been included
in the list of peer-reviewed scientific
publications in which the main
results of dissertations for the sci-
entific degree of Candidate of Scienc-
es, for the scientific degree of Doctor
of Science in the following
specialties should be published:

- 4.1.1. General agriculture and crop production (agricultural sciences);
- 4.1.2. Breeding, seed production and biotechnology (agricultural sciences);
- 4.1.3. Agrochemistry, agro-soil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences);
- 4.1.4. Gardening, vegetable growing, viticulture and medicinal crops (agricultural sciences);
- 4.2.3. Infectious diseases and animal immunology (veterinary sciences, biological sciences);
- 4.2.4. Private animal husbandry, feeding, technologies for preparing feed and producing livestock products (agricultural sciences, biological sciences);
- 4.2.5. Breeding, selection, genetics and biotechnology of animals (agricultural sciences, biological sciences)

Published
4 times a year
Authors of publications are
responsible for the accuracy
of information in published
materials

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ

	стр.
Абрамова А. А., Сафин Р. И. Влияние применения биопрепаратов на основе различных эндофитных бактерий рода <i>Bacillus</i> на фитопатогенные микромицеты и продуктивность яровой пшеницы.....	6
Абрамова Г. В., Салихова З. З., Абрамов А. Г. Микрклональное размножение жимолости съедобной и ее вегетативное развитие в условиях <i>in vitro</i>	14
Завалин А. А., Новоселов С. И., Еремеев Р. В., Фасхутдинов Ф. Ш. Эффективность сидератов в земледелии Нечерноземья.....	20
Зиганшин А. А., Сафин Р. И. Особенности формирования урожая кукурузы на зерно при использовании некорневой подкормки органоминеральными удобрениями.....	28
Королев К.П. Комплексная оценка генотипов <i>Linum usitatissimum</i> L. по фенотипическим признакам и стабильности в условиях подтаежной агроэкологической зоны Тюменской области.....	34
Михайлова М. Ю. Анализ продуктивности различных по продолжительности вегетационного периода гибридов кукурузы ООО «Отбор» в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан.....	41
Осипов Г. Е., Петрова Н. В., Карпова А. А. Защита вишни от коккомикоза в Республике Татарстан.....	47
Сабирова Р. М., Вафин И. Х. Оценка продуктивности яровой тритикале на фоне удобрений в условиях Предкамья Республики Татарстан.....	54
Шайхутдинов Ф. Ш., Сержанов И. М., Егоров Л. М., Гараев Р. И., Давлетов К. Н. Влияние агротехнических приемов выращивания картофеля на урожайность и экономическую эффективность в условиях Республики Татарстан.....	60

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Шайдуллин Р. Р., Ганиев А. С. Доля влияния различных факторов на уровень молочной продуктивности коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1.....	67
---	----

CONTENTS

AGRONOMY

Pages

Abramova A. A., Safin R. I. The influence of the use of biopreparations based on various endophytic bacteria of the genus <i>Bacillus</i> on phytopathogenic micromycetes and the productivity of spring wheat.....	6
Abramova G. V., Salikhova Z. Z., Abramov A. G. Microclonal reproduction of edible honeysuckle and its vegetative development in vitro conditions.....	14
Zavalin A. A., Novoselov S. I., Ereemeev R. V., Faskhutdinov F. S. Efficiency of siderates in agriculture of the Non-Chernozem region.....	20
Ziganshin A. A., Safin R. I. Features of the formation of the grain corn yield using foliar feeding with organomineral fertilizers.....	28
Korolev K. P. Comprehensive assessment of <i>Linum usitatissimum</i> L. genotypes by phenotypic characteristics and stability in the conditions of the subtaiga agroecological zone of the Tyumen region.....	34
Mikhailova M. Y. Analysis of the productivity of corn hybrids of LLC " Selection" , which differ in the duration of the growing season, in the soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan.....	41
Osipov G. E., Petrova N. V., Karpova A. A. Protection of sour cherry from coccomycosis in the republic of Tatarstan.....	47
Sabirova R. M., Vafin I. H. Assessment of the productivity of spring triticale against the background of fertilizers in the conditions of the ancestral region of the republic of Tatarstan.....	54
Shaikhutdinov F. Sh., Serzhanov I. M., Egorov L. M., Garayev R. I., Davletov K. N. The influence of agrotechnical methods of potato cultivation on productivity and economic efficiency in the conditions of the republic of Tatarstan.....	60

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDECINE

Shaidullin R. R., Ganiev A. S. The share of influence of various factors on the level of milk productivity of cows with different genotypes of CSN3 and DGAT1.....	67
---	----

**ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ
ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* НА ФИТОПАТОГЕННЫЕ
МИКРОМИЦЕТЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ****А. А. Абрамова, Р. И. Сафин**

Реферат. Проведены исследования по оценке влияния применения двух биологических биопрепаратов на основе эндофитных бактерий на фитопатогенные грибы и продуктивность яровой пшеницы сорта Ульяновская 105. Исследования проводились в годы как с благоприятными (2020, 2022 год), так с год с острозасушливыми (2021 год) условиями увлажнения в период вегетации. Полевые опыты закладывались на высокоплодородной серой лесной почве в Предкамской зоне Республики Татарстан. В качестве биологических агентов использовались бактерий *Bacillus mojavensis* PS17 (эндофитная бактерия семян) и *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 (эндофитная бактерия корней и стеблей). Биопрепараты на основе данных бактерий использовались для обработки семян (норма 1 л/т) и для опрыскивания растений в фазу колошения (1,0 л/га). В качестве контроля выступал вариант без применения каких-либо обработок, а стандартом служила схема с применением химических фунгицидов (обработка семян Ламадор (0,2 л/т), опрыскивание ПропиШанс (0,5 л/га)). В лабораторных условиях была обнаружена высокая фунгицидная активность *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 в отношении фузариозных грибов. Обнаружено преимущество применения *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 при обработке семян яровой пшеницы в подавлении фузариозной инфекции в почве прикорневой зоны растений. Оба штамма при обработке семян подавляли развитие *Cochliobolus sativus* в почве прикорневой зоны растений пшеницы. Наиболее эффективный контроль корневых гнилей на ранних этапах развития растений яровой пшеницы обеспечивался при использовании схемы с обработкой семян *Bacillus mojavensis* PS17. Применение биопрепаратов на основе эндофитных бактерий снижало развитие листовых микозов яровой пшеницы, причем по эффективности контроля болезней значительных различий между штаммами не отмечалось. Наиболее сильное положительное влияние на урожайность яровой пшеницы оказало применение биопрепаратов на основе эндофитных бактерий в условиях острозасушливого вегетационного периода. Максимальная урожайность яровой пшеницы обеспечивала схема биологической защиты с эндофитной бактерией семян пшеницы *Bacillus mojavensis* PS17.

Ключевые слова: биологическая защита, биологические агенты, эндофитные бактерии, фитопатогенные грибы, обработка семян, опрыскивание, яровая пшеница

Для цитирования: Абрамова А.А., Сафин Р.И. Влияние применения биопрепаратов на основе различных эндофитных бактерий рода *Bacillus* на фитопатогенные микромицеты и продуктивность яровой пшеницы //Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. 3(11). С. 6-13

Введение. Для Республики Татарстан и регионов Среднего Поволжья, яровая мягкая пшеница, является основной зерновой и полевой культурой [1, 2, 3]. Вместе с тем, потенциал современных сортов данной культурой, во многом не реализуется в полном объеме, отмечаются значительные колебания урожайности по годам [4]. Среди основных причин снижения урожайности и качественных характеристик зерна яровой пшеницы, особое место занимают инфекционные болезни, важнейшими из которых являются микозы различной этиологии [5, 6, 7]. На территории Татарстана к числу наиболее распространенных и опасных микозов яровой пшеницы относятся – корневые гнили (разной этиологии), септориоз листьев и колоса, бурая листовая ржавчина и настоящая мучнистая роса [8, 9]. В существующих системах защиты растений яровой пшеницы от различных микозов, в качестве основных приемов их контроля, выступают иммунно-генетические, агротехнологические и другие профилактические меры [10, 11]. В случае массового развития инфекционных заболеваний, активно используются химические средств контроля патогенов – фунгициды, относящиеся к различным химическим группам [12, 13]. Вместе с тем, применение

фунгицидов связано как с экологическими последствиями от их применения, так и с экономическими сложностями (высокая стоимость препаратов). Кроме того, растет резистентность патогенов к ряду действующих веществ данной группы пестицидов, что также снижает эффективность их применения [14, 15]. В качестве альтернативы химическим препаратам, все большее распространение в системах защиты пшеницы приобретают биофунгициды на основе различных микроорганизмов (биологически агентов) [16, 17]. К числу наиболее распространенных биологических агентов биофунгицидов относятся спорообразующие грамположительные аэробные бактерии рода *Bacillus* [18, 19]. Среди представителей данного рода, все большее внимание для биологической защиты привлекают различные эндофитные бактерии, играющие важную и разностороннюю роль в жизни растений [20, 21]. В частности, показано положительное влияние применения данных бактерий в снижении поражения растений различными фитопатогенами [22, 23].

Целью работы было изучение влияния обработки семян различными штаммами эндофитных бактерий на развитие

различных микозов яровой пшеницы в лабораторных опытах и в полевых условиях.

Условия, материалы и методы. Объектом исследований в лабораторных и полевых опытах выступала яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорта Ульяновская 105. Исследования проводились в 2020-2022 году, отличающихся по агрометеорологическим условиям. Вегетационный период 2020 года был прохладным и хорошо увлажненным, тогда как в 2021 году отмечались остро-засушливые явления с экстремально высокими температурами воздуха и почвы. В 2022 году условия вегетации были достаточно благоприятными для развития яровой пшеницы.

Для исследований использовались биопрепараты у которых в качестве биологических агентов выступали – *Bacillus mojavensis* PS17 [24] и *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 [25]. Штамм *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 является факультативным эндофитом корней и стеблей растений томата, тогда как *Bacillus mojavensis* PS17 – эндофитной бактерией семян яровой пшеницы.

Схема опыта: 1. Контроль – без обработки;

2. Обработка семян *Bacillus mojavensis* PS17 (1,0 л/т) + опрыскивание *Bacillus mojavensis* PS17 (1,0 л/га) (схема с *Bacillus mojavensis* PS17);

3. Обработка семян *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 (1,0 л/т) + опрыскивание *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 (1,0 л/га) (схема с *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95);

4. Обработка семян 250+150 кс Ламадор (0,2 л/т) + опрыскивание 250 кс ПропиШанс (0,5 л/га) (схема химическая система защита растений).

Расход рабочей жидкости при обработке семян был стандартным (10 л на т семян). Опрыскивание проводилось в фазу колошения с нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га.

В полевых опытах общая площадь делянки была 25 м², учетная – 20 м², в четырехкратной повторности. Агротехнология возделывания яровой пшеницы в полевых опытах была выбрана согласно зональным рекомендациям для Предкамья Республики Татарстан. Почва

опытных участков – слабокислая серая лесная среднесуглинистая, отличающаяся высокой окультуренностью и хорошей обеспеченностью основными элементами минерального питания.

Почвенный материал для изучения зараженности патогенными микромицетами отбирался по фазам развития яровой пшеницы. Почву отбирали в прикорневой зоне растений. Из каждой пробы отбирали 1 г почвенного материала, который в стерильных условиях размалывали до состояния мелкозема. Из размолотой почвы при помощи стерильного фосфатного буфера (PBS) делали ряд последовательных разведений которые затем высевали на чашки Петри с твердыми средами Сабуро и Чапека, в 4-х кратной повторности. Чашки Петри инкубировали в темноте при температуре 26,5°C в течение 7 суток [26]. При микроскопировании патогенных микромицетов определяли их вид с использованием определителя [27].

Фитосанитарный мониторинг корневых гнилей и листо-стеблевых инфекций проводили по общепринятым методикам [28].

Результаты и обсуждение. Перед тем, как изучать влияние биопрепаратов на развитие патогенов в полевых условиях, проверяли их фунгицидную активность в лабораторных условиях в отношении фузариозной инфекции [29]. Для этого патогенный микромицет *Fusarium oxysporum* поместили в центр агаризованной среды Чапека в виде агарового блока. Патоген инкубировали в течение 2-х суток при температуре 25°C, после чего вокруг патогена с 4-х сторон помещали каплю с живой культурой исследуемых бактериальных штаммов на расстоянии около 2-х см. Инкубировали при температуре 27°C. Через 3 и 5 суток инкубации измеряли зону лизиса: расстояние, которым патоген ограничивается от бактериальной культуры.

На рисунке 1 представлены результаты оценки фунгицидной активности штамма *B. mojavensis* PS17 по отношению к патогенному микромицету.

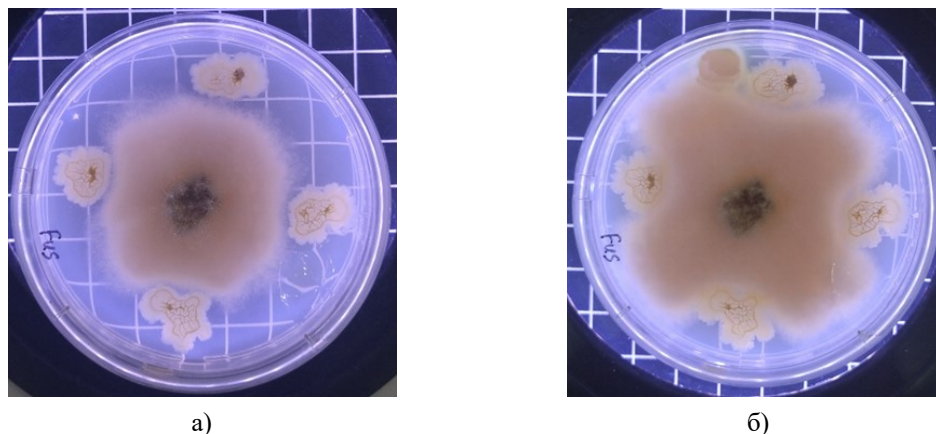
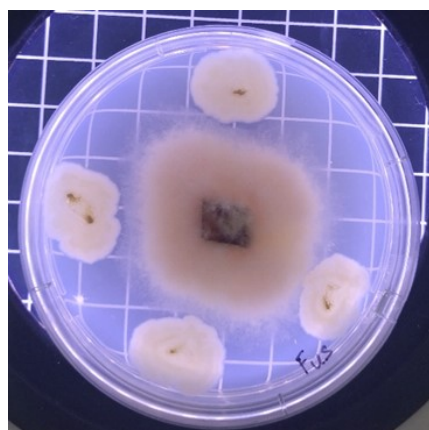


Рис. 1 – Фунгицидная активность штамма *B. mojavensis* PS17 по отношению к *Fusarium oxysporum*, а – на 3 сутки инкубации, б – на 5 сутки инкубации

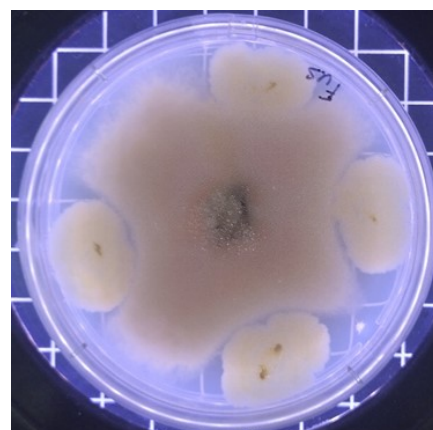
На рисунке заметно, что в начале инкубации штамм *B. mojavensis* PS17 проявляет фунгицидные свойства достаточно выражено, средняя зона лизиса составила 4,75 мм. На 5-е сутки фунгицидная активность выражена меньше, но все равно заметна.



а)

Средняя зона лизиса на 5-е сутки составила 3,00 мм.

На рисунке 2 представлены результаты опытов по оценке фунгицидной активности штамма *B. amyloliquefaciens* RECB-95 по отношению к патогену.



б)

Рис. 2 – Фунгицидная активность штамма *B. amyloliquefaciens* RECB-95 по отношению к *Fusarium oxysporum*, а – на 3 сутки инкубации, б – на 5 сутки инкубации

В случае со штаммом RECB-95, на третьи сутки зона ингибирования составляет в среднем 3,15 мм. На 5-е сутки она, как и в случае с предыдущим штаммом менее выражена и составляет в среднем 2,75 мм.

Таким образом, оба изучаемых штамма эндوفитных бактерий показали способность

к подавлению развития фузариозной инфекции, причем значительных отличий по данной способности между ними не отмечалось.

В таблице 1 представлены данные по оценке численности микромицетов, вызывающих корневые гнили яровой пшеницы в почве прикорневой зоны растений.

Таблица 1 – Численность фитопатогенных грибов рода *Fusarium* в прикорневой зоне растений яровой пшеницы в фазу кущения, КОЕ×10⁴ на 1 г почвы, 2020-2022 год

Вариант	2020 год	2021 год	2022 год	В среднем за 3 года
Контроль	0,20±0,01	0	0,90±0,04	0,36
Схема с <i>Bacillus mojavensis</i> PS17	0	0,50±0,02	0	0,16
Схема с <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> RECB-95	0	0,10±0,01	0	0,03
Схема с фунгицидами	0	0,20±0,01	0	0,06

Наибольшую опасность корневые гнили наносят на ранних этапах развития растений пшеницы. Результаты оценки показали, что обработка семян в 2020 и 2022 годах привела к полному подавлению фузариозной инфекции в прикорневой зоне растений пшеницы. Однако, в острозасушливом 2021 году, напротив, в контроле фузариозная инфекция не отмечалась, тогда как при использовании протравителей семян из

почвы прикорневой зоны выделялись данные микромицеты. В целом, при сравнении результатов за три года, отмечается преимущество применения *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 в сравнении с другими вариантами обработки семян пшеницы.

Другим патогеном, вызывающим корневые гнили яровой пшеницы является гриб *Cochliobolus sativus* (анаморфа *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker) (табл. 2).

Таблица 2 – Численность фитопатогенных грибов *Cochliobolus sativus* в прикорневой зоне растений яровой пшеницы в фазу кущения, КОЕ×10⁴ на 1 г почвы, 2020-2022 год

Вариант	2020 год	2021 год	2022 год	В среднем за 3 года
Контроль	0	0	0,10±0,01	0,36
Схема с <i>Bacillus mojavensis</i> PS17	0	0	0	0
Схема с <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> RECB-95	0	0	0	0
Схема с фунгицидами	0	0	0	0

АГРОНОМИЯ

В 2020-2021 году, во всех вариантах, возбудитель обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы в почве прикорневой зоны растений не выделялся. В 2022 году, данный патоген выделялся только в контроле. Таким образом, предпосевная обработка семян эндофитными

бактериями, так же, как и химическим препаратом, во все годы исследований приводила к подавлению развития *Cochliobolus sativus* в почве прикорневой зоны растений пшеницы.

Результаты оценки распространенности корневых гнилей приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Распространенность корневых гнилей яровой пшеницы в фазу всходов, %, 2020-2022 год

Вариант	2020 год	2021 год	2022 год	В среднем за 3 года
Контроль	21,2	20,0	13,0	18,06
Схема с <i>Bacillus mojavensis</i> PS17	7,9	9,0	8,4	8,43
Схема с <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> RECB-95	16,5	18,2	18,2	17,63
Схема с фунгицидами	6,5	5,3	5,0	5,60

В 2020 и 2021 годах, наблюдалась достаточно высокая распространенность корневых гнилей, тогда как в 2022 году показатель был значительно ниже. Наименьшее распространение корневых гнилей было при использовании химического протравителя семян. Среди

вариантов с эндофитными бактериями, во все годы исследований преимущество имел вариант с обработкой семян *Bacillus mojavensis* PS17.

Данные фитосанитарного мониторинга развития основных листовых микозов яровой пшеницы приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Развитие листовых микозов яровой пшеницы в фазу молочной спелости (в среднем за 3 года), %, 2020-2022 год

Вариант	Септориоз листьев	Бурая листовая ржавчина	Настоящая мучнистая роса
Контроль	46,2	35,1	35,5
Схема с <i>Bacillus mojavensis</i> PS17	18,0	24,4	24,3
Схема с <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> RECB-95	17,8	25,6	26,3
Схема с фунгицидами	13,1	32,9	14,8

В контроле, среди листовых микозов преобладал септориоз листьев, тогда как развитие болезней, вызываемых биотрофными патогенами (бурая листовая ржавчина, настоящая мучнистая роса) было ниже. Использование биологических и химической схем обработки растений способствовало значительному снижению развития всех листовых болезней, но особенно заметно септориоза листьев.

В отношении подавления развития септориоза листьев и настоящей мучнистой росы

преимущество имела схема с химическими фунгицидами, тогда как бурую листовую ржавчину лучше контролировали биопрепараты на основе эндофитных бактерий. В полевых условиях, между вариантами с биологическими агентами по эффективности контроля листовых микозов значительных различий не отмечалось.

Интегральным показателем эффективности использования приемов агротехнологии является урожайность культуры (табл. 5).

Таблица 5 – Урожайность яровой пшеницы сорта Ульяновская 105 при применении различных схем защиты от болезней, т/га 2020-2022 год

Вариант	2020 год	2021 год	2022 год	В среднем за 3 года	Прибавка к контролю, %
Контроль	3,91	2,40	3,37	3,23	
Схема с <i>Bacillus mojavensis</i> PS17	4,27	2,65	3,66	3,53	9,2
Схема с <i>amyloliquefaciens</i> RECB-95	4,30	2,68	3,45	3,47	7,4
Схема с фунгицидами	4,51	2,54	3,43	3,49	8,2
HCP ₀₅	0,19	0,10	0,15		

Урожайность яровой пшеницы сильно колебалась по годам. В контроле, наибольшая урожайность отмечалась в хорошо увлажненном 2020 году, тогда как в условиях острой засухи 2021 года показатели были в 1,63 раза ниже. В 2020 году применение химической

защиты от болезней привело к более сильному росту урожайности, чем использование биологических препаратов. В тоже время, в засушливом 2021 году, использование схем обработки с биопрепаратами обеспечило более существенный рост урожайности яровой пшеницы,

чем применение фунгицидов, что обусловлено их положительным влиянием на повышение стрессоустойчивости растений культуры. В 2022 году урожайность в вариантах с использованием схемы с *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 и схемы с фунгицидами достоверно не отличалась, тогда как при использовании схемы с *Bacillus mojavensis* PS17 наблюдался существенный рост данного показателя в сравнении с другими схемами защиты от болезней.

В среднем за годы исследований, наибольший рост урожайности – на 9,2% был обеспечен при использовании схемы защиты от болезней с *Bacillus mojavensis* PS17.

Выводы. Оба штамма эндофитных бактерий проявляют активность в подавлении развития фузариозной инфекции в лабораторных условиях.

Обнаружено преимущество применения *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 при обработке семян яровой пшеницы в подавлении фузариозной инфекции в почве прикорневой зоны растений. Предпосевная обработка семян эндофитными бактериями, так же, как и химическим препаратом, во все годы исследований приводила к подавлению развития

Cochliobolus sativus в почве прикорневой зоны растений пшеницы.

Среди вариантов с эндофитными бактериями наиболее эффективный контроль корневых гнилей на ранних этапах развития растений яровой пшеницы обеспечивался при использовании схемы с обработкой семян *Bacillus mojavensis* PS17.

Лучший контроль септориоза листьев и настоящей мучнистой росы обеспечивала схема с химическими фунгицидами, тогда как бурую листовую ржавчину лучше контролировали биопрепараты на основе эндофитных бактерий. В полевых условиях, между вариантами с разными биологическими агентами по эффективности контроля листовых микозов значительных различий не отмечалось.

Наиболее сильное положительное влияние на урожайность яровой пшеницы оказало применение биопрепаратов на основе эндофитных бактерий в условиях острозасушливого вегетационного периода 2021 года. Максимальная урожайность яровой пшеницы (на 9,2% выше контроля) обеспечивала схема биологической защиты с эндофитной бактерией семян пшеницы – *Bacillus mojavensis* PS17.

Литература

1. Формирование продуктивности экологических пластичных сортов яровой пшеницы в условиях Предволжья Республики Татарстан / И. М. Сержанов, Ф. Ш. Шайхутдинов, Р. И. Гараев [и др.] // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 2(6). С. 38-43. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-38-43>. EDN ZHTGRD.
2. Биктагирова Э. И., Сержанова А. Р. Минеральное питание яровой пшеницы при различных нормах высева на серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 3(7). С. 6-11. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-6-11>. EDN WWOZAJ.
3. Совершенствование технологии возделывания яровой мягкой пшеницы сорта Тулайковская Надежда на серой лесной почве Республики Татарстан / И. М. Сержанов, Ф. Ш. Шайхутдинов, Р. И. Гараев [и др.] // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 3(7). С. 36-42. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-36-42>. EDN SOBBOA.
4. Оценка эффективности предпосевной обработки семян и посевов биологически активными веществами на яровой пшенице в условиях Предкамья Республики Татарстан / М. Ф. Амиров, А. Я. Сафиуллин, М. Ю. Гилязов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 2(70). С. 5-12. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-5-12>. EDN ZIDTYJ.
5. Ассоциированные с пшеницей микромицеты и их значимость как возбудителей болезней в России / Ф. Б. Ганнибал, Т. Ю. Гагкаева, М. М. Гомжина [и др.] // Вестник защиты растений. 2022. Т. 105, № 4. С. 164-180. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2022-105-4-15508>. EDN KLHPMB.
6. Влияние предшественника на зараженность почвы *Bipolaris sorokiniana* и вредоносность корневой гнили пшеницы / А. С. Кочоров, А. О. Сагитов, Н. Ж. Султанова [и др.] // Защита и карантин растений. 2018. № 9. С. 15-16. EDN XZIGLJ.
7. Санин С. С., Ибрагимов Т. З., Стрижекозин Ю. А. Метод расчета потерь урожая пшеницы от болезней // Защита и карантин растений. 2018. № 1. С. 11-15. EDN YNMXGF.
8. Результаты оценки сортов яровой мягкой пшеницы на устойчивость к болезням в Казанском НЦ / Д. Ф. Асхадуллин, Д. Ф. Асхадуллин, Н. З. Василова [и др.] // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 89-94. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-89-94>. EDN JSKQNE.
9. Лукманова А. А., Гришкин Я. В. Фитосанитарная оценка и контроль развития листовых болезней сортов яровой мягкой пшеницы в Предкамье Республики Татарстан // Агрономия, землеустройство, переработка сельскохозяйственной продукции: Материалы 81-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 21 февраля 2023 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. С. 184-191. EDN ZPMHAN.
10. Конькова Э. А. Иммунологическая оценка устойчивости озимой и яровой пшеницы к эпифитотийно опасным болезням в условиях Юго-Востока // Аграрная наука. 2019. №1. С. 91-94. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-90-94>. EDN IPVAXY.
11. Impacts of climate change, forms, and excess of nitrogen fertilizers on the development of wheat fungal diseases / S. Diakite, E. N. Pakina, A. Behzad [et al.] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Vol. 15, No. 2. P. 303-336. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-2-303-336>. EDN CFVBDJ.
12. Lysenko N. N., Prudnikova E. G. Efficiency of fungicide Amistar extra application on phytosanitary and physiological measurements of spring wheat // Биология в сельском хозяйстве. 2018. № 4(21). С. 17-19. EDN YPSYCT.
13. Апаева Н. Н., Тихонова Г. А. Влияние фунгицидов на развитие болезней и урожайность яровой пшеницы // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции

сельского хозяйства. 2021. № 23. С. 8-11. EDN HFEXRO.

14. Щербакова Л. А. Развитие резистентности к фунгицидам у фитопатогенных грибов и их хемосенсибилизация как способ повышения защитной эффективности триазолов и стробилуринов // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54, № 5. С. 875-891. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.5.875rus>. EDN MLUFKS.

15. Гвоздева М. С., Волкова Г. В. Влияние фунгицида Колосаль на структуру популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы по признакам патогенности и чувствительности // Микология и фитопатология. 2022. Т. 56, № 1. С. 52-63. <https://doi.org/10.31857/S0026364822010044>. EDN ROWMIY.

16. Власенко Н. Г., Бурлакова С. В., Егорычева М. Т. Биофунгициды в технологии выращивания яровой пшеницы // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 4. С. 25-28. <https://doi.org/10.31857/S2500262723040051>. EDN JXEVUF.

17. Кекало А. Ю. Экологизированный способ защиты семян пшеницы от фитопатогенов // Аграрная наука. 2021. № 11-12. С. 129-133. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-129-133>. EDN XHULOC.

18. Новые эндофитные штаммы *Bacillus subtilis* как основа биофунгицидов / Р. М. Хайруллин, Т. С. Минина, Р. Ш. Захарова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2009. Т. 4, № 2(12). С. 118-123. EDN KWGZVF.

19. Влияние штаммов *Bacillus subtilis* в сочетании с салицилатом хитозана на активность пероксидазы и каталазы в листьях пшеницы при инфицировании возбудителем темно-бурой пятнистости *B. sorokiniana* / И. И. Новикова, Э. В. Попова, Н. М. Коваленко [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. 2024. Т. 60, № 2. С. 193-204. <https://doi.org/10.31857/S0555109924020093>. EDN FZVMOE.

20. Хайруллин Р. М. Об истории уфимской научной школы эндофитологов // Биомика. 2023. Т. 15, № 4. С. 224-252. <https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmc.2023-21>. EDN RHTGZD.

21. Эффективность инокуляции семян яровой пшеницы эндофитными бактериями *Bacillus subtilis* 26Д / Л. И. Пусенкова, С. Р. Гарипова, О. В. Ласточкина [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 3. С. 56-64. <https://doi.org/10.26178/AE.2020.19.55.005>. EDN HBDFBN.

22. A review on mechanisms and prospects of endophytic bacteria in biocontrol of plant pathogenic fungi and their plant growth-promoting activities // A. Ali Md., T. Ahmed, E. Ibrahim [et al.] // Heliyon. 2024. Vol. 10, Issue 11, e31573, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31573>.

23. Oukala N., Aissat K., Pastor V. Bacterial Endophytes: The Hidden Actor in Plant Immune Responses against Biotic Stress//Plants (Basel). 2021 May 19;10(5):1012. <https://doi.org/10.3390/plants10051012>.

24. Штамм бактерий *Bacillus mojavensis* PS17 для повышения урожайности и защиты сельскохозяйственных растений от фитопатогенных грибов / Р. И. Сафин, Л. З. Каримова, Ш. З. Валидов [и др.] // Патент RU № 2737208 С1, 26.11.2020

25. Штамм бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 для производства биопрепарата защиты сельскохозяйственных растений от стрессов, стимуляции их роста и повышения урожайности / Р. И. Сафин, Л. З. Каримова, Ш. З. Валидов [и др.] // Патент RU № 2736424 С1, 17.11.2020

26. Павлова М. Д., Асатурова А. М. Изучение механизмов взаимодействия фитопатогенных грибов рр. *Fusarium* и *Pyrenophora* со штаммами-продуцентами биопрепаратов *Bacillus subtilis* // Молодой ученый. 2015. №9.2 (89.2). С. 52-54 URL: <https://moluch.ru/archive/89/18469/> (дата обращения: 16.10.2024).

27. Благовещенская Е. Ю. Фитопатогенные микромицеты. Учебный определитель. М.: Ленанд, 2015. 240 с.

28. Шутко А. П., Тутуржанс Л. В. Фитосанитарная диагностика болезней растений. Ставрополь: АГРУС, 2018. 111 с.

29. *Bacillus subtilis* strains with antifungal activity against the phytopathogenic fungi / A. M. Mardanova, G. F. Hadieva, M. T. Lutfullin [et al.] // Agricultural Sciences. 2017. 8. pp. 1-20.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Абрамова Арина Алексеевна - руководитель Центра агроэкологических исследований, e-mail: abramova92a@yandex.ru

Сафин Радик Ильясович - доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, e-mail: radiksaf2@mail.ru <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

THE INFLUENCE OF THE USE OF BIOPREPARATIONS BASED ON VARIOUS ENDOPHYTIC BACTERIA OF THE GENUS *BACILLUS* ON PHYTOPATHOGENIC MICROMYCETES AND PRODUCTIVITY OF SPRING WHEAT

A. A. Abramova, R. I. Safin

Abstract. The studies were conducted to assess the effect of using two biological biopreparations based on endophytic bacteria on phytopathogenic fungi and the productivity of spring wheat of the Ulyanovskaya 105 variety. The studies were carried out in years with both favorable (2020, 2022) and extremely dry (2021) moisture conditions during the growing season. Field experiments were laid on highly fertile gray forest soil in the Predkama zone of the Republic of Tatarstan. *Bacillus monojavensis* PS17 (endophytic seed bacterium) and *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 (endophytic root and stem bacterium) bacteria were used as biological agents. Biopreparations based on these bacteria were used for seed treatment (rate of 1 l/t) and for spraying plants in the heading phase (1.0 l/ha). The control variant was without any treatments, and the standard was the scheme using chemical fungicides (seed treatment with Lamador (0.2 l/t), spraying with PropiShans (0.5 l/ha)). In laboratory conditions, high fungicidal activity of *Bacillus mojavensis* PS17 and *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 against *Fusarium* fungi was found. An advantage of using *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 when treating spring wheat seeds in suppressing *Fusarium* infection in the soil of the root zone of plants was found. Both strains, when treated with seeds, suppressed the development of *Cochliobolus sativus* in the soil of the root zone of wheat plants. The most effective

control of root rot at the early stages of spring wheat plant development was ensured by using the scheme with seed treatment with *Bacillus mojavensis* PS17. The use of biopreparations based on endophytic bacteria reduced the development of leaf mycoses of spring wheat, and no significant differences were noted between strains in terms of disease control efficiency. The strongest positive effect on the yield of spring wheat was exerted by the use of biopreparations based on endophytic bacteria under conditions of an extremely dry vegetation period. The maximum yield of spring wheat was ensured by the biological protection scheme with the endophytic bacterium of wheat seeds *Bacillus mojavensis* PS17.

Keywords: biological protection, biological agents, endophytic bacteria, phytopathogenic fungi, seed treatment, spraying, spring wheat

For citation: Abramova A.A., Safin R.I. The influence of the use of biopreparations based on various endophytic bacteria of the genus *Bacillus* on phytopathogenic micromycetes and the productivity of spring wheat. *Agrobiotechnology and digital agriculture*. 2024; 3(11): 6-13

References

1. Serzhanov I. M., Shaykhutdinov F. SH., Garayev R. I. [Formation of productivity of ecologically plastic varieties of spring wheat in the conditions of the Volga region of the Republic of Tatarstan]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoye zemledeliye*. 2023; 2(6): 38-43. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-38-43>. EDN ZHTGRD.
2. Biktagirova E. I., Serzhanova A. R. [Mineral nutrition of spring wheat at different seeding rates on gray forest soils of the Kama region of the Republic of Tatarstan]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoye zemledeliye*. 2023; 3(7): 6-11. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-6-11>. EDN WWOZAJ.
3. Serzhanov I. M., Shaykhutdinov F. SH., Garayev R. I. [Improving the technology of cultivation of spring soft wheat variety Tulaykovskaya Nadezhda on gray forest soil of the Republic of Tatarstan]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoye zemledeliye*. 2023; 3(7): 36-42. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-36-42>. EDN SOBSOA.
4. Amirov M. F., Safiullin A. YA., Gilyazov M. YU. [Evaluation of the effectiveness of pre-sowing treatment of seeds and crops with biologically active substances on spring wheat in the conditions of the Kama region of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; 18. 2(70): 5-12. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-5-12>. EDN ZIDTYJ.
5. Gannibal F. B., Gagkayeva T. YU., Gomzhina M. M. [Wheat-associated micromycetes and their significance as pathogens in Russia]. *Vestnik zashchity rasteniy*. 2022; 105. 4: 164-180. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2022-105-4-15508>. EDN KLHPMB.
6. Kochorov A. S., Sagitov A. O., Sultanova N. ZH. [Effect of Predecessor on Soil Infection with *Bipolaris sorokiniana* and Harmfulness of Wheat Root Rot]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2018; 9: 15-16. EDN XZIGLJ.
7. Sanin S. S., Ibragimov T. Z., Strizhekozin YU. A. [Method for Calculating Wheat Yield Losses from Diseases]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2018; 1: 11-15. EDN YNMXGF.
8. Askhadullin D. F., Askhadullin D. F., Vasilova N. Z. [Results of evaluation of spring soft wheat varieties for resistance to diseases in the Kazan Scientific Center] *Zernovoye khozyaystvo Rossii*. 2022; 14. 3: 89-94. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-89-94>. EDN JSKQNE.
9. Lukmanova A. A., Grishkin YA. V. [Phytosanitary assessment and control of the development of foliar diseases of spring soft wheat varieties in the Kama region of the Republic of Tatarstan]. *Agronomiya, zemleustroystvo, pererabotka sel'skokhozyaystvennoy produktsii: Materialy 81-oy studencheskoy (regional'noy) nauchnoy konferentsii, Kazan', 21 fevralya 2023 goda. Kazan': Kazanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet*. 2023. 184-191. EDN ZPMHAH.
10. Kon'kova E. A. [Immunological assessment of winter and spring wheat resistance to epiphytotic diseases in the conditions of the South-East]. *Agrarnaya nauka*. 2019; 1: 91-94. <https://doi.org/0.32634/0869-8155-2019-326-1-90-94>. EDN IPVAXY.
11. Diakite S., Pakina E. N., Behzad A. Impacts of climate change, forms, and excess of nitrogen fertilizers on the development of wheat fungal diseases. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023; 15. 2: 303-336. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-2-303-336>. EDN CFVBDJ.
12. Lysenko N. N., Prudnikova E. G. Efficiency of fungicide Amistar extra application on phytosanitary and physiological measurements of spring wheat. *Biologiya v sel'skom khozyaystve*. 2018; 4(21): 17-19. EDN YPSYCT.
13. Apayeva N. N., Tikhonova G. A. [Effect of fungicides on the development of diseases and yield of spring wheat]. *Aktual'nyye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva*. 2021; 23: 8-11. EDN HFEXRO.
14. Shcherbakova L. A. [Development of resistance to fungicides in phytopathogenic fungi and their chemosensitization as a way to increase the protective efficiency of triazoles and strobilurins]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2019; 54. 5: 875-891. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.5.875rus>. EDN MLUFKS.
15. Gvozdeva M. S., Volkova G. V. [Influence of the fungicide Kolosal on the population structure of the causative agent of wheat brown rust based on pathogenicity and sensitivity traits]. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2022; 56. 1: 52-63. <https://doi.org/10.31857/S0026364822010044>. EDN ROWMIY.
16. Vlasenko N. G., Burlakova S. V., Yegorycheva M. T. [Biofungicides in spring wheat cultivation technology]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2023; 4: 25-28. <https://doi.org/10.31857/S2500262723040051>. EDN JXEVUF.
17. Kekalo A. YU. [An environmentally friendly way to protect wheat seeds from phytopathogens]. *Agrarnaya nauka*. 2021; 11-12: 129-133. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-129-133>. EDN XHULOC.
18. Khayrullin R. M., Minina T. S., Zakharova R. SH. [New endophytic strains of *Bacillus subtilis* as the basis of biofungicides]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2009; 4. 2(12): 118-123. EDN KWGZVF.
19. Novikova I. I., Popova E. V., Kovalenko N. M. [The effect of *Bacillus subtilis* strains in combination with chitosan salicylate on the activity of peroxidase and catalase in wheat leaves infected with the causative agent of dark brown spot *B. sorokiniana*]. *Prikladnaya biokhimiya i mikro-biologiya*. 2024; 60. 2: 193-204. <https://doi.org/10.31857/S0555109924020093>. EDN FZVMOE.

20. Khayrullin R. M. [On the history of the Ufa scientific school of endophytologists]. *Biomika*. 2023; 15. 4: 224-252. <https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2023-21>. EDN RHTGZD.
21. Pusenkova L. I., Garipova S. R., Lastochkina O. V. [Efficiency of spring wheat seed inoculation with endophytic bacteria *Bacillus subtilis* 26D]. *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2020; 3: 56-64. <https://doi.org/10.26178/AE.2020.19.55.005>. EDN HBDFFBN.
22. Ali Md. A., Ahmed T., Ibrahim E. A review on mechanisms and prospects of endophytic bacteria in bio-control of plant pathogenic fungi and their plant growth-promoting activities. *Heliyon*. 2024; 10. Issue 11, e31573, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31573>.
23. Oukala N, Aissat K, Pastor V. Bacterial Endophytes: The Hidden Actor in Plant Immune Responses against Biotic Stress//*Plants* (Basel). 2021 May 19; 10(5): 1012. <https://doi.org/10.3390/plants10051012>.
24. *Bacillus mojavensis* PS17 bacterial strain for increasing crop yields and protecting agricultural plants from phytopathogenic fungi. Patent RU № 2737208 C1, 26.11.2020
25. *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 bacterial strain for the production of a biopreparation for protecting agricultural plants from stress, stimulating their growth and increasing yields. Patent RU № 2736424 C1, 17.11.2020
26. Pavlova M. D., Asaturova A. M. [Study of the mechanisms of interaction of phytopathogenic fungi of the pp. *Fusarium* and *Pyrenophora* with strains producing *Bacillus subtilis* biopreparations] *Molodoy uchenyy*. 2015; 9.2 (89.2): 52-54 URL: <https://moluch.ru/archive/89/18469>
27. Blagoveshchenskaya Ye. YU. *Fitopatogennyye mikromicety* [Phytopathogenic micromycetes. Educational guide.] M.: Lenand. 2015. 240.
28. Shutko A. P., Tuturzhans L. V. *Fitosanitarnaya diagnostika boleznej rasteni* [Phytosanitary diagnostics of plant diseases] Stavropol': AGRUS. 2018. 111.
29. Mardanova A. M., Hadieva G. F., Lutfullin M. T. *Bacillus subtilis* strains with antifungal activity against the phytopathogenic fungi. *Agricultural Sciences*. 2017. 8.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Abramova Arina Alekseevna - head of the Center for Agroecological Research, e-mail: abramova92a@yandex.ru
 Safin Radik Ilyasovich - Doctor of Agricultural Sciences, head of the department, e-mail: radiksaf2@mail.ru,
<http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ЖИМОЛОСТИ СЪЕДОБНОЙ
И ЕЕ ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗВИТИЕ В УСЛОВИЯХ IN VITRO****Г. В. Абрамова, З. З. Салихова, А. Г. Абрамов**

Реферат. Жимолость (*Lonicera edulis*) представляет собой - ценное растение, с предельной скороспелостью – ее плоды созревают на 7-10 дней раньше земляники в условиях Республики Татарстан. В настоящее время в России наблюдается большой спрос на саженцы плодово-ягодных культур. Это связано с увеличением площадей в промышленном, приусадебном и коллективном садоводстве. Проведя статистику по сельскохозяйственной ипотеке, мы выявили огромную тенденцию на возвращение семей к частным придомовым подворьям. Поэтому клональное микроразмножение – самый эффективный метод получения большого количества качественного посадочного материала для создания не только промышленных насаждений, но и для обеспечения населения стандартными саженцами. На этапе введения в культуру *in vitro* подбирались эффективные режимы стерилизации, а на этапе размножения изучалось дальнейшее развитие микрорастений в культуре. В процессе укоренения велись наблюдения за двумя сортами жимолости съедобной и изучалось влияние ауксина на корнеобразование и нарастание надземной части растения. Наиболее жизнеспособные стерильные экспланты наблюдались при последовательной стерилизации в растворах 0,1% KMnO_4 (3 мин), 7,5% «Белизны» (7 мин) и 0,01% Мирамистина (1 мин). Выход стерильных эксплантов в этом случае составил в среднем 69,8 %. Лучшие результаты были получены у сорта Ассоль с нарастанием надземной части в 6,3 см и образованием корневой системы в 19,6 см. На четвертом этапе «Адаптации» сортовых различий по приживаемости не было выявлено. У обоих сортов жимолости съедобной (Петр 1 и Ассоль) были получены высокие показатели приживаемости.

Ключевые слова: жимолость, введение в культуру, эксплантат, корневая система.

Для цитирования: Абрамова Г.В., Салихова З.З., Абрамов А.Г. Микроразмножение жимолости съедобной и ее вегетативное развитие в условиях *in vitro* // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. 3(11). С 14-19.

Введение. Жимолость съедобная скоропела, полезна и в свежем, и в переработанном виде. В дикой природе произрастает в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, морозостойка и зимостойка. Жизненный цикл жимолости включает три периода: рост, плодоношение и постепенное отмирание. В первые три года жизни идет рост главного стебля в высоту. Затем у 2-4-летних растений образуются боковые ветви у основания главного стебля. В возрасте 7-12 лет развивается ветвление в кроне кустарника и к 10-12 годам жизни достигается максимальный рост куста. Куст долго плодоносит, так как отмирание происходит в возрасте 30-35 лет [1].

Жимолость можно размножать зеленым черенкованием, семенами, *in vitro*. Изменившаяся на данный момент политическая ситуация в мире и введение большого количества санкций против нашего государства резко снизили ассортимент и количество ввозимого посадочного материала, тем самым дав толчок к развитию отечественного питомниководства. Вследствие этого, ориентация на получение собственного посадочного материала становится основной задачей сельского хозяйства РФ. На практике для быстрого и эффективно получения большого количества качественного посадочного материала применяют технику микроразмножения [2]. На сегодняшний день биотехнологии, позволяющие проводить микроразмножение тканей и органов растений на питательных средах, созданных искусственно,

получили широкое распространение во многих странах мира [3, 4]. Создание коллекции жимолости в культуре *in vitro*, массовое микроразмножение, а также получение саженцев, освобожденных от эндофитной инфекции – важная задача получения стандартного посадочного материала [5, 6].

Две основные проблемы стоят перед задачами в области микроразмножения. Это достижение экономического выгодного коэффициента размножения и сведение к минимуму возможных отклонений от сортовых особенностей [7]. Все это зависит от возраста и сорта растения, способности к образованию каллуса, типа экспланта, продолжительности и способа культивирования, условий выращивания и состава питательной среды [8, 9].

В последние годы размножением *in vitro* жимолости занимаются большой актив ученых из России. Совершенствование технологий введения эксплантов в культуру *in vitro* – важная задача для благоприятного исхода всех 4 этапов биотехнологии садовых культур.

Впервые в Республике Татарстан проведены исследования на всех этапах клонального микроразмножения: подбор времени и стерилизаторов для стерилизации эксплантов при введении в культуру, подбор оптимального состава питательной среды, оптимизация технологий адаптации клонируемых растений.

Целью нашей работы являлось получение обеззараженных саженцев двух сортов жимолости съедобной в культуре *in vitro*, подбор

оптимальных способов стерилизации, получение коллекции *in vitro* для дальнейшего непрерывного выращивания посадочного материала.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории биотехнологий Казанского государственного аграрного университета в 2023 году.

В задачи исследований входило: отработка эффективных режимов стерилизации; разработка методики культивирования растений жимолости *in vitro*; создание коллекции жимолости *in vitro*. Объектом исследования послужила жимолость съедобная двух сортов. Сорт Петр I раннего срока созревания, универсального назначения. Куст среднерослый, среднераскидистый. Ягоды средней массой 1,0 г, максимальная до 1,7 г, кувшиновидной формы, фиолетово-синие, с кожицей средней толщины, очень слабоопушенные. Содержание сахара 14,3 %, кислоты 2,2%, витамина С 18,7 мг%. Вкус ягод кисло-сладкий, освежающий. Сорт зимостойкий, устойчивость к засухе и жаростойкость высокие. Устойчивость к болезням и вредителям на уровне стандартных сортов. Средняя урожайность 80 ц/га. Авторы: Куминов Е.П., Брыксин Д.М.

Сорт Ассоль раннего срока созревания, получен в НИИ садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко (г. Барнаул) путем отбора среди сеянцев от свободного опыления отборной формы жимолости камчатской. Куст среднерослый (до 1,2 м), компактный. Плоды крупные (1,1-1,5 г), удлиненные, темно-фиолетовые с восковым налетом, чашечка полукрытая. Мякоть сочная, нежная. Созревание раннее (середина июня), одновременное. Вкус кисло-сладкий, с ароматом, очень хороший. Содержание сахаров – до 9,25 %, кислот – до 1,92 %, витамина С – до 34,7 мг%, витамина Р – до 534,8 мг%. Сорт универсального назначения. Зимостойкость высокая, к болезням и вредителям устойчив. Авторы: Жолобова З.П., Калинина И.П., Хохрякова Л.А., Прищепина Г.А., Бондаренко Л.А.

В ходе работы рассмотрены различные методы стерилизации, их преимущества, недостатки и оптимальные условия применения. Произведено исследование влияния различных методов стерилизации на развитие и рост эксплантов жимолости, включая анализ процентной приживаемости эксплантов, скорости роста и жизнеспособности. Выявлены возможные негативные последствия стерилизации, такие как повреждение или гибель эксплантов. Найден путь их минимизации, с определением эффективности стерилизации для предотвращения заражения культур патогенами и обеспечения безопасности и надежности процесса [10].

Для стерилизации были использованы следующие стерилизующие вещества: «Белизна», перманганат калия, «Мирамистин».

«Белизна» - сильное и эффективное дезинфицирующее средство. Его активный ингредиент - гипохлорид натрия, денатурирует белок в микроорганизмах и поэтому эффективен в уничтожении бактерий, паразитов, грибов и вирусов. Бытовой отбеливатель работает быстро и эффективно. Перманганат калия - калиевая соль марганцевой кислоты - является сильным окислителем с дезинфицирующими свойствами. «Мирамистин» (лат. *miramistin*, *myramistin*) - лекарственный препарат, относящийся к группе катионных антисептиков, поверхностно-активных веществ (четвертичные аммониевые соединения) и обладающий противомикробным, противовоспалительным и местным иммуноадьювантным действием. Препарат активен в отношении различных патогенных микроорганизмов, в том числе вирусов, грибов, бактерий и простейших.

Среда Мурасиге-Скуга (МС; англ. *Murashige and Skoog medium*, MS) - питательная среда, используемая в лабораториях для выращивания растительной культуры клеток или целых растений.

Была разработана физиологами растений Тосио Мурасигэ и Фольке К. Скугом в 1962 году, во время поисков Мурасиге нового фитогормона. Число после букв «МС» (MS) обозначает концентрацию сахарозы в среде - например, MS0 («МС-ноль») не содержит сахарозы, а MS20 содержит сахарозу в концентрации 20 г/л. Среда MS и её модификации - наиболее часто используемая в лабораторной практике среда для выращивания растительной культуры клеток.

В исследованиях использовались общепринятые методы биотехнологии растений [11]. С целью получения эксплантов использовали почки с побегов текущего года, срезанные с верхней части растения. Отбор материала проводили из коллекции жимолости Казанского ГАУ. Заготовка побегов с верхней части стебля имеет важное значение, так как они считаются менее загрязнёнными [12].

На срезанных черенках, перед началом стерилизации удалялись листовые пластины. Затем их погружали в мыльный раствор, после чего 2–3 раза промывали водопроводной водой. После этого срезали почку и погружали в дистиллированную воду.

Протокол стерилизации эксплантов включал четыре этапа: обработка KMnO_4 ; стерилизация в растворе бытового отбеливателя «Белизна»; тройная промывка стерильной дистиллированной водой; обработка препаратом «Мирамистин».

Концентрация используемого раствора бытового отбеливателя «Белизна» составляла 7,5% по действующему веществу (гипохлорит натрия). С целью оптимизации протокола стерилизации время экспозиции эксплантов в стерилизующих растворах варьировалось (табл. 1). Все операции проводились в условиях ламинарного бокса.

Обработанные экспланты помещались на агаризованную питательную среду

Мурасиге-Скуга с добавлением 30 г/л сахарозы; 0,6 мг/л 6-бензиламинопурина; 0,1 мг/л β-индолилмасляной кислоты [13, 14]. Важный этап - адаптация растений из пробирок к условиям внешней среды. В своих научных трудах Д.Г. Шорников [15, 16] пишет, что: «Для стабильного воспроизводства растений важны сроки вступления регенерантов в фазу генеративного развития».

Таблица 1 - Время экспозиции при стерилизации эксплантов жимолости

Стерилизующий раствор	Время экспозиции, мин.						
	Варианты опыта						
	1	2	3	4	5	6	7
КМnO ₄ 0,1%	3	3	3	3	3	3	3
Белизна 7,5 %	1	3	5	7	10	12	15
Мирамистин 0,01%	1	1	1	1	1	1	1

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований было установлено, что применение КМnO₄ и раствора «Белизны» (варианты 1 и 2) оказалось недостаточным для стерилизации. Растительный материал поражался грибной инфекцией уже на первых неделях выращивания. Благодаря дополнительной ступени обработки, использования Мирамистина (варианты 3-7)

экспланты удалось поддержать в борьбе с инфекцией. Увеличение длительности экспозиции эксплантов в растворе гипохлорита натрия свыше 10 минут вызывало ожог тканей, что приводило к гибели эксплантов. В результате проведенных исследований нами были отобраны три варианта опыта, показавшие наилучшие результаты (табл. 2). Результаты согласуются с другими авторами [17, 18].

Таблица 2 - Влияние режима стерилизации (протокола) на выход жизнеспособных эксплантов жимолости

Стерилизующий раствор	Время экспозиции, мин.	Количество жизнеспособных эксплантов, %
КМnO ₄ 0,1% Белизна 7,5% Мирамистин 0,01%	3 5 1	19,5
КМnO ₄ 0,1% Белизна 7,5% Мирамистин 0,01%	3 7 1	69,8
КМnO ₄ 0,1% Белизна 7,5 % Мирамистин 0,01%	3 10 1	22,4

Как видно из таблицы 2, наиболее жизнеспособные стерильные экспланты нам удалось получить при последовательной стерилизации в растворах 0,1% КМnO₄ (3 мин), 7,5% «Белизны» (7 мин) и 0,01% Мирамистина (1 мин). Выход стерильных эксплантов в этом случае составил в среднем 69,8 %.

На этапе размножения нами также использовалась питательная среда по прописи Мурасиге-Скуга (Murashige, Skoog, 1962) с добавлением 30 г/л сахарозы и 0,6 мг/л 6-бензиламинопурина.

В ходе проведенного исследования была подобрана методика клонального микро размножения двух сортов жимолости съедобной *Lonicera edulis* Turcz. Ассоль и Петр 1.

В результате наших опытов были установлены сортовые различия в приросте побегов и корней жимолости *in vitro*.

Лучший результат был выявлен у сорта Ассоль с надземной частью в 6,3 см и нарастанием корневой системы в 19,6 см (рис. 1).

Следует отметить, что на этапе адаптации (четвертый этап – заключительный) по приживаемости растений жимолости съедобной в микропарниках межсортовых различия не наблюдались. Нейтральный торф показал себя лучшим субстратом для адаптивности корневой системы растений жимолости после среды Мурасиге-Скуга.



А



Б

Рисунок 1 - Рост растений жимолости съедобной в условиях in vitro

А – корневая система, Б – вегетирующие растения

Выводы. Для получения посадочного материала жимолости съедобной в запланированных объемах создание и сохранение коллекций сортов в культуре in vitro имеет большое значение. В результате исследований подобраны стерилизующие растворы, оптимальное время экспозиции эксплантов жимолости съедобной в этих растворах. Для сортов жимолости съедобной Ассоль и

Петр 1 лучшей питательной средой для выращивания эксплантов является Мурашиге-Скуга с добавлением 0,6 мг/л 6-бензиламинопурина. Максимальный прирост коневой системы и побегов имеет сорт Ассоль. Нейтральный торф является лучшим субстратом в микропарниках для адаптации корневой системы сортов жимолости съедобной Ассоль и Петр 1.

Литература

1. Абрамова Г. В., Шаламова А. А., Миникаев Р. В. Адаптация сортов жимолости в условиях Предкамья Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (53). С. 5-9. https://doi.org/10.12737/article_5d3e1616f33af3.70562538
2. Особенности стерилизации и ее влияние на развитие эксплантов сирени в культуре in vitro / Г. В. Абрамова, З. З. Салихова, А. Г. Абрамов, Н.И. Никишкина // Биологические препараты и приемы биологизации в современном земледелии: Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции. Казанский государственный аграрный университет, 2023. С. 107-114. EDN TTGMCU.
3. Сорокин А. А. Размножение жимолости в культуре in vitro. Состояние и перспективы развития нетрадиционных садовых культур: материалы Международной науч.-метод. конференции 12-14 авг. 2003 г., Мичуринск. Воронеж: Кварт, 2003 С. 119-124.
4. Куклина А. Г., Семерикова Е. А. Микроклональное размножение сортов жимолости синей // Плодоводство и ягодоводство России. 2009. Т. 22. Ч. 2. С. 140-142.
5. Муратова С. А., Янковская М. Б., Шорников Д. Г. Особенности введения в культуру in vitro плодовых и ягодных растений // Плодоводство. 2005.17(2). 182-185. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-1-55-60>
6. Макаров С. С., Кузнецова И. Б., Смирнов В. С. Влияние способов стерилизации и типов эксплантов жимолости синей на их жизнеспособность в условиях in vitro // Лесохозяйственная информация. 2018. (2). 96-101. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2018.2.10>.
7. Высоцкий В. А., Валиков В. А. Клональное микроразмножение жимолости в производственных условиях // Садоводство и виноградарство. 2014. №6. С.18-19.
8. Особенности культивирования российских и зарубежных сортов жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz.) in vitro / Е. И. Куликова, С. С. Макаров, И. Б. Кузнецова, А. И. Чудецкий // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 4. С. 712-722. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-712-722>
9. Шорников, Д. Г., Янковская М. Б., Муратова С. А. Укоренение in vitro и адаптация нетрадиционных садовых культур // VIII Международная научно-методическая конференция «Интродукция нетрадиционных и редких растений». Воронеж, 2008. Т.1. С. 335-337.
10. Деменко В. И., Шестибратов К. А., Лебедев В. Г., Укоренение – ключевой этап размножения растений in vitro // Известия ТСХА. 2010. Вып. 1. С. 73-85.
11. Karhu S. T. Axillary shoot proliferation of blue honeysuckle // Plant Cell, Tissue and Organ Cult. 1997. 48. P. 195-201.
12. Dziedzic E. Propagation of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* var. *kamtschatica* Pojark.) in in vitro culture. J. Fruit and Ornamental Plant Res. 2008; (16): 93-100. <https://www.researchgate.net/publication/273492127>
13. Макаров С. С., Калашникова Е. А., Румянцева Е. П. Продуктивность растений жимолости съедобной в зависимости от технологии их размножения // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018. Т. 39. № 3. С. 76-83. <https://doi.org/10.15350/2306-2827.2018.3.76>
14. Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Совершенствование клонального микроразмножения ягодных культур // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 1. С. 39-44. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-39-44>

15. Оптимизация условий культивирования *in vitro* ягодных и декоративных культур / Д. Г. Шорников, С. А. Брюхина, С. А. Муратова [и др.] // Вестник ТГУ. 2010. Т.15. В.2. С. 640-645.

16. Мацнева О. В., Ташматова Л. В. Клональное микроразмножение земляники – перспективный метод современного питомниководства (обзор) // Современное садоводство. 2019. № 4. С. 113–119. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10411>

17. Ковалева И. С., Данилова Т. В., Молканова О. И. Усовершенствование методики микрклонального размножения малино-ежевичного гибрида Тайберри // Бюллетень Главного ботанического сада. 2000. Вып. 179. С. 136-143.

18. Куликов И. М., Высоцкий В. А., Шипунова А. А. Биотехнологические приемы в садоводстве: экономические аспекты // Садоводство и виноградарство. 2005. № 5. С. 24-27.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Абрамова Галина Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: gal4959@yandex.ru, Салихова Зифа Закарьевна – кандидат биологических наук, руководитель научно-исследовательской лаборатории биотехнологий, e-mail: salihovazifa@mail.ru

Абрамов Александр Геннадьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: gal4959@yandex.ru,

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

MICROCLONAL REPRODUCTION OF EDIBLE HONEYSUCKLE AND ITS VEGETATIVE DEVELOPMENT IN VITRO CONDITIONS

G. V. Abramova, Z. Z. Salikhova, A. G. Abramov

Abstract. Honeysuckle (*Lonicera edulis*) is a valuable plant with extreme early maturity - its fruits ripen 7-10 days earlier than strawberries in the conditions of the Republic of Tatarstan. Currently, there is a great demand for seedlings of fruit and berry crops in Russia. This is due to the increase in areas in industrial, homestead and collective gardening. Having conducted statistics on agricultural mortgages, we identified a huge trend for families to return to private homesteads. Therefore, clonal micropropagation is the most effective method for obtaining a large amount of high-quality planting material to create not only industrial plantings, but also to provide the population with standard seedlings. At the stage of introduction into the culture *in vitro*, effective sterilization modes were selected, and at the stage of reproduction, the further development of micro plants in the culture was studied. During the rooting process, two varieties of edible honeysuckle were observed and the effect of auxin on root formation and growth of the above-ground part of the plant was studied. The most viable sterile explants were observed with successive sterilization in solutions of 0.1% KMnO₄ (3 min), 7.5% "Belizna" (7 min) and 0.01% Miramistin (1 min). The yield of sterile explants in this case averaged 69.8%. The best results were obtained with the Assol variety with an above-ground part growth of 6.3 cm and root system formation of 19.6 cm. At the fourth stage of "Adaptation", no varietal differences in survival were found. Both varieties of edible honeysuckle (Peter 1 and Assol) showed high survival rates.

Key words: honeysuckle, introduction to culture, explant, root system.

For citation: Abramova G.V., Salikhova Z.Z., Abramov A.G. Microclonal reproduction of edible honeysuckle and its vegetative development in vitro conditions. *Agrobiotechnology and Digital Agriculture*. 2024; 3(11): 14-19

References

1. Abramova G. V., Shalamova A. A., Minikaev R. V. [Adaptation of honeysuckle varieties in the conditions of the Kama region of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019; 2(53): 5-9. https://doi.org/10.12737/article_5d3e1616f33af3.70562538.

2. Abramova G. V., Salikhova Z. Z., Abramov A. G. [Features of sterilization and its influence on the development of lilac explants in vitro culture]. *Biologicheskie preparaty i priemy biologizatsii v sovremennom zemledelii: Sbornik nauchnykh trudov po materialam I Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 2023; 107-114.

3. Sorokin A. A. [Reproduction of honeysuckle in vitro culture]. *Sostojanie i perspektivy razvitiya netradicionnykh sadovykh kul'tur*, Michurinsk. Voronezh: Kvarta. 2003; 119-124.

4. Kuklina A. G., Semerikova E. A. [Microclonal propagation of blue honeysuckle varieties]. *Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii*. 2009; 22(2): 140-142.

5. Muratova S. A., Yankovskaya M. B., Shornikov D. G. [Features of the introduction of fruit and berry plants into *in vitro* culture]. *Plodovodstvo*. 2005; 17(2): 182-185. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-1-55-60>.

6. Makarov S. S., Kuznetsova I. B., Smirnov V. S. [Influence of sterilization methods and types of blue honeysuckle explants on their viability in vitro]. *Lesohozjajstvennaja informacija*. 2018; (2): 96-101. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2018.2.10>.

7. Vysotsky V.A., Valikov V.A. [Clonal micropropagation of honeysuckle in production conditions]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2014; 6: 18–19.

8. Kulikova E. I., Makarov S. S., Kuznetsova I. B. [Features of cultivation of Russian and foreign varieties of edible honeysuckle (*Lonicera edulis* Turcz.) in vitro]. *Tehnika i tehnologija pishhevykh proizvodstv*. 2021; 51(4): 712-722. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-712-722>.

9. Shornikov D. G., Yankovskaya M. B., Muratova S. A. [Rooting in vitro and adaptation of non-traditional garden crops]. VIII Mezhdunarodnaja nauchno-metodicheskaja konferencija «Introdukcija netradicionnykh i redkikh rastenij». Voronezh. 2008; 1: 335-337.

10. Demenko V. I., Shestibratov K. A., Lebedev V. G. [Rooting is a key stage of plant propagation in vitro]. *Izvestija TSHA*. 2010; 1: 73-85.

11. Karhu S. T. [Axillary shoot proliferation of blue honeysuckle]. *Plant Cell, Tissue and Organ Cult*. 1997; 48: 195–201.

12. Dziedzic E. [Propagation of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* var. *kamtscatica* Pojark.) in in vitro culture]. *J. Fruit and Ornamental Plant Res.* 2008; (16): 93-100. <https://www.researchgate.net/publication/273492127>.
13. Makarov S. S., Kalashnikova E. A., Rumyantseva E. P. [Productivity of edible honeysuckle plants depending on their propagation technology]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie.* 2018; 39(3): 76–83. <https://doi.org/10.15350/2306-2827.2018.3.76>.
14. Markova M. G., Somov E. N. [Improvement of clonal micropropagation of berry crops]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2021; 16 (1): 39–44. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-39-44>.
15. Shornikov D. G., Bryukhina S. A., Muratova S. A. [Optimization of in vitro cultivation conditions for berry and ornamental crops]. *Vestnik TGU.* 2010; 15(2): 640–645.
16. Matsneva O. V., Tashmatova L. V. [Clonal micropropagation of strawberries is a promising method of modern nursery production (review)]. *Sovremennoe sadovodstvo.* 2019; 4: 113–119. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10411>.
17. Kovaleva I. S., Danilova T. V., Molkanova O. I. [Improvement of the method of microclonal propagation of the raspberry-blackberry hybrid Tayberry]. *Bjulleten' Glavnogo botanicheskogo sada.* 2000; 179: 136-143.
18. Kulikov I. M., Vysotsky V. A., Shipunova A.A. [Biotechnological techniques in horticulture: economic aspects]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo.* 2005; 5: 24-27.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Abramova Galina Viktorovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: gal4959@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-5853-7242>

Salikhova Zifa Zakaryevna – Candidate of biological sciences, head of the research laboratory of biotechnology, e-mail: salihovazifa@mail.ru

Abramov Alexander Gennadievich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: gal4959@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5532-0499>
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИДЕРАТОВ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ
НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ****А.А. Завалин, С.И. Новоселов, Р.В. Еремеев, Ф.Ш. Фасхутдинов**

Реферат. Представлены результаты исследований по изучению эффективности сидеральных удобрений. Установлено, что наибольшее содержание азота, фосфора и калия было в растениях озимой ржи выращиваемых с использованием укосного и полного сидератов. Минимальное содержание элементов питания было в растениях озимой ржи выращиваемых по занятому пару. Максимальная урожайность зерна была получена при возделывании озимой ржи по чистому пару с применением укосного сидерата и сидеральному пару. На не удобренном фоне она составила соответственно 3,27 т/га и 3,25 т/га, а на удобренном 4,12 т/га и 4,08 т/га. Зерно с данных вариантов имело максимальное содержание сырого белка. По эффективности действия на урожайность и качество зерна озимой ржи укосный сидерат не уступал полному сидеральному удобрению. Изучение применения сидератов в подсевной форме показало, что за осенний период наибольшую биомассу накапливали горох и горчица, а наименьшую рапс. Наибольшее количество азота 33 кг/га накапливалось в биомассе гороха, а фосфора 6 кг/га и калия 36 кг/га биомассой горчицы белой. Наименьшее количество питательных веществ накапливалось в биомассе рапса. Подсев сидеральных культур положительно влиял на формирование урожайности и повышение качества зерна озимой ржи. Урожайность озимой ржи, выращенной без подсева сидератов и без подкормки составила 2,32 т/га. Прибавка на варианте с подсевной викой составила 0,47 т/га, с подсевной горчицей - 0,37 т/га и с подсевным горохом - 0,40 т/га. Подсев ярового рапса не приводил к достоверной прибавке урожая озимой ржи. Азотная подкормка озимой ржи в фазу весеннего кущения обеспечила повышение урожайности зерна на 0,62 т/га. На фоне с подкормкой подсев вики обеспечил прибавку урожая зерна 0,48 т/га, горчицы белой – 0,39 т/га, гороха посевного – 0,32 т/га. Достоверной прибавки от подсева ярового рапса получено не было.

Ключевые слова: предшественники, подсевные сидераты, озимая рожь, урожай, качество зерна.

Для цитирования: Завалин А.А., Новоселов С.И., Еремеев Р.В., Фасхутдинов Ф.Ш. Эффективность сидератов в земледелии Нечерноземья // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. №3 (11). С. 20-27

Ведение. Почвенный покров Нечерноземной зоны в основном представлен дерново-подзолистыми почвами. Они обладают кислой реакцией среды, низким содержанием гумуса и элементов питания [1, 2, 3]. Получение на таких почвах стабильных урожаев хорошего качества возможно только при регулярном внесении органических и минеральных удобрений [4, 5, 6]. В условиях острого дефицита традиционных органических удобрений, таких как навоз, компосты возникает необходимость поиска новых источников органического вещества и эффективных способов использования имеющихся органических удобрений. Одним, из которых является применение сидератов [7, 8, 9]. Зеленые удобрения обеспечивают поступление в почву органического вещества, активизируют в ней микробиологические процессы, улучшают ее агрохимические и физико-химические свойства [10, 11, 12]. Сравнительная дешевизна и высокая эффективность сидератов обеспечивают снижение себестоимости продукции и повышение рентабельности производства [13, 14, 15]. Для эффективного использования сидератов необходимо знание закономерностей их действия на свойства почвы и формирование величины и качества урожая в зависимости от почвенно-климатических условий [16, 17, 18]. Выявление эффективных методов и способов использования сидератов является важной народнохозяйственной задачей.

Цель исследований - изучение влияния

сидеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой ржи.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили методами полевого опыта и лабораторных исследований. Полевые опыты по изучению эффективности способов использования викоовсяного сидерата проводили в 2002 – 2005 года на опытном поле Марийского государственного университета в совхозе «Пригородный» Медведевского района Республики Марий Эл, а эффективность подсева сидератов в 2017-2020 года на территории землепользования 3-го отделения ЗАО ПЗ «Семеновский», в условиях дерново-подзолистой почвы. Лабораторные исследования проводили в агрохимической лаборатории кафедры общего земледелия, растениеводства, агрохимии и защиты растений Марийского госуниверситета.

Изучаемой культурой была озимая рожь.

В опыте №1 предшественниками озимой ржи были – чистый пар, чистый пар с внесением укосного сидерата, занятый и сидеральный пары. В занятом и сидеральном пару возделывали вико-овсяную смесь. Зеленая масса с занятого пара использовалась в качестве укосного сидерата. Повторность вариантов в опыте трёхкратная. Размещение вариантов систематическое. Общая площадь делянки 90 м², учётная 52 м².

Схема опыта №1:

Фактор А – предшественники:

А1 – чистый пар;

A2 – чистый пар + укосный сидерат;
A3 – занятый пар;
A4 – сидеральный пар.
Фактор В – удобрения:
B1 – без удобрений;
B2 – N₉₀P₆₀K₉₀ на получение 4 т зерна с 1 га.

Удобрения вносили согласно схеме опыта вручную: N₆₀P₆₀K₉₀ под основную обработку почвы и N₃₀ в весеннюю подкормку.

В опыте №2 предшественником была вико-овсяная смесь на силос. Общая площадь опытной делянки составляла 140 м², учетная площадь – 108 м². Агротехника возделывания озимой ржи была рекомендуемой для зоны.

Схема опыта №2:

Фактор А – весенняя подкормка азотом в дозе N₃₀:

A1 – без подкормки;

A2 – с подкормкой. Подкормка проводилась в весеннее кушение аммиачной селитрой.

Фактор В – подсевной сидерат:

B1 – контроль;

B2 – горох посевной;

B3 – горчица белая;

B4 – вика яровая;

B5 – рапс яровой.

Подсев яровых сидератов проводили в день посева озимой ржи.

Результаты и обсуждение. Условия питания растений являются одним из определяющих факторов в формировании величины и качества урожая сельскохозяйственных культур. Улучшение условий питания обеспечивает активизацию биохимических процессов и рост продуктивности. Контроль содержания элементов питания в растениях показал, что предшественники и минеральные удобрения изменяли содержание азота, фосфора и калия в надземной массе озимой ржи (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика содержания азота, фосфора и калия в растениях озимой ржи, (% на сухое вещество, в среднем за 2018-2020 годы)

Предшественник	Кушение			Выход в трубку			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений									
Чистый пар	3,5	1,4	2,9	2,7	1,2	2,3	1,5	0,8	1,7
Чистый пар + укосный сидерат	3,9	1,6	3,0	3,0	1,3	2,6	2,0	0,9	1,9
Занятый пар	3,4	1,5	2,8	2,6	1,1	2,3	1,4	0,7	1,6
Сидеральный пар	3,8	1,7	3,1	3,0	1,3	2,8	2,0	0,9	2,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀									
Чистый пар	4,2	1,7	3,0	3,0	1,3	2,7	1,9	0,9	2,1
Чистый пар + укосный сидерат	4,3	1,9	3,3	3,5	1,5	2,9	2,4	1,1	2,3
Занятый пар	4,0	1,7	2,9	3,0	1,2	2,6	1,8	0,8	1,9
Сидеральный пар	4,3	1,8	3,3	3,5	1,5	3,0	2,3	1,1	2,3

В период весеннего кушения концентрация азота в растениях озимой ржи, выращиваемых без удобрений по чистому пару, составляла 3,5%, а с внесением укосного сидерата повысилась до 3,9%. Содержание азота в растениях озимой ржи, выращиваемых по сидеральному пару, составило 3,8%, а по занятому пару 3,4%. На фоне минеральных удобрений обеспеченность растений азотом была выше. В надземной массе озимой ржи, выращиваемой по чистому пару, содержание азота возросло до 4,2%, а по сидеральному пару до 4,3%. Такое же количество азота имели растения озимой ржи, выращиваемые с внесением укосного сидерата. Наименьшее содержание азота 4,0% имели растения, выращиваемые на данном фоне по занятому пару. В данную фазу максимальное содержание фосфора и калия в растениях, было при выращивании озимой ржи с использованием укосного и полного сидерата. В растениях, выращенных без удобрений, фосфора соответственно содержалось 1,6% и 1,7%, а калия 3,0% и 3,1%. На удобренном фоне содержание фосфора возросло соответственно до 1,9 % и 1,8%, а калия до 3,3% (табл. 1).

В фазы выхода в трубку и колошения содержание элементов питания в растениях снизилось. Наибольшее содержание азота, фосфора и калия имели растения озимой ржи выращиваемые с использованием укосного и полного сидерата. Минимальное содержание элементов питания было в растениях озимой ржи выращиваемых по занятому пару.

Проведенные расчеты показали, что к фазе весеннего кушения растения озимой ржи, выращиваемые на не удобренном фоне, из укосного и полного сидерального удобрения использовали по 11 кг/га азота. На удобренном фоне потребление азота из сидератов возросло и соответственно составило 15 кг/га и 19 кг/га. Потребление фосфора растениями озимой ржи, выращиваемыми на неудобренном фоне, из укосного и полного сидерального удобрения составило соответственно 4 кг/га и 6 кг/га, а на удобренном фоне по 9 кг/га. Потребление калия озимой рожью на не удобренном фоне из укосного и полного сидерального удобрения составило соответственно 6 кг/га и 8 кг/га. На удобренном фоне потребление калия из сидератов было больше и соответственно составило 15 и 18 кг/га (табл.2).

АГРОНОМИЯ

В фазу выхода в трубку количество поглощенного озимой рожью азота из укосного и полного сидерата на не удобренном фоне составило 14 кг/га и 20 кг/га, а на удобренном 34 кг/га и 28 кг/га соответственно. На не удобренном фоне потребление фосфора из укосного и полного сидерата соответственно возросло до 5 кг/га и 8 кг/га калия до 13 кг/га и 23 кг/га, а на фоне с удобрениями фосфора до 15 кг/га и 12 кг/га, а калия до 23 кг/га и 21 кг/га. Усвоение азота озимой рожью за период от кущения до выхода в трубку по вариантам составило от 3 кг/га до 19 кг/га, фосфора от 1 кг/га до 6 кг/га и калия от 3 кг/га до 15 кг/га. В период интенсивного нарастания биомассы от выхода в трубку до колошения растениями озимой ржи продолжалось поглощение питательных веществ из сидеральных удобрений в значительных количествах. На не удобренном

фоне вынос растениями азота из укосного сидерата составил 33 кг/га, а из полного сидерального удобрения 34 кг/га. На удобренном фоне эти показатели были выше и соответственно составили 46 и 41 кг/га. Вынос фосфора на не удобренном фоне из укосного сидерата составил 8 кг/га, а из полного сидерального удобрения 9 кг/га. На удобренном фоне эти показатели возросли и соответственно составили 19 и 20 кг/га. Количество поглощенного озимой рожью калия на не удобренном фоне из укосного сидерата составило 17 кг/га азота, а из полного сидерата 29 кг/га. На удобренном фоне эти показатели соответственно составили 25 кг/га и 27 кг/га. Таким образом за период от выхода в трубку до колошения озимой рожью было поглощено из сидеральных удобрений азота от 12 кг/га до 19 кг/га, фосфора от 1 кг/га до 8 кг/га и калия от 2 кг/га до 6 кг/га (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика выноса азота, фосфора и калия растениями озимой ржи из сидеральных удобрений, (кг/га, в среднем за 2018-2020 года)

Сидеральное удобрение	Кущение			Выход в трубку			Колошение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений									
Укосное сидеральное удобрение	11	4	6	14	5	13	33	8	17
Полное сидеральное удобрение	11	6	8	20	8	23	34	9	29
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀									
Укосное сидеральное удобрение	15	9	15	34	15	23	46	19	25
Полное сидеральное удобрение	19	9	18	28	12	21	41	20	27

Обеспеченность растений элементами питания является важнейшим фактором в формировании величины и качества урожая. Разная обеспеченность растений элементами питания отразилась на формировании урожайности и качестве

зерна озимой ржи. В проведенных исследованиях в среднем за три года минимальная урожайность зерна 2,87 т/га была получена при выращивании озимой ржи по занятому пару без внесения минеральных удобрений (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность и качество зерна зимой ржи, (в среднем за 2018-2020 года)

Вариант	Урожайность, т/га	Сырой белок, %	Число падения, с	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
Без удобрений					
Чистый пар	3,04	12,5	258	25,1	657
Чистый пар + укосный сидерат	3,27	12,7	252	25,6	652
Занятый пар	2,87	11,4	280	24,7	658
Сидеральный пар	3,25	12,7	251	25,4	652
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀					
Чистый пар	3,95	13,5	233	26,1	648
Чистый пар + укосный сидерат	4,12	14,1	222	26,6	645
Занятый пар	3,76	13,2	236	25,5	650
Сидеральный пар	4,08	14,1	212	26,6	644
НСР ₀₅ (предшественник)	0,10	0,5	-	0,3	6,0
НСР ₀₅ (NPK)	0,09	0,5	-	0,5	7,0

Выращивание озимой ржи по чистому пару обеспечило получение в среднем 3,04 т/га. Наибольшая урожайность зерна на не удобренном минеральными удобрениями фоне была получена при возделывании озимой ржи по чистому пару с применением укосного сидерата 3,27 т/га и сидеральному пару 3,25 т/га. Таким образом, запахивание полного сидерата и укосного сидерата обеспечивало получение практически одинаковой урожайности озимой ржи. На фоне с внесением минеральных удобрений урожайность зерна озимой ржи была выше. Выращивание озимой ржи по занятому пару обеспечило получение 3,76 т/га зерна, по чистому пару – 3,95 т/га, а по сидеральному пару и чистому пару с внесением укосного сидерата соответственно 4,08 т/га и 4,12 т/га (табл. 3).

Условия питания озимой ржи следующим образом влияли на качество зерна. Минимальное содержание сырого белка в зерне 11,4% было получено при возделывании озимой ржи по занятому пару без внесения удобрений (табл. 3). Зерно озимой ржи выращенной по чистому пару содержало сырого протеина 12,5%, а по чистому пару с применением укосного сидерата и по сидеральному пару по 12,7%. На фоне внесения расчетных доз удобрений содержание сырого белка в зерне озимой ржи было выше. Возделывание озимой ржи на данном фоне по сидеральному пару и с внесением укосного сидерата повысило содержание сырого белка в зерне до 14,1%. В зерне озимой ржи, выращенной по чистому пару и занятому пару, содержание сырого протеина соответственно составило 13,5% и 13,2 %.

Натура является важным показателем качества зерна. Чем больше натурная масса, тем больше в зерне содержится эндосперма и меньше оболочек. Как показали анализы на величину натуры зерна озимой ржи предшественники существенным образом не влияли, а минеральные удобрения снижали значения данного показателя. Натурная масса зерна озимой ржи, выращенной без применения минеральных удобрений составляла 652-658 г/л, а при применении минеральных удобрений 644-650 г/л.

Условия питания озимой ржи влияли на массу 1000 зерен. С улучшением условий питания озимой ржи масса 1000 зерен

возрастала. На фоне без применения минеральных удобрений зерно с наибольшей массой 1000 зерен 25,6 г и 25,4 г было получено при выращивании озимой ржи соответственно с использованием укосного и полного сидерата. Зерно с наименьшей массой 1000 зерен 24,7 г было получено при выращивании озимой ржи по занятому пару. На фоне с внесением расчетных доз удобрений было получено зерно с массой 1000 зерен от 25,5 г до 26,6 г. Зерно с наибольшей массой 1000 зерен 26,6 г было получено при выращивании озимой ржи по чистому пару с применением укосного сидерата и сидеральному пару, а с наименьшей – 25,5 г по занятому пару.

Хлебопекарные качества зерна озимой ржи оцениваются по числу падений. Оно показывает вязкость крахмального клейстера. В зерне, выращенном на фоне без минеральных удобрений число падений было выше по сравнению с удобренным фоном. Максимальное значение числа падений 280 с имело зерно озимой ржи выращенной на не удобренном фоне по занятому пару, а минимальное 212 с на фоне удобрений с использованием полного сидерата (табл. 3).

Таким образом, применение сидеральных удобрений положительно влияло на формирование урожайности и качества зерна озимой. По эффективности действия на урожайность и качество зерна озимой ржи укосный сидерат не уступал полному сидеральному удобрению.

Изучение эффективности применения сидеральных удобрений в подсевной форме проводили в 2017-2022 годы. В день посева к озимой ржи подсеивали яровые горох, горчицу, вику и рапс. За осенний период они накапливали от 5 до 10 ц/га сухой биомассы. Наибольшую биомассу накапливали горох и горчица, а наименьшую рапс. За зимний период биомасса сидератов почвенными микроорганизмами разлагалась, а питательные вещества переходили в доступную для озимой ржи форму. В среднем за три года наибольшее количество азота 33 кг/га накапливалось в биомассе гороха, а фосфора 6 кг/га и калия 36 кг/га биомассой горчицы белой. Наименьшее количество питательных веществ накапливалось в биомассе рапса (табл. 4).

Таблица 4 – Количество азота, фосфора и калия, накопленное биомассой сидератов, кг/га (в среднем за 2002-2004 года)

Подсевной сидерат (В)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Горох посевной	33	4	24
Горчица белая	29	6	36
Вика яровая	22	3	18
Рапс яровой	14	3	15

О положительном влиянии подсевных сидератов на питание озимой ржи свидетельствуют данные таблицы 5. На

контрольном варианте в растениях озимой ржи в фазу выхода в трубку содержание азота составляло 2,2%. В растениях озимой

ржи, выращиваемых с подсевом рапса и горчицы, содержание азота возросло до 2,5%, а с подсевом вики и гороха до 2,6%. На фоне с азотной подкормкой в растениях озимой ржи содержание азота было выше. В растениях, выращенных без подсевных сидератов содержание азота составляло 3,5%. Максимальное содержание азота 3,9% имели растения озимой ржи, выращенные с подсевом гороха и 3,8% с подсевом вики.

В растениях озимой ржи, выращиваемых с подсевом рапса азота содержалось 3,6%, а с подсевом горчицы 3,7%. На содержание фосфора и калия в растениях озимой ржи подсеваемые сидераты существенно не влияли. На фоне без подкормки содержание фосфора в растениях озимой ржи составляло 0,51-0,53%, а калия 3,4-3,7%. На фоне с подкормкой соответственно 0,55-0,57% и 3,6-3,8% (табл. 5).

Таблица 5 – Содержания азота, фосфора и калия в растениях озимой ржи, (% на сухое вещество, фаза выхода в трубку, в среднем за 2003-2005 года)

Подсевной сидерат	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Фон 1 - без подкормки			
Контроль (без подсева)	2,2	0,51	3,4
Рапс яровой	2,5	0,51	3,4
Вика яровая	2,6	0,52	3,4
Горчица белая	2,5	0,51	3,6
Горох посевной	2,6	0,53	3,7
Фон 2 - с подкормкой N ₃₀			
Контроль (без подсева)	3,5	0,55	3,6
Рапс яровой	3,6	0,55	3,8
Вика яровая	3,8	0,57	3,8
Горчица белая	3,7	0,56	3,7
Горох посевной	3,9	0,57	3,8

Учет урожайности озимой ржи показал, что, подсев сидеральных культур положительно влиял на формирование урожайности зерна. Урожайность озимой ржи, выращенной без подсева сидератов и без подкормки составила 2,32 т/га. Подсев яровых вики, горчицы и гороха обеспечил достоверную прибавку урожая. Прибавка на варианте с подсевной викой составила 0,47 т/га, с подсевной горчицей - 0,37 т/га и с подсевным горохом - 0,40 т/га. Подсев ярового рапса не приводил к достоверной прибавке урожая озимой ржи. Азотная подкормка озимой ржи в фазу весеннего кущения обеспечила повышение урожайности зерна на 0,62 т/га. Прибавки урожая зерна при применении подсевных сидератов на фоне с подкормкой были получены от 0,32 т/га до 0,48 т/га. Подсев вики обеспечил прибавку зерна 0,48 т/га, горчицы белой - 0,39 т/га, гороха посевного - 0,32 т/га. Достоверной прибавки от подсева ярового рапса, как и на фоне без подкормки получено не было (табл. 6). Подсев сидеральных культур оказывал влияние на качество зерна озимой ржи. В зерне, выращенном на фоне без подкормки и без подсева сидератов, содержание сырого белка составило 8,6%. В зерне озимой ржи,

выращенной с подсевом гороха, содержание сырого белка повысилось до 8,7%, а с подсевом яровой вики - до 9,0%. На вариантах с подсевом рапса и горчицы содержание сырого протеина в зерне существенным образом не изменялось. Проведение весенней подкормки не оказало положительного влияния на содержание сырого белка в зерне озимой ржи. На фоне с подкормкой в варианте с подсевной викой было получено зерно озимой ржи с содержанием сырого протеина 9,1%. Максимальное содержание сырого белка 9,6% и 9,5% имело зерно, выращенное с подсевом соответственно гороха и горчицы. Подсев яровых культур к озимой ржи положительно сказался на увеличении массы 1000 зерен. На фоне 1 возрастание массы 1000 зерен по вариантам составило от 0,9 г с подсевом вики до 1,4 г с подсевом горчицы. Проведение подкормки положительно сказалось на увеличении массы 1000 зерен озимой ржи. В варианте без подсева сидератов было получено зерно с массой 1000 зерен 32,1 г. Подсев ярового рапса повысил массу 1000 зерен озимой ржи до 32,5 г, - вики до 33,1 г, - горчицы до 33,7 г, - гороха до 33,0 г.

АГРОНОМИЯ

Таблица 6 – Влияние подсевных сидератов на урожайность и качество зерна озимой ржи, (в среднем за 2003 – 2005 года)

Подсевной сидерат	Урожайность, т/га	Сырой белок, %	Масса 1000 зерен, г
Фон 1 - без подкормки			
Контроль (без подсева)	2,32	8,6	31,0
Рапс яровой	2,54	8,6	32,3
Вика яровая	2,79	9,0	31,9
Горчица белая	2,69	8,7	32,4
Горох посевной	2,72	8,9	32,2
Фон 2 - с подкормкой N ₃₀			
Контроль (без подсева)	2,94	8,5	32,1
Рапс яровой	3,13	8,4	32,5
Вика яровая	3,42	9,1	33,1
Горчица белая	3,33	9,5	33,7
Горох посевной	3,26	9,6	33,0
НСР ₀₅ (подсевной сидерат)	0,27	-	-
НСР ₀₅ (подкормка)	0,13	-	-

Выводы. Установлено, что наибольшее содержание азота, фосфора и калия было в растениях озимой ржи выращиваемых с использованием укосного и полного сидератов. Минимальное содержание элементов питания было в растениях озимой ржи выращиваемых по занятому пару. Максимальная урожайность зерна была получена при возделывании озимой ржи по чистому пару с применением укосного сидерата и сидеральному пару. На не удобренном фоне она составила соответственно 3,27 т/га и 3,25 т/га, а на удобренном 4,12 т/га и 4,08 т/га. Зерно с данных вариантов имело максимальное содержание сырого белка. По эффективности действия на урожайность и качество зерна озимой ржи укосный сидерат не уступал полному сидеральному удобрению. Изучение применения сидератов в подсевной форме показало, что за осенний период наибольшую биомассу накапливали горох и горчица, а наименьшую рапс. За осенний период наибольшее количество азота 33 кг/га накапливалось в биомассе гороха, а

фосфора 6 кг/га и калия 36 кг/га биомассой горчицы белой. Наименьшее количество питательных веществ накапливалось в биомассе рапса. Подсев сидеральных культур положительно влиял на формирование урожайности зерна. Урожайность озимой ржи, выращенной без подсева сидератов и без подкормки составила 2,32 т/га. Прибавка урожая зерна на варианте с подсевной викой составила 0,47 т/га, с подсевной горчицей - 0,37 т/га и с подсевным горохом - 0,40 т/га. Подсев ярового рапса не приводил к достоверной прибавке урожая озимой ржи. Азотная подкормка озимой ржи в фазу весеннего кущения обеспечила повышение урожайности зерна на 0,62 т/га. Прибавки урожая зерна при применении подсевных сидератов на фоне с подкормкой были получены от 0,32 т/га до 0,48 т/га. Подсев вики обеспечил прибавку урожая зерна 0,48 т/га, горчицы белой – 0,39 т/га, гороха посевного – 0,32 т/га. Достоверной прибавки от подсева ярового рапса получено не было.

Литература

1. Завалин А. А., Новоселов С.И. Биологические основы оптимизации азотного питания растений. М.: Агроконсалт, 1999. 96 с.
2. Научные основы использования зеленого удобрения в Волго-Вятском регионе / В. П. Заикин, В. В. Ивнин, Ф. П. Румянцев, С. Ю. Кривенков. Нижегород. гос. с.-х. академия. Нижний Новгород, 2004. 271 с.
3. Козлова Л. М., Денисова А. В. Промежуточные культуры в полевых севооборотах Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. №5 (42). С. 33-37. EDN: SMINUX
4. Лошаков В. Г. Пожнивная сидерация и плодородие дерново-подзолистых почв // Земледелие. 2007. №1. С. 11-13. EDN HYJQDZ.
5. Новоселов С. И., Горохов С. А., Иванов М. Н. Действие и последствие органических удобрений в севообороте // Агрохимия. 2013. № 8. С. 30-37. EDN RORDGR.
6. Новоселов С. И., Кузьминых А. Н., Толмачев Н. И. Сидераты в земледелии Нечерноземья. Йошкар-Ола: ФГБОУ ВО Марийский государственный университет, 2021. 175 с.

7. Эседулаев С. Т., Касаткин С. А. Использование сидеральных культур и их смесей при выращивании в Верхневолжье // Земледелие. 2021. № 6. С. 16–20. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-6-16-20>
8. Кузьминых А. Н., Новоселов С. И. Эффективность сидератов при освоении залежных земель Волго-Вятского региона. Йошкар-Ола: ФГБОУ ВО Марийский государственный университет, 2021. 175 с.
9. Эффективность применения навоза, биокомпостов и сидератов под овощные культуры / В. А. Борисов, О. Н. Успенская, А. А. Коломиец, И. Ю. Васючков // Агрохимия. 2023. № 2. С. 36–40. <https://doi.org/10.31857/S0002188123020059>
10. Довбан К. И. Экологические аспекты сидерации // Химизация сельского хозяйства. 1992. №4. С. 28–32.
11. Балабо П. Н., Сорокин А. Н., Синих Ю. Н. Влияние глубины заделки сидерата на фитосанитарное состояние посевов и урожайность культур // Плодородие. 2019. № 4 (109). С. 36–38. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.109.12>
12. Лошаков В. Г. Экологические и фитосанитарные функции зеленого удобрения // Известия ТСХА. 2018. № 5. С. 30–42. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-5-30-42>
13. Глушников В. В. Пожнивные сидеральные культуры и продуктивность ярового ячменя // Плодородие. 2013. № 4 (73). С. 39–40. EDN PGQHRZ.
14. Шашкаров Л. Г. Продуктивность донника желтого и качество урожая в зависимости от покровных культур в условиях Юго-Восточной части Волго-Вятской зоны. Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2019. 151 с.
15. Бахвалова С. А., Фёдорова А. В. Сидераты и урожайность яровой пшеницы // Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 36–38. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.119.09>
16. Тиранов А. Б., Тиранова Л. В. Сидеральные и занятые пары в севооборотах // Земледелие. 2008. №4. С. 16–18. EDN JSBAEH.
17. Дзюин А. Г. Влияние сидеральных удобрений на содержание гумуса в почве // Агрохимия. 2024. № 1. С. 12–16. <https://doi.org/10.31857/80002188124010029>
18. Гамзиков Г. П., Сулейманов С. З. Влияние биомассы растений на азотный режим серой лесной почвы и продуктивность полевых культур // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 4. С. 32–36. <https://doi.org/10.31857/S2500262720040080>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы не проводилось.

Сведения об авторах:

Завалин Алексей Анатольевич - академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: otdzem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7717-877X>.

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. Москва, Россия.

Новоселов Сергей Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: serg.novoselov2011@yandex.ru,

Еремеев Роман Анатольевич - аспирант

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия.

Фасхутдинов Фаннур Шаукатович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: ditto1961t@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

THE EFFECTIVENESS OF SIDERATES IN AGRICULTURE NON CHERNOZEMIA

A. A. Zavalin, S. I. Novoselov, R. V. Eremeev, F. S. Faskhutdinov

Abstract. The results of research on the effectiveness of mineral fertilizers are presented. It was found that the highest content of nitrogen, phosphorus and potassium was in winter rye plants grown using slanted and full siderates. The minimum content of nutrients was in winter rye plants grown using an occupied pair. The maximum grain yield was obtained by cultivating winter rye using pure steam with the use of mowing siderate and sideral steam. On a non-fertilized background, it amounted to 3.27 t/ha and 3.25 t/ha, respectively, and on a fertilized background, 4.12 t/ha and 4.08 t/ha. The grain from these variants had the maximum crude protein content. In terms of the effectiveness of the effect on the yield and grain quality of winter rye, the mown siderate was not inferior to the full sideral fertilizer. The study of the use of siderates in the sowing form showed that during the autumn period, peas and mustard accumulated the largest biomass, and rapeseed accumulated the least. The largest amount of nitrogen 33 kg/ha was accumulated in the biomass of peas, and phosphorus 6 kg/ha and potassium 36 kg/ha by the biomass of white mustard. The least amount of nutrients accumulated in the biomass of rapeseed. Sowing of sideral crops had a positive effect on the formation of yields and improving the quality of winter rye grain. The yield of winter rye grown without sowing siderates and without fertilizing was 2.32 t/ha. The increase in the variant with seeded vetch was 0.47 t/ha, with seeded mustard - 0.37 t/ha and with seeded peas - 0.40 t/ha. The sowing of spring rapeseed did not lead to a significant increase in the yield of winter rye. Nitrogen fertilization of winter rye during the spring tillering phase provided an increase in grain yield by 0.62 t/ha. Against the background of top dressing, the sowing of vetch provided an increase in grain yield of 0.48 t/ha, white mustard – 0.39 t/ha, seeded peas – 0.32 t/ha. There was no reliable increase from the sowing of spring rapeseed.

Keywords: precursors, seed crops, winter rye, yield, grain quality.

For citation: Zavalin A.A., Novoselov S.I., Eremeev R.V., Faskhutdinov F.S. Efficiency of siderates in agriculture of the Non-Chernozem region. *Agrobiotechnology and Digital Agriculture*. 2024; 3(11): 20-27

References

1. Zavalin A. A., Novoselov S. I. Biologicheskie osnovy optimizatsii azotnogo pitaniya rastenij [Biological bases of optimization of nitrogen nutrition of plants]. M.: Agrokonsalt. 1999. 96.
2. Zaikin V. P., Ivenin V. V., Rumyantsev F. P., Krivenkov S. Yu. Nauchnye osnovy ispol'zovaniya zelenogo udobreniya v Volgo-Vyatskom regione [Scientific foundations of the use of green fertilizer in the Volga-Vyatka region]. Nizhegorodskaja gosudarstvennaja sel'skhozajstvennaja akademija. Nizhnij Novgorod. 2004. 271.

3. Kozlova L. M., Denisova A. V. [Intermediate crops in field crop rotations of the Kirov region]. *Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2014; 5(42): 33-37. EDN: SMIRUX.
4. Loshakov V. G. [Crop sideration and fertility of sod-podzolic soils]. *Zemledelie*. 2007; 1: 11-13. EDN HYJQDZ.
5. Novoselov S. I., Gorokhov S. A., Ivanov M. N. [The effect and aftereffect of organic fertilizers in crop rotation]. *Agrohimija*. 2013; 8: EDN RORDGR.
6. Novoselov S. I., Kuzminykh A. N., Tolmachev N. I. *Sideraty v zemledelii Nechernozem'ja* [Siderates in agriculture of the Non-Chernozem region]. Yoshkar-Ola: FGBOU VO Marijskij gosudarstvennyj universitet. 2021. 175.
7. Esedulaev S. T., Kasatkin S. A. [The use of sideral crops and their mixtures in cultivation in the Upper Volga region]. *Zemledelie*. 2021; 6: 16-20. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-6-16-20>.
8. Kuzminykh A. N., Novoselov S. I. *Jefferktivnost' sideratov pri osvoenii zaleznyh zemel' Volgo-Vjatskogo regiona* [Efficiency of siderates in the development of fallow lands of the Volga-Vyatka region]. Yoshkar-Ola: FGBOU VO Marijskij gosudarstvennyj universitet. 2021. 175.
9. Borisov V. A., Uspenskaya O. N., Kolomiets A. A. [The effectiveness of the use of manure, biocomposts and siderates for vegetable crops]. *Agrohimija*. 2023; 2: 36-40. <https://doi.org/10.31857/S0002188123020059>.
10. Dovban K. I. [Ecological aspects of sideration]. *Himizacija sel'skogo hozjajstva*. 1992; 4: 28-32.
11. Balabko P. N., Sorokin A. N., Sinikh Yu. N. [Influence of the depth of seeding of siderate on the phytosanitary condition of crops and crop yields]. *Plodorodie*. 2019; 4 (109): 36-38. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.109.12>.
12. Loshakov V. G. [Ecological and phytosanitary functions of green fertilizer]. *Izvestija TSHA*. 2018; 5: 30-42. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-5-30-42>.
13. Glushkov V. V. [Crop sideral crops and productivity of spring barley]. *Plodorodie*. 2013; 4 (73): 39-40. EDN PGQHRZ.
14. Shashkarov L. G. *Produktivnost' donnika zheltogo i kachestvo urozhaja v zavisimosti ot pokrovyh kul'tur v uslovijah Jugo-Vostochnoj chasti Volgo-Vjatskoj zony* [Productivity of yellow clover and crop quality depending on cover crops in the conditions of the Southeastern part of the Volga-Vyatka zone]. Cheboksary: FGBOU VO Chuvashskaja GSHA. 2019. 151.
15. Bakhvalova S. A., Fedorova A. V. [Siderates and yield of spring wheat]. *Plodorodie*. 2021; 2(119): 36-38. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.119.09>.
16. Tiranov A. B., Tiranova L. V. [Sideral and employed pairs in crop rotations]. *Zemledelie*. 2008; 4: 16-18. EDN JSBAEH.
17. Dzyuin A. G. [The effect of mineral fertilizers on the humus content in the soil]. *Agrohimija*. 2024; 1: 12-16. <https://doi.org/10.31857/80002188124010029>.
18. Gamzikov G. P., Suleymanov S. Z. [The influence of plant biomass on the nitrogen regime of gray forest soil and productivity of field crops]. *Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka*. 2020; 4: 32-36. <https://doi.org/10.31857/S2500262720040080>.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. The work was not funded.

Authors:

Zavalin Alexey Anatolyevich – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: otdzem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7717-877X>.

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

Novoselov Sergey Ivanovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: serg.novoselov2011@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2514-3521>

Eremeev Roman Anatolyevich – postgraduate student

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia.

Faskhutdinov Fannur Shaikatovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: dit-to1961t@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ
ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ****А. А. Зиганшин, Р. И. Сафин**

Реферат. Представлены результаты исследований по изучению эффективности некорневой подкормки органоминеральными удобрениями группы «Батр» - Батр 40 Азот и Батр Цинк на кукурузе, возделываемой на зерно. Исследования проводили в Предкамской зоне Республики Татарстана. В задачи исследований входила оценка влияния некорневой подкормки изучаемыми удобрениями на формирование урожая и качество зерна у различных гибридов кукурузы. В качестве объектов исследований выступали раннеспелые гибриды ДКС 3006 и КВС Лионель. Для обработки использовались удобрения Батр 40 Азот (азотсодержащее жидкое органоминеральное удобрение с микроэлементами, гуматами и гидроксикарбоновыми кислотами) и Батр Цинк (жидкое органоминеральное удобрение с содержанием цинка 5%). Изучались варианты с подкормкой только Батр 40 Азот (норма 4 л/га) и баковой смесью Батр 40 Азот (4 л/га) + Батр Цинк (1 л/га). Обработка растений осуществлялась в фазу шести листьев культуры, с расходом рабочей жидкости 200 л/га. Полевые опыты проводились в 2022-2023 годах, на среднесуглинистой серой лесной почве с низким содержанием цинка. В 2022 году в период вегетации условия увлажнения для роста и развития кукурузы были благоприятными, а в 2023 году отмечались засушливые периоды. Некорневая подкормка Батр 40 Азот, в среднем за годы исследований, способствовала увеличению урожайности зерна на 0,4 т/га на гибриде ДКС 3006 и 0,3 т/га на гибриде КВС Лионель. Применение баковой смеси Батр 40 Азот + Батр Цинк привело к росту урожайности на 1,0 т/га у гибрида ДКС 3006 и на 0,8 т/га у гибрида КВС Лионель. Абсолютно сухая биомасса растений кукурузы к уборке при применении подкормки Батр 40 Азот выросла к показателям контроля на 0,8 т/га на первом гибриде и на втором гибридах, тогда как при использовании смеси Батр 40 Азот + Батр Цинк рост составил соответственно на 1,3 и на 1,2 т/га. Некорневая подкормка смесью Батр 40 Азот + Батр Цинк привело к росту содержанию белка на обоих гибридах. На гибриде ДКС 3006 рост содержание белка в сухом вещества зерна выросло на 0,3%, а на гибриде КВС Лионель – на 0,2 %. Наиболее существенным положительное влияние от подкормки на содержание белка было в условиях более засушливого 2023 года. В результате проведенных исследований было установлено, что наилучшие показатели по продуктивности и качеству зерна у обоих гибридов кукурузы были при использовании некорневой подкормки смесью Батр 40 Азот + Батр Цинк.

Ключевые слова: органоминеральные удобрения, микроэлементы, некорневая подкормка, урожайность, содержание белка, кукуруза на зерно.

Для цитирования: Зиганшин А.А., Сафин Р.И. Особенности формирования урожая кукурузы на зерно при использовании некорневой подкормки органоминеральными удобрениями //Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2024. 3(11). С. 28-33

Введение. Кукуруза, наряду с пшеницей и рисом, является важнейшей мировой зерновой культурой [1, 2]. Для Российской Федерации, производство экспорт зерна кукурузы имеет важнейшее значение для устойчивого развития отечественного АПК [3, 4]. Значительная роль зерна кукурузы, в первую очередь в кормопроизводстве, обусловлена высокой его пищевой и энергетической ценностью, а также наличием в нем ценных веществ, пригодных для разностороннего использования [5, 6, 7]. В связи с этим, разработка приемов повышения урожайности и качественных характеристик зерна кукурузы, адаптированных под конкретный генотип (гибрид) и условия производства, имеет важное практическое значение [8, 9].

При производстве высоких урожаев зерна кукурузы, существенную роль играет научно-обоснованная система удобрения, так как данная культура отличается повышенной требовательностью к уровню обеспеченности как макро-, так и микроэлементами [10, 11, 12].

В последние годы, на данной культуре все большее распространение получил такой прием как некорневая подкормка с использованием комплексных органоминеральных удобрений, содержащих, наряду с макроэлементами (преимущественно с азотом), различные микроэлементы и физиологически-активные вещества (гуматы, органические кислоты, экстракты водорослей и т.д.) [13, 14, 15]. Применение данного приема способствует значительному (на 15-20%) росту урожайности кукурузы с повышением качественных характеристик зерна [16]. К числу комплексных органоминеральных удобрений, относятся и удобрения серии Батр, выпускаемых в Республике Татарстан и применяемых на различных культурах, в том числе и на кукурузе [17, 18]. Результаты применения удобрений данной серии показали высокую их эффективность. Так, исследования в Ставропольском крае показали, что использование в течение двух лет для некорневой подкормки Батр 40 Азот на двух гибридах кукурузы

(Машук 220 МВ, Машук 355 МВ) привело к росту урожайности зерна на 0,38-0,40 т/га, причем в более благоприятный по увлажнению год отдача от подкормки была выше [19]. Существенную роль в формировании урожая кукурузы играет такой микроэлемент как цинк [20]. Среди удобрений группы Батр имеется состав Батр Цинк, отличающийся повышенным (до 5%) содержанием данного элемента питания растений. Высокая отдача от использования некорневого внесения Батр Цинка на кукурузе показана на Юге России [21, 22].

В связи с вышеизложенным, целью исследований была оценка эффективности применения некорневой подкормки удобрениями марки Батр на различных гибридах кукурузы, возделываемых на зерно.

Условия, материалы и методы. Полевые исследования на различных гибридах кукурузы проводились в 2022-2023 годах на опытных полях Агробиотехнопарка Казанского ГАУ.

Объект исследования – раннеспелые гибриды кукурузы интенсивного типа ДКС 3006 и КВС Лионель.

Полевые опыты закладывались на средне-суглинистой, высококультурной (содержание гумуса – высокое, подвижного фосфора – очень высокое; обменного калия – повышенное) с серой лесной почве. Обеспеченность почвы цинком (по Пейве-Ринкису) низкая. В 2022 году условия вегетации

характеризовались хорошим увлажнением (ГТК за вегетацию более 1,0), тогда как в 2023 году отмечались острозасушливые условия, особенно в период активного вегетативного роста кукурузы (июнь-июль).

Схема опыта: 1. Контроль (без некорневой подкормки);

2. Батр 40 Азот, 4 л/га;

3. Батр 40 Азот (4 л/га) + Батр Цинк (1 л/га).

Обработка растений осуществлялась в фазу шести листьев культуры, с расходом рабочей жидкости 200 л/га.

Площадь (общая) опытных делянок – 42 м², площадь учетных делянок – 25 м². Повторность – трехкратная. Посев проводился пропашной сеялкой с нормой высева 80 тыс. всхожих семян на гектар. Фон удобрений: под предпосевную культивацию внесено NPK (70 кг/га диаммофоски + 50 кг/га аммиачной селитры). Для контроля сорных растений применялись почвенный гербицид Симба, а в фазу 4 настоящего листа проводилась обработка баковой смесью Дублон + Балерина.

Учет урожайности определяли поделочной уборкой. Содержание белка в зерне кукурузы определяли по ГОСТ 13496.4-2019.

Результаты и обсуждение. Некорневая подкормка оказала влияние на формирование биомассы растений кукурузы (табл. 1).

Таблица 1 – Накопление сухой биомассы растений кукурузы на зерно к уборке, т/га, 2022-2023 года

Вариант	2022 год	2023 год	В среднем за 2 года	Отклонение от контроля, т/га
ДКС 3006				
Контроль	23,9	14,2	19,05	
Батр 40 Азот	24,5	15,3	19,90	0,85
Батр 40 Азот + Батр Цинк	24,8	16,0	20,40	1,35
КВС Лионель				
Контроль	23,4	14,1	18,75	
Батр 40 Азот	24,1	15,0	19,55	0,80
Батр 40 Азот + Батр Цинк	24,6	15,7	20,15	1,40
НСР ₀₅ А	0,61	0,49		
НСР ₀₅ В	0,31	0,16		

В годы исследований, в контроле, значительных различий между гибридами по накоплению абсолютно сухой биомассы растений не отмечалось. Реакция на некорневую подкормку у изучаемых гибридов была одинаковой. Применение только подкормки Батр 40 Азот привело к росту показателя на 0,80-0,85 т/га (на 4,3-4,5%) к значениям в контроле. В тоже время, добавление в рабочий состав Батр 40 Азот удобрения Батр Цинк значительно усилило положительный эффект от обработки (рост на 1,35-1,40 т/га). Необходимо отметить, что наиболее существенным данный положительный эффект от подкормки был в более засушливом 2023 году. Результаты оценки урожайности кукурузы,

приведенные к стандартной влажности приведены в таблице 2. Оценка урожайности различных гибридов кукурузы в годы проведения опытов показала, что достоверных отличий между ними не наблюдалось, т.е. их продуктивность была примерно на одном уровне. Применение подкормки только Батр 40 Азот несколько увеличило урожайность в засушливом 2023 году, но практически не оказало влияние на данный показатель в более благоприятный по агрометеорологическим условиям 2022 год. Использование для некорневого внесения баковой смеси Батр 40 Азот + Батр Цинк, во все годы исследований оказало положительное влияние на формирования урожая зерна у обоих гибридов кукурузы. В среднем

АГРОНОМИЯ

за 2 года исследований, данный прием способствовал росту урожайности зерна у гибрида ДКС 3006 на 11,9%, а у гибрида КВС Лионель на 11,26%

к значениям в контроле, причем прирост к значениям в вариантах с применением Батр 40 Азот составил 0,55 и 0,50 т/га соответственно.

Таблица 2 – Урожайность гибридов кукурузы на зерно при применении некорневой подкормки, т/га, 2022-2023 года

Вариант (подкормка) (фактор В)	2022 год	2023 год	В среднем за 2 года	Отклонение от контроля	
				т/га	%
ДКС 3006 (фактор А)					
Контроль	10,6	5,4	8,00		
Батр 40 Азот	10,9	5,9	8,40	0,40	5,00
Батр 40 Азот + Батр Цинк	11,5	6,4	8,95	0,95	11,90
КВС Лионель					
Контроль	9,9	5,2	7,55		
Батр 40 Азот	10,0	5,8	7,90	0,35	4,64
Батр 40 Азот + Батр Цинк	10,6	6,2	8,40	0,85	11,26
НСР ₀₅ А	0,39	0,14			
НСР ₀₅ В	0,11	0,09			

Зерно кукурузы содержит в своем составе в среднем 9-12% белка, причем его содержание во многом

определяется агроклиматическими условиями и уровнем минерального питания растений (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание сырого протеина в сухом веществе зерна кукурузы, % в 2022-2023 годах

Вариант	2022 год	2023 год	В среднем за 2 года	Отклонение от контроля, %
ДКС 3006				
Контроль	9,0	8,9	9,0	
Батр 40 Азот	9,0*	9,2*	9,1	+0,1
Батр 40 Азот + Батр Цинк	9,1*	9,4	9,3	+0,3
КВС Лионель				
Контроль	9,9	10,3	10,1	
Батр 40 Азот	10,0*	10,5*	10,3	+0,2
Батр 40 Азот + Батр Цинк	10,0*	10,5*	10,3	+0,2

Примечание: * – разница недостоверна к значениям в контроле при $P=0,05$.

При сравнении показателей содержания белков в зерне у различных гибридов, можно сделать вывод о том, что гибрид КВС Лионель по данному показателю несколько превосходит гибрид ДКС 3006. Для данных гибридов проявляются и различия в реакции содержания протеина в зерне в зависимости от условий увлажнения вегетационного периода. Так, если для гибрида ДКС 3006 данный показатель слабо изменялся в изучаемые года, то у гибрида КВС Лионель в более засушливых условиях 2023 года содержание белков в зерне увеличивалось. Некорневые подкормки Батр 40 Азот практически не повлияли на дан-

ный параметр. В 2023 году на гибриде ДКС 3006 использование баковой смеси Батр 40 Азот + Батр Цинк привело к достоверному росту показателя к значениям в контроле. В среднем за два года, на гибриде ДКС 3006 рост содержания белка в сухом веществе зерна выросло на 0,3%, а на гибриде КВС Лионель – на 0,2%. Наиболее существенным положительное влияние от подкормки на содержание белка было в условиях более засушливого 2023 года.

Для оценки влияния приемов на рост и развитие растений использовались показатели высоты растений кукурузы (табл. 4).

Таблица 4 – Высота растений кукурузы в период цветения, см, 2022-2023 год

Вариант	2022 год	2023 год	В среднем за 2 года	Отклонение от кон- троля, %
ДКС 3006				
Контроль	296,3	175,6	235,95	
Батр 40 Азот	304,7*	188,7	246,70	4,56
Батр 40 Азот + Батр Цинк	304,8*	190,1	247,45	4,87
КВС Лионель				
Контроль	295,7*	164,0	229,85	
Батр 40 Азот	304,3*	178,7	241,50	5,07
Батр 40 Азот + Батр Цинк	306,3*	180,3	243,30	5,85

Примечание: * – разница недостоверна к значениям в контроле при $P=0,05$.

Значения показателя высоты определялась условиями увлажнения в период вегетации кукурузы. Если в благоприятный по агроклиматическим параметрам для вегетативного роста растений 2022 год высота растений в контроле у изучаемых гибридов была на уровне 295,7-296,3 см, то в более засушливом 2023 году она составляла 164,0-175,6 см, т.е. практически в 1,7-1,8 раза меньше. Характер влияния некорневой подкормки органоминеральными удобрениями на высоту растений, также определялась условиями вегетации. В благоприятный по увлажнению период вегетации 2022 года, эффект от некорневой подкормки в увеличении показателя высоты растений практически не проявлялся, тогда как в 2023 году, в условиях периодических засух, под влиянием подкормки удобрениями Батр отмечалось значительная стимуляции ростовых процессов, что привело к увеличению средней высоты растений. В среднем за годы исследований, под влиянием применения органоминеральных удобрений высота растений (в зависимости от гибрида) по сравнению с контролем выросла на 4,56-5,85%.

Выводы. Эффективность применения некорневого внесения органоминерального удобрения Батр 40 Азот в чистом виде и в смеси с удобрением Батр Цинк, в первую очередь

определялась агрометеорологическими параметрами вегетации кукурузы. В более засушливых условиях 2023 года эффект от данного приема был выше, чем в более благоприятных по увлажнению 2022 года. Независимо от года исследований и изучаемого гибрида, применение смеси Батр 40 Азот + Батр Цинк оказало более выраженное положительное влияние на урожайность, чем применение только удобрения Батр 40 Азот.

Аналогичные закономерности проявились и по биометрическим показателям (высота растений) и по накоплению абсолютно сухой массы растений кукурузы – максимальные значения были при применении подкормки в условиях недостатка влаги в период вегетативного роста.

Влияние подкормки на содержание белка в зерне было слабым и сильнее проявлялось также в условиях недостатка влаги.

Таким образом, применение органоминеральных удобрений серии Батр для некорневой подкормки, за счет антистрессового действия, позволяет значительно снизить негативное влияние недостатка влаги и повышенных температур на формирование урожая зерна у ранних гибридов кукурузы, возделываемых на зерно.

Литература

1. Мировой рынок кукурузы и продуктов её переработки в контексте развития органического сельского хозяйства / А. Н. Ставцев, Х. Н. Гасанова, А. Н. Осипов [и др.] // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. 15(87). С. 46-54. <https://doi.org/10.33938/225-46>. EDN KMEVHC.
2. Wang J., Hu X. Research on corn production efficiency and influencing factors of typical farms: Based on data from 12 corn-producing countries from 2012 to 2019//PLoS One. 2021 Jul 9;16(7): e0254423. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254423>.
3. Осипов А. Н., Гасанова Х. Н., Ставцев А. Н. Развитие мирового рынка кукурузы и продуктов ее переработки // Экономика российского села: вчера, сегодня, завтра: Труды Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, Москва, 24–25 июня 2021 года. Москва: Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства, 2021. С. 231-236. EDN SHUYOO.
4. Ставцев А. Н., Гасанова Х. Н. Особенности экспорта зерна кукурузы // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. № 12(94). С. 132-138. <https://doi.org/10.33938/2212-132>. EDN CSADVJ.
5. Оценка биохимического состава зерна кукурузы селекции РосНИИСК "Россорго" для дальнейшего использования в АПК / И. А. Сазонова, В. Н. Титов, Ю. В. Бочкарева [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2021. № 6(48). 27. <https://doi.org/10.33938/2212-132>. EDN ORTIC.
6. Михайлова М. Ю. Кормовая ценность зерна кукурузы // Роль аграрной науки в решении проблем современного земледелия: Сб. трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти А.А. Зиганшина, Казань, 05–06 апреля 2023 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2024. С. 16-22. EDN QVFMAR
7. Губин С. В., Логинова А. М., Гетц Г. В. Оценка кормовой ценности зерна новых гибридов кукурузы, созданных с участием инбредных линий Сибирского филиала ВНИИК // АПК России. 2023. Т. 30, № 3. С. 346-351. <https://doi.org/10.55934/10.55934/2587-8824-2023-30-3-346-351>. EDN FLJSYM.
8. Технология возделывания кукурузы на зерно в адаптивно-ландшафтной системе земледелия юго-западной части ЦЧР России / И. Е. Солдат, П. И. Солнцев, О. Д. Мещеряков [и др.] // Сахарная свекла. 2023. № 10. С. 23-25. <https://doi.org/10.25802/SB.2023.33.89.007>. EDN MWDPEI.
9. Бельченко С. А., Дронов А. В., Ланцев В. В. Адаптивный и продуктивный потенциал среднеранних гибридов кукурузы на зерно в агроландшафтных условиях Брянской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2(54). С. 19-26. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-2-19-26>. EDN AUDPBE.
10. Чекмарев П. А., Фомин В. Н., Турнин С. Л. Влияние сорта и удобрений на урожайность кукурузы при возделывании на зерно // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 9. С. 22-24. EDN ZQPYBN.
11. Иванова О. М., Макаров М. Р. Эффективность возделывания кукурузы на зерно в зависимости от различных видов минеральных удобрений // Сахарная свекла. 2022. № 7. С. 28-30. <https://doi.org/10.25802/6266.2022.18.51.007>. EDN KOSTRR.
12. Влияние минеральных удобрений на формирование зерна кукурузы на каштановых почвах Волгоградской области / А. И. Беляев, В. Н. Павленко, Н. Ю. Петров [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2023. № 1(55). С. 8-12. <https://doi.org/10.32935/2221-7312-2023-55-1-8-12>. EDN XKJSXM.
13. Леонов Ф. Н., Зимина М. В. Эффективность применения комплексного удобрения Интермаг Титан во некорневую подкормку озимого рапса и кукурузы на зерно // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 97-100. EDN FWMATA.
14. Ивашенко И. Н., Багринцева В. Н. Оценка эффективности некорневых подкормок азотсодержащими

удобрениями на кукурузе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 40-54. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-3-40-54>. EDN QBHTOO.

15. Влияние некорневой подкормки на формирование урожайности и качества кукурузы / С. А. Семина, О. Н. Кухарев, И. В. Гаврюшина [и др.] // Нива Поволжья. 2023. № 3(67). 1006. <https://doi.org/10.36461/NP.2023.67.3.007>. EDN XXIENK.

16. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В. Некорневые подкормки на посевах кукурузы как один из агроприемов повышения урожайности зерна // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 1(73). С. 89-98. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-01-09>. EDN GKRHDI.

17. Минакова О. А. Эффективность применения жидких органо-минеральных удобрений хелатного типа Батр в посевах сахарной свеклы в условиях лесостепи ЦЧР // Сахарная свекла. 2024. № 4. С. 23-27. <https://doi.org/10.25802/SB.2024.60.42.004>. EDN RGFSEN.

18. Эффективность применения удобрений Батр 40 Азот и Батр Макс на кукурузе / В. Н. Багринцева, И. Н. Ивашенко, Г. Ю. Каримов [и др.] // Кукуруза и сорго. 2019. № 2. С. 9-13. <https://doi.org/10.25715/KS.2019.2.31828>. EDN XPYPSN.

19. Ивашенко И. Н., Багринцева В. Н. Оценка эффективности некорневых подкормок азотсодержащими удобрениями на кукурузе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 40-54. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-3-40-54>. EDN QBHTOO.

20. Михайлова М. Ю. Роль цинка для роста и развития кукурузы // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. С. 215-221. EDN UAMRZD.

21. Багринцева В. Н., Ивашенко И. Н., Сотченко Д. Ю. Влияние некорневой подкормки микроудобрением Батр Цинк на урожайность кукурузы и кормовые качества зерна // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 3. С. 213-224. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-213>. EDN MDBLHC.

22. Багринцева В. Н., Ивашенко И. Н. Влияние некорневой подкормки растений удобрением Батр Цинк на формирование урожая кукурузы в Ставропольском крае // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. ¹ 6. С. 19-21. <https://doi.org/10.31857/S2500262722060047>. EDN MJGURL.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Зиганшин Андрей Алексеевич - аспирант, e-mail: ziganshinandrei@mail.ru

Сафин Радик Ильясевич - доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

FEATURES OF THE FORMATION OF THE GRAIN CORN YIELD USING FOLIAR FEEDING WITH ORGANOMINERAL FERTILIZERS

A. A. Ziganshin, R. I. Safin

Abstract. The article presents the results of studies on the effectiveness of foliar feeding with organomineral fertilizers of the "Batr" group - Batr 40 Azot and Batr Zinc on corn grown for grain. The studies were conducted in the Predkama zone of the Republic of Tatarstan. The objectives of the studies included assessing the effect of foliar feeding with the studied fertilizers on the formation of the yield and grain quality in various corn hybrids. The objects of the studies were early-ripening hybrids DKS 3006 and KVS Lionel. Fertilizers Batr 40 Azot (nitrogen-containing liquid organomineral fertilizer with microelements, humates and hydroxycarboxylic acids) and Batr Zinc (liquid organomineral fertilizer with a zinc content of 5%) were used for processing. The studied variants included top dressing with only Batr 40 Nitrogen (rate of 4 l/ha) and tank mixture of Batr 40 Nitrogen (4 l/ha) + Batr Zinc (1 l/ha). Plants were treated in the phase of six leaves of the crop, with a working fluid consumption of 200 l/ha. Field experiments were carried out in 2022-2023, on medium loamy gray forest soil with low zinc content. In 2022, during the growing season, moisture conditions for the growth and development of corn were favorable, and in 2023, dry periods were observed. Foliar top dressing with Batr 40 Nitrogen, on average over the years of research, contributed to an increase in grain yield by 0.4 t/ha on the DKS 3006 hybrid and 0.3 t/ha on the KVS Lionel hybrid. The use of the tank mixture Batr 40 Nitrogen + Batr Zinc resulted in a yield increase of 1.0 t/ha for the DKS 3006 hybrid and 0.8 t/ha for the KVS Lionel hybrid. The absolutely dry biomass of corn plants before harvesting with the use of the Batr 40 Nitrogen fertilizer increased to the control values by 0.8 t/ha for the first hybrid and for the second hybrid, while with the use of the Batr 40 Nitrogen + Batr Zinc mixture the increase was 1.3 and 1.2 t/ha, respectively. Foliar feeding with the Batr 40 Nitrogen + Batr Zinc mixture resulted in an increase in the protein content for both hybrids. On the DKS 3006 hybrid, the protein content in dry matter of grain increased by 0.3%, and on the KVS Lionel hybrid – by 0.2%. The most significant positive effect of feeding on protein content was in the drier conditions of 2023. As a result of the studies, it was found that the best indicators for productivity and grain quality in both corn hybrids were obtained when using foliar feeding with a mixture of Batr 40 Nitrogen + Batr Zinc.

Key words: organomineral fertilizers, microelements, foliar feeding, yield, protein content, corn for grain.

For citation: Ziganshin A.A., Safin R.I. Features of the formation of the grain corn yield using foliar feeding with organomineral fertilizers. *Agrobiotechnology and digital farming*. 2024; 3(11): 28-33

References

1. Stavtsev A. N., Gasanova Kh. N., Osipov A.N. [World market of corn and its processed products in the context of organic agriculture development]. *Ekonomika, trud, upravleniye v sel'skom khozyaystve*. 2022; 5 (87): 46-54. <https://doi.org/10.33938/225-46>. EDN KMEVHC.

2. Wang J., Hu X. Research on corn production efficiency and influencing factors of typical farms: Based on

data from 12 corn-producing countries from 2012 to 2019. PLoS One. 2021 Jul 9; 16 (7): e0254423. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254423>.

3. Osipov A. N., Gasanova H. N., Stavtsev A. N. [Development of the world market for corn and its processed products]. *Ekonomika rossiyskogo sela: vchera, segodnya, zavtra: Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu FGBNU FNC VNIIEsH, Moskva, 24–25 iyunya 2021 goda. Moskva: Vserossiyskij NII jekonomiki sel'skogo hozjajstva*. 2021. 231–236. EDN SHUYOO.

4. Stavtsev A. N., Gasanova H. N. [Features of corn grain export]. *Ekonomika, trud, upravleniye v sel'skom khozyaystve*. 2022; 12(94): 132–138. <https://doi.org/10.33938/2212-132>. EDN CSADVJ.

5. Sazonova I. A., Titov V. N., Bochkareva Yu. V. [Evaluation of the biochemical composition of corn grain bred by the Russian Research Institute of Vegetable Growing "Rossorgo" for further use in the agro-industrial complex]. *AgroEcoInfo*. 2021; 6 (48): 27. <https://doi.org/10.33938/2212-132>. EDN ORTHIC.

6. Mikhailova M. Yu. [Feed value of corn grain]. *Roľ agrarnoy nauki v reshenii problem sovremennogo zemledeliya: Sb. trudov Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati A.A. Ziganshina, Kazan', 05–06 aprelya 2023 goda. Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet*. 2024. 16-22. EDN QVFAMR.

7. Gubin S. V., Loginova A. M., Getz G. V. [Evaluation of the feed value of grain of new corn hybrids created with the participation of inbred lines of the Siberian branch of the All-Russian Research Institute of Corn Crops]. *APK Rossii*. 2023; 30. 3: 346-351. <https://doi.org/10.55934/10.55934/2587-8824-2023-30-3-346-351>. EDN FLJSYM.

8. Soldat I. E., Solntsev P. I., Meshcheryakov O. D. [Technology of cultivation of corn for grain in the adaptive-landscape farming system of the southwestern part of the Central Black Earth Region of Russia]. *Sakharnaya svekla*. 2023; 10: 23-25. <https://doi.org/10.25802/SB.2023.33.89.007>. EDN MWDPEI.

9. Belchenko S. A., Dronov A. V., Lancev V. V. [Adaptive and productive potential of mid-early hybrids of grain corn in the agro-landscape conditions of the Bryansk region]. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 2 (54): 19-26. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-2-19-26>. EDN AUDPBE.

10. Chekmarev P. A., Fomin V. N., Turnin S. L. [Influence of variety and fertilizers on the yield of corn when cultivating for grain]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2017; 31. 9: 22-24. EDN ZQPYBN.

11. Ivanova O. M., Makarov M. R. [Efficiency of grain corn cultivation depending on various types of mineral fertilizers]. *Sakharnaya svekla*. 2022; 7: 28-30. <https://doi.org/10.25802/6266.2022.18.51.007>. EDN KOSTRR.

12. Belyaev A. I., Pavlenko V. N., Petrov N. Yu. [The influence of mineral fertilizers on the formation of corn grain on chestnut soils of the Volgograd region]. *Tyeoreticheskiye i prikladnyye problemy agropromyshlennogo kompleksa*. 2023; 1 (55): 8-12. <https://doi.org/10.32935/2221-7312-2023-55-1-8-12>. EDN XKJSXM.

13. Leonov F. N., Zimina M. V. [Efficiency of using the complex fertilizer InterMag Titan for foliar feeding of winter rape and grain corn]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2022; 3: 97-100. EDN FWMTAA.

14. Ivashenko I. N., Bagrintseva V. N. [Evaluation of the effectiveness of foliar feeding with nitrogen-containing fertilizers on corn]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 3: 40-54. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-3-40-54>. EDN QBHTOO.

15. Semina S. A., Kukharev O. N., Gavryushina I. V. [The effect of foliar feeding on the formation of yield and quality of corn]. *Niva Povolzh'ya*. 2023; 3 (67): 1006. <https://doi.org/10.36461/NP.2023.67.3.007>. EDN XXIENK.

16. Kagermazov A. M., Khachidogov A. V. [Foliar feeding of corn crops as one of the agronomic techniques for increasing grain yield]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye*. 2024; 1(73): 89-98. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-01-09>. EDN GKRHDI.

17. Minakova O. A. [Efficiency of application of liquid organo-mineral fertilizers of chelate type Batr in sugar beet crops in forest-steppe conditions of the Central Black Earth Region]. *Sakharnaya svekla*. 2024; 4: 23-27. <https://doi.org/10.25802/SB.2024.60.42.004>. EDN RGFSEH.

18. Bagrintseva V. N., Ivashenko I. N., Karimov G. Yu. [Efficiency of application of fertilizers Batr 40 Nitrogen and Batr Max on corn]. *Kukuruza i sorgo* 2019; 2: 9-13. <https://doi.org/10.25715/KS.2019.2.31828>. EDN XPYPSN.

19. Ivashenko I. N., Bagrintseva V. N. [Evaluation of the efficiency of foliar feeding with nitrogen-containing fertilizers on corn]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 3: 40-54. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-3-40-54>. EDN QBHTOO.

20. Mikhailova M. Yu. [The role of zinc for the growth and development of corn]. *Biologicheskaya zashchita rasteniy s ispol'zovaniyem genomnykh tekhnologiy: Sbornik nauchnykh trudov po materialam I Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kazan', 26–27 oktyabrya 2022 goda. Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet*. 2022. 215-221. EDN UAMRZD.

21. Bagrintseva V. N., Ivashenko I. N., Sotchenko D. Yu. [The effect of foliar feeding with Batr Zinc micro-fertilizer on corn yield and forage quality of grain]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2023; 106. 3: 213-224. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-213>. EDN MDBLHC.

22. Bagrintseva V. N., Ivashenko I. N. [Effect of foliar feeding of plants with Batr Zinc fertilizer on the formation of corn yield in the Stavropol Territory]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2022; 6: 19-21. <https://doi.org/10.31857/S2500262722060047>. EDN MJGURL.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Ziganshin Andrey Alekseevich - graduate student, e-mail: ziganshinandrei@mail.ru

Safin Radik Ilyasovich - Doctor of Agricultural Sciences, head of the department, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГЕНОТИПОВ *LINUM USITATISSIMUM* L. ПО ФЕНОТИПИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ И СТАБИЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ПОДТАЕЖНОЙ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**К. П. Королев**

Реферат. Представлены результаты тестирования 12 гибридных комбинаций льна-долгунца F3-F5, полученных на основе межсортовых скрещиваний четырех исходных родительских форм (Ярок, Грант, Alizee, Betertelsdorf 6884/60) по комплексу морфо-биологических показателей с учетом их экологической стабильности. Полевое изучение выполняли на Биологической станции Тюменского государственного университета «Озеро Кучак» (Нижнетавдинский р-н, Тюменская область, 57°21' с. ш., 66°04' в. д.). Выявлены достоверные различия ($p < 0,05$; $p < 0,01$) между ними по всем изученным признакам. В общей фенотипической изменчивости изученных признаков определено максимальное влияние генотип-средовых взаимодействий (48,5%). Установлена группа стабильных ($bi=1,0$, $S2di=0$, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G8, G9), высоко ($bi < 1,0$, $S2di=0$) и слабо отзывчивых ($bi > 1,0$, $S2di=0$) гибридов. С использованием индекса (SI) определены наиболее устойчивые из них в двух группах ($SI=61,0-80,0\%$ и $81,0-100,0\%$). По индексу стабильности (I) определены ценные генотипы льна-долгунца по высоте растений (G1, G2), числу коробочек (G1, G2, G10), числу семян в 1 коробочке (G1, G8), периоду вегетации (G1, G2, G8). С помощью рангового критерия Канга (RS) выявлены две группы по стабильности признаков, из которых первая имеет наибольшее значение по высоте растений (G1, G3, G5), длине соцветия (G1), числу коробочек (G1, G6, G10, G11), числу семян в 1 коробочке (G8), содержанию волокна (G1, G3, G5, G12), периоду вегетации (G4). Отобраны гибридные комбинации (G1, G2, G3, G5, G6, G7, G11), представляющие наибольший практический интерес для селекционного процесса.

Ключевые слова: лен-долгунец, гибриды, факторы среды, дисперсионный анализ, индекс стабильности.

Для цитирования: Королев К.П. Комплексная оценка генотипов *Linum usitatissimum* L. по фенотипическим признакам и стабильности в условиях подтаежной агроэкологической зоны Тюменской области // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. №3(11). С. 34-40

Введение. Лен (*Linum usitatissimum* L.) является самоопылителем, относится к семейству льновых. Одно из немногих культурных растений двухстороннего использования (на волокно и масло). Растения волокнистого морфо типа имеют большую высоту растений, с меньшим количеством ветвей, прочную соломину, по сравнению с масличными для которых характерны более низкие растения, разветвленные, с высокой урожайностью семян, содержанием масла и несколько иным биохимическим составом [1, 2, 3]. Достаточно разнообразное использование льна в текстильной, пищевой, лакокрасочной промышленности. Материалы, имеющие смешовой компонентный состав, на основе льна, могут применяться при изоляции, фильтров, геотекстиля при защите почв от различных типов эрозионных процессов, ландшафтном строительстве [4, 5, 6].

Лен является древнейшим растением, о находках его волокна, возрастом около 30 тысяч лет, известно на территории Грузии (Верхнепалеолитические слои пещеры Дзудзуана) [7]. Лен-долгунец широко выращивается на территории Западной Европы, Канады, США, Китая, Индии [8, 9, 10].

Наличие ценного разнообразного исходного материала является важным аспектом для дальнейшей успешной работы [11, 12, 13]. Использование современных методов и подходов в селекции льна-долгунца позволило получить ряд новых сортов, характеризующихся скороспелостью, содержанием волокна свыше

30,0%, толерантных к полеганию. Ценными являются генотипы с комплексной устойчивостью к фитопатогенам, например, селекции ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур (г. Тверь) – Цезарь, Визит, Сурский, Надежда, с повышенной массой семени – Дипломат [14, 15, 16]. Актуальным является наличие сортов с маркерными признаками, в данном направлении следует отметить достижения селекции ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет» (г. Киров) – Снежок желтосемянный, Белочка, Весничка, Снегурочка, Лазоревка. Для контрастных условий вегетационного периода Западной Сибири селекционерами СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН (г. Томск) были получены новые сорта льна-долгунца Томич, Томич-2, Томич-3.

Дальнейшее развитие селекции льна-долгунца может быть связано с созданием сортов с новыми или улучшенными хозяйственно ценными признаками (например, мощное развитие корневой системы, тонкостенных) [14]. Для повышения эффективности работ, наряду с традиционными методами оценки и отбора на ранних этапах селекции, необходимо более широкое использование достижений современной биотехнологии, молекулярно-генетических методов (агробактериальная трансформация), белковых, ДНК-маркеров при получении сортов льна.

В связи с наблюдаемыми климатическими изменениями в период вегетации растений,

создаваемые генотипы должны обладать не только высоким уровнем биологической продуктивности, показателями качества, устойчивости к полеганию, фитопатогенам, но и стабильностью к факторам окружающей среды. Для этого следует проводить их более широкое экологическое испытание в различных зонах, с дальнейшим использованием современных статистических методов и последующей интерпретацией полученных результатов.

С целью диагностики генотип-средового взаимодействия используют различные подходы. Известно о такой оценке генотипов пшеницы [16], нута [17], хлопчатника [18], маша [19], при этом важно определить те сорта льна, которые характеризуются продуктивностью, экологической стабильностью в различных условиях выращивания [20, 21].

Взаимодействие генотипа и среды оказывает влияние на связь фенотипического проявления признаков с его генетической основой, что не позволяет в полной степени отобрать наиболее ценные генотипы, особенно по диагностическим критериям крайне уязвимым к проявлению экологических факторов различной силы [22, 23]. Как указывает А. Yaghotiroog [24] для снижения негативного эффекта $G \times E$, необходимо проводить селекционный отбор стабильных генотипов при наибольшем разнообразии средового фактора.

В Тюменской области, характеризующейся различными агроэкологическими условиями, необходим подбор наиболее стабильных генотипов с высоким уровнем хозяйственно-ценных признаков, при этом информации о реакции межсортовых гибридных популяций льна-долгунца достаточно не представлено, что и вызвало необходимость проведения данного этапа работы.

Цель исследования – фенотипическая вариабельность основных хозяйственно-ценных признаков льна-долгунца и выделение наиболее стабильных из них в условиях Тюменской области.

Условия, материалы и методы. В качестве объекта исследования использованы гибридные популяции льна-долгунца (F_3 - F_5)

со следующей кодировкой: G1 (♀Ярок х ♂Грант), G2 (♀Ярок х ♂Alizee), G3 (♀Ярок х ♂Betertelsdorf 6884/60), G4 (♀Alizee х ♂Грант), G5 (♀Alizee х ♂Ярок), G6 (♀Alizee х ♂Betertelsdorf 6884/60), G7 (♀Грант х ♂Ярок), G8 (♀Грант х ♂Alizee), G9 (♀Грант х ♂Betertelsdorf 6884/60), G10 (♀Betertelsdorf 6884/60 х ♂Ярок), G11 (♀Betertelsdorf 6884/60 х ♂Ярок), G12 (♀Betertelsdorf 6884/60 х ♂Ярок). Получение и дальнейшее изучение гибридных популяций льна выполняли в период 2018-2023 года на территории Биологической станции Тюменского государственного университета «Озеро Кучак» в Нижнетавдинском районе Тюменской области. Почва участка – дерново-подзолистая, супесчаная, с содержанием гумуса 3,6%, фосфора – 433,3 мг/кг почвы, калия – 234,0 мг/кг почвы. Закладку полевых экспериментов, учеты и наблюдения осуществляли согласно Методических указаний [25].

Метеорологические условия в период исследований отличались от среднемноголетних показателей, как по температуре, так и количеству выпавших осадков. Согласно гидротермическому коэффициенту (по Селянинову), наблюдались как слабо засушливые ($ГТК=1,2$), так и влажные ($ГТК=1,6$) периоды в течение вегетации. Статистическую обработку данных выполняли с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) по Б. А. Доспехову [26] в программе Statistica 6.0 (Statsoft Inc., США). Распределение образцов по стабильности осуществляли с использованием рангового критерия Канта (RS) [27]. Достоверность различий – на основании t-критерия Стьюдента. Отзывчивость генотипов устанавливали по методу S.A. Eberhart и W.A. Russel [28], рассчитывали индексы: отбора генотипа (GSI) по [29] и индекса устойчивости (SI) по [30].

Результаты и обсуждение. По результатам выполненного дисперсионного анализа (ANOVA) была доказана значимость ($p<0,05$, $p<0,01$) генотипических особенностей (А), средовых условий (Б) и их взаимодействий ($A \times B$) по изученным показателям (табл. 1). В связи с тем, достоверность фактора генотип-среда была статистически доказана, дальше можем переходить к оценке гибридных комбинаций по экологической стабильности.

Таблица 1 – Результаты дисперсионного анализа гибридных комбинаций льна-долгунца F_3 - F_5 по шести оценочным показателям, 2020-2022 годы

Источник вариации	df	mS					
		А	Б	В	Г	Д	Е
Генотип (фактор А)	11	103,82**	64,15**	35,11**	94,59**	175,26**	52,28**
Среда (фактор Б)	2	97,85*	152,32**	102,54**	28,41*	82,91*	19,32*
Взаимодействие генотип-среда (фактор $A \times B$)	20	117,24**	101,89**	142,81**	88,15**	115,63**	77,91**
Случайное (В)	15	19,42	48,25	16,30	10,22	26,66	11,04

Примечание: df – число степеней свободы, mS – средний квадрат. Различия между генотипами достоверны: $p<0,05$ *; $p<0,01$ **. Высота растений (А), длина соцветия (Б), число коробочек (В), число семян в 1 коробочке (Г), содержание волокна (Д), период вегетации (Е).

Установлено, что в общей фенотипической изменчивости изученных критериев вклад генотипических особенностей составлял от 19,9% до 40,0%, средовых факторов от 16,9% до 47,3%, генотип-средовых условий от 17,7% до 48,5%. Влияние генотипа было максимальным (40,0%) для признака «размер коробочки». Средовые условия на 45,8-47,3% обуславливали признаки «высота растений», «число коробочек на 1 растении». На 42,2-48,5% признаки «длина соцветия», «число семян в 1 коробочке», «растрескиваемость коробочки» зависели от взаимодействия генотипа со средой.

Полученные гибридные комбинации льна-долгунца характеризовались вариабельностью изученных показателей. Наибольшей высотой растений они характеризовались в условиях 2021 года ($103,4 \pm 0,45^*$ см), при минимуме в 2020 году ($87,5 \pm 1,34^{**}$ см). По длине соцветия более оптимальные условия сформировались в 2021 году ($8,1 \pm 0,56^*$) и 2022 году ($6,3 \pm 0,56^*$), по числу коробочек – 2022 год ($5,3 \pm 0,06^*$ шт.), числу семян в 1 коробочке – 2020 год ($7,8 \pm 0,11^{**}$ шт.), периоду вегетации – 2020 год ($73,4 \pm 1,02$), содержанию

волокна – 2021 год ($36,4\% \pm 1,56$). Максимальное количество отобранных высокорослых генотипов, имеющие достоверные различия приходилось на 2020 год (36,6%), по длине соцветия – 2021 год (21,4%), числу коробочек – (11,1%), числу семян в 1 коробочке – 2020 год (8,1%), содержанию волокна – 2021 год (64,8%). С коротким периодом вегетации – 62,1% в 2020 году.

Проводили экологическую оценку гибридных популяций льна с использованием различных методических подходов. Согласно S.A. Eberhart, W.A. Russel [28] определены различные группы генотипов по отзывчивости (табл. 2). К высоко отзывчивым ($b_i < 1$, $S^2d_i=0$) было отнесено от 16,6% (период вегетации) до 66,6% (высота растений). В группе стабильных отмечены 8,3% (высота растений) – 16,6% (длина соцветия, число коробочек, число семян в 1 коробочке, содержание волокна, период вегетации). Слабой отзывчивостью ($b_i > 1$, $S^2d_i=0$) характеризовалось 25,0% (высота растений) – (длина соцветия, число семян в 1 коробочке, содержание волокна, период вегетации).

Таблица 2 – Группировка генотипов льна-долгунца F3- F5 по отношению к экологическому фактору, метод S.A. Eberhart, W.A. Russel, 2020-2022 года

Группа	Показатели					
	А	Б	В	Г	Д	Е
Высоко отзывчивые $b_i < 1$, $S^2d_i=0$ ($n=2-8$)	G1, G3, G4, G5, G6, G7, G9, G12	G1, G3, G6, G11, G12	G1, G2, G3, G4, G7, G10, G11	G2, G3, G4	G1, G5, G6, G12	G1, G10
Стабильные $b_i=1,0$, $S^2d_i=0$ ($n=1-2$)	G2	G4, G5	G1, G2	G5, G6	G8, G9,	G3, G5
Слабоотзывчивые $b_i > 1$, $S^2d_i=0$ ($n=3-6$)	G8, G10, G11	G2, G7, G8, G9, G10, G12	G5, G6, G8, G9, G12	G7, G8, G9, G10, G11, G12	G1, G2, G3, G4, G10, G11	G6, G7, G8, G9, G11, G12

Примечание: высота растений (А), длина соцветия (Б), число коробочек (В), число семян в 1 коробочке (Г), содержание волокна (Д), период вегетации (Е). Генотипы: G1 (♀Ярок х ♂Грант), G2 (♀Ярок х ♂Alizee), G3 (♀Ярок х ♂Betertelsdorf 6884/60), G4 (♀Alizee х ♂Грант), G5 (♀Alizee х ♂Ярок), G6 (♀Alizee х ♂Betertelsdorf 6884/60), G7 (♀Грант х ♂Ярок), G8 (♀Грант х ♂Alizee), G9 (♀Грант х ♂Betertelsdorf 6884/60), G10 (♀Betertelsdorf 6884/60 х ♂Ярок), G11 (♀Betertelsdorf 6884/60 х ♂Ярок), G12 (♀Betertelsdorf 6884/60 х ♂Ярок).

Сочетанием высокорослости ($92,3 \pm 0,61 - 106,8 \pm 1,05$ см) и высокой отзывчивостью ($b_i > 1$, $S^2d_i=0$) характеризовались G6, G9; длиной соцветия ($6,6 \pm 0,88 - 7,8 \pm 0,13$ см) – G3, G11, числом коробочек ($4,8 \pm 0,10 - 6,7 \pm 0,33$ шт.) – G1, G3, G9; числом семян в 1 коробочке ($8,4 \pm 0,14 - 10,0 \pm 0,23$ шт.) – G5, G6, содержанием волокна – G1, G5. В группе стабильных можно отметить G2 (высота растений) и G1 (число коробочек).

Гибридные комбинации оценивали с использованием индекса устойчивости (SI) (табл. 3). К генотипам с очень низкой степенью устойчивости отнесено 8,3-16,6%, с низкой – 8,3-25,0%, самой обширной была

группа со средней устойчивостью – 33,3-58,3%. Группа устойчивых и очень устойчивых была немногочисленной.

Сочетающим высокую устойчивость (64,31-72,15%) и высоту растений отмечены – G2, длину соцветия (68,9-70,0%) – G5, G9, число коробочек на 1 растении (72,2-78,9%) – G9, число семян в 1 коробочке (61,0-70,0%) – G6, G11. Очень высокой устойчивостью (81,0-85,5%) характеризовались комбинации G2, G3, G5 по высоте растений и числу коробочек.

Гибридные комбинации льна-долгунца оценивали по индексу стабильности [1]. По высоте растений в группу стабильных вошли

АГРОНОМИЯ

G1, G3; по длине соцветия – G1, G5; по числу семян в 1 коробочке – G1, G2; по числу коробочек на 1 растение – G2, G5, содержанию волокна – G1, периоду вегетации – G1, G2, остальные были отнесены к нестабильным.

Отобраны генотипы, сочетающие стабильность и высокорослость (G1, G2), большее число коробочек (G1, G2, G10) и число семян в них (G1, G8), меньший период вегетации (G1, G2, G8).

Таблица 3 – Группировка генотипов льна-долгунца F₃- F₅ по индексу устойчивости (SI), 2020-2022 года

Признак	Очень низкая <20,0%	Низкая 21,0-40,0%	Средняя 41,0-60,0%	Высокая 61,0-80,0%	Очень высокая 81,0-100,0%
Высота растений (n=1-6)	G2	G3	G1, G5, G6, G7, G11,	G4, G8, G9, G10	G2
Длина соцветия (n=1-5)	G1	G4, G6	G7, G8, G10, G11,	G5, G9	G3
Число коробочек (n=1-4)	G2, G7	G1, G10	G3, G4, G9, G12	G6, G8, G11	G5
Число семян в 1 коробочке	G5	G4, G8	G3, G6 G7, G8, G10,	G1, G2, G11 G9	-
Содержание во- локна	G5	G8, G11	G1, G2, G3, G7, G9, G10	G4, G6 G12	-
Период вегета- ции (n=1-7)	G12	G5, G6	G2, G3, G4, G7, G8, G9,	G1, G10, G12	-

Примечание: Генотипы: G1 (♀Ярок x ♂Грант), G2 (♀Ярок x ♂Alizee), G3 (♀ Ярок x ♂ Betertelsdorf 6884/60), G4 (♀ Alizee x ♂Грант), G5 (♀ Alizee x ♂Ярок), G6 (♀ Alizee x ♂ Betertelsdorf 6884/60), G7 (♀ Грант x ♂Ярок), G8 (♀ Грант x ♂ Alizee), G9 (♀ Грант x ♂ Betertelsdorf 6884/60), G10 (♀ Betertelsdorf 6884/60 x ♂ Ярок), G11 (♀ Betertelsdorf 6884/60 x ♂ Ярок), G12 (♀ Betertelsdorf 6884/60 x ♂ Ярок).

С учетом индекса стабильности (I) они были распределены с использованием рангового критерия Канга (RS). По результатам скрининга были выделены две группы по данному критерию (табл. 4). Преобладающее количество стабильных комбинаций отмечено по признакам высота растений (3,0 шт., 25,0%), число коробочек и

содержание волокна (4,0 шт., 33,3%), со значением показателя ранговой суммы (RS= 9,12,-13,0; 8,9-11,6; 10,1-13,8) соответственно. К комбинациям, имеющим дальнейшее селекционного значение можно рекомендовать G1 (высота растений + длина соцветия + содержание волокна), G3 и G5 (высота растений + содержание волокна).

Таблица 4 – Группировка гибридных комбинаций F₃- F₅ по ранговой сумме Канга (RS), 2020-2022 года

Группа	Показатели					
	А	Б	В	Г	Д	Е
Стабильные (n=1-4)	G1, G3, G5	G1	G1, G6, G10, G11	G8	G1, G3, G5, G12	G4
Нестабильные (n=7-11)	G2, G4, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12	G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12	G2, G3, G4, G5, G7, G8, G9, G12	G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G9, G10, G11, G12	G4, G6, G7, G8 G9, G10, G11	G1, G2, G3, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12

Примечание: высота растений (А), длина соцветия (Б), число коробочек (В), число семян в 1 коробочке (Г), содержание волокна (Д), период вегетации (Е). Генотипы: G1 (♀Ярок x ♂Грант), G2 (♀Ярок x ♂Alizee), G3 (♀ Ярок x ♂ Betertelsdorf 6884/60), G4 (♀ Alizee x ♂Грант), G5 (♀ Alizee x ♂Ярок), G6 (♀ Alizee x ♂ Betertelsdorf 6884/60), G7 (♀ Грант x ♂Ярок), G8 (♀ Грант x ♂ Alizee), G9 (♀ Грант x ♂ Betertelsdorf 6884/60), G10 (♀ Betertelsdorf 6884/60 x ♂ Ярок), G11 (♀ Betertelsdorf 6884/60 x ♂ Ярок), G12 (♀ Betertelsdorf 6884/60 x ♂ Ярок).

Для выявления взаимосвязей данного набора признаков проводили корреляционный анализ. Сопряженностью средней силы ($r = -0,527-0,644$, $p < 0,05$) характеризовались признаки высота растений, длина соцветия, варiances стабильности. Показатели длины соцветия, числа семян в 1 коробочке, содержания волокна имели связь с коэффициентом регрессии ($r = -0,565-0,599$, $p < 0,05$). Индекс устойчивости обуславливал формирование периода вегетации ($r = -0,543$). Установлены слабые прямые и обратные связи между вариансой стабильности и индексом устойчивости ($r = 0,335$), высотой растений и коэффициентом регрессии ($r = -0,444$).

Выводы. В результате проведенных исследований между гибридными комбинациями льна-долгунца выявлены достоверные различия ($p < 0,05$, $p < 0,01$) по набору фенотипических признаков. Установлен вклад генотипа

(31,2%), средовых условий (34,6%) в степень проявления показателей. Определяющую роль генотип-средового взаимодействия определили на высоту растений (46,5%), число коробочек (48,5%), число семян на 1 растении, содержание волокна (41,5%).

Отобраны группы стабильных генотипов по высоте растений (6 шт.), длине соцветий (6 шт.), числу коробочек (6 шт.), числу семян в 1 коробочке (6 шт.), содержанию волокна (6 шт.), периоду вегетации (6 шт.).

На основании комплексного тестинга с использованием нескольких методических подходов, выявлен ряд гибридных комбинаций, проявивших как стабильность, так и высокий уровень отдельных признаков, к которым можно отнести G1, G2, G3, G5, G6, G7, G11, имеющие дальнейшую селекционную значимость.

Литература

1. Мировой генофонд льна-долгунца ВИР и селекция устойчивых к ржавчине сортов / С. Н. Кутузова, Е. А. Пороховинова, Н. Б. Брач [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181(2). С.57-64. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-2-57-64>.
2. Пороховинова Е. А. Генетический контроль восстановления фертильности пыльца у линий льна (*Linum usitatissimum* L.) с цитоплазматической мужской стерильностью // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. № 178(1). С. 68-81. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-1-68-81>
3. Углеводный состав слизи из семян льна и его связь с морфологическими признаками / Е. А. Пороховинова, А. В. Павлов, Н. Б. Брач [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2017. № 52(1). С. 161-171. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.161rus>
4. Effect of photoperiod on *Linum usitatissimum* L. characters / N.B. Brach, I. Matvienko, E. Porokhovinova, et al. // Journal of Natural Fibers. 2020. Vol. 17(9). p. 1345-1354. <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1568345>
5. Genetic structure of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L.) based on retrotransposon-based markers / Habibollahi H, Noormohammadi Z, Sheidai M, Farahani F. // Genetika. 2015. Vol. 47(3). pp. 1111-1122. <https://doi.org/10.2298/GENSRI1503111H>
6. Крылов В. С. Значение льноводства для развития экономики Нечерноземной зоны России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2017. №6. С. 26-31. EDN YTXSOB
7. 30,000-year-old wild flax fiber / E. Kvavadze, O. Bar-Yosef, A. Belfer-Cohen, et. al. // Science. 2009. Vol. 325(1). p. 35. [cited 2023, December 22]. Available from: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1175404>
8. Comparison between Tencel-Flax Blended Slub Yarn and Cotton-Flax Blended Slub Yarn / M.N. Islam, L.L. Rahman, Md. I. Hosen, et. al. // Journal of Textile Science and Technology. 2022. Vol. 8. pp. 221-230. <https://doi.org/10.4236/jtst.2022.84016>
9. Flax: Ancient to modern food / Qamar Huma, Ilyas Muhammad, Shabbir Ghulam, et. al. // Pure and Applied Biology. 2019. Vol. 8. pp. 2269-2276. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2019.80173>
10. Genetic diversity analysis of a flax (*Linum usitatissimum* L.) global collection / A. Hoque, J.D Fiedler, M Rahman // BMC Genomics. 2020. Vol. 21. pp. 557. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-06922-2>
11. Внутривидовое разнообразие льна культурного (*Linum usitatissimum* L.) и его роль в решении проблемы создания отечественной сырьевой базы / Т. А. Рожмина, А. И. Рыжов, И. А. Куземкин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 12. С. 17-20. EDN YMEMUF
12. Колотов А. П. Качество основной продукции льна масличного в условиях Среднего Урала // Пермский аграрный вестник. 2017. № 2 (18). С. 23-28. EDN YSTTBN
13. Попова Г. А., Рогальская Н. Б., Трофимова В. М. Мировые генетические ресурсы льна коллекции ВИР в создании сортов Томской селекции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. №4. С. 34-47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-4>
14. Понажев В. П., Виноградова Е. Г. Развитие селекции и семеноводства льна-долгунца – важнейший ресурс повышения эффективности льноводства России // Технические культуры. 2022. № 1 (3). С.30-39. <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2022.71.55.004>
15. Рожмина Т. А., Пролётова Н. В., Ущаповский И. В. Изучение контроля устойчивости к фузариозному увяданию (*Fusarium oxysporum* f. lini) на начальных этапах селекционного процесса льна-долгунца // Кормопроизводство. 2022. №9. С.22-26. <https://doi.org/10.25685/KPM.2022.67.17.002>
16. Multi-environment evaluation of winter bread wheat genotypes under rainfed conditions of Iran-using AMMI model / S. Golkari, R. Haghparsat, E. Roohi, et. al. // Crop Breeding Journal. 2016. Vol. 4-6 (1-2). pp. 17-31. [cited 2022, December 14]. Available from: <https://europepmc.org/article/pmc/5853414>.
17. Genotype and environment effects on sensory, nutritional and physical properties of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) // M.J. Kobos, I. Izquierdo, S. Massachusetts, et.al. // Spanish Journal of Agricultural Research. 2016. Vol. 14. p. e0709. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016144-871>
18. Stability studies of new cotton genotypes to determine the yield of cotton seeds sown in various places of Syn-daprovine / Ahmed Tycho Zahir, Abror Seifullah, Rizwan Muhammad, et. al. // Pure and Applied Biology. 2023. Vol. 12. pp. 1144-1149. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2023.120117>
19. Morphological diversity and characterization of mash (*Vigna radiata* L. Wilczek) genotypes using identity, uniformity and stability descriptors / D.P. Joshi, L.D. Parmar, R. Kumar // Biological Forum-International Journal. 2022. Vol.

- 14(2). pp. 1102-1110. <https://doi.org/10.47413/vidya.v2i2.261>
20. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food / A. Goyal, V. Sharma, N. Upadhyay, et. al. // Journal Food Science Technology. 2014. Vol. 51(9). pp. 1633-1653. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
21. Flaxseed – a potential functional food source / P. Kajla, A. Sharma, DR. Sood. et.al. // J Food Sci Technol. 2015. Vol. 52(4). pp. 1857-1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>
22. Recent advances in utilization of flaxseed as potential source for value addition / P. Kaur, R. Waghmare, V. Kumar, et.al. // Oilseeds Fats Crops Lipids. 2018. Vol. 25(3). p. A304. <https://doi.org/10.1051/ocl/2018018>
23. Genetic diversity and genome size variability in *Linum austriacum* (Lineaceae) populations / M. Sheidai, F. Afshar, M. Keshavarzi, et.al. // Biochem Systems Ecology. 2014. Vol. 57. pp. 20-26. <https://doi.org/10.1016/J.BSE.2014.07.014>
24. Nonparametric estimation and component analysis of phenotypic stability of chickpea (*Cicer arietinum* L.) / A. Yaghotipour, E. Farshadfar // Pakistan Journal of Biological Science. 2007. Vol. 10. pp. 26462-652. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.2646.2652>
25. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.); под общ ред. В. З. Богдана / Устье: РНДП «Ин-т льна». 2011. 12 с.
26. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М: Альянс, 2014. 351 с.
27. A rank-sum method for selecting high yielding, stable corn genotypes / Kang M.S. // Cereal Research Communication. 1988. Vol. 16. pp. 113-115. [cited 2022, December 21]. Available from: <https://www.jstor.org/stable/23782771>
28. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russel // Crop Science. 1966. Vol. 6. pp. 36-40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011>
29. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments / R. Mohammadi, A. Amri // Euphytica. 2008. Vol. 159. pp. 419-432. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9600-6>
30. Stability analysis of sunflower hybrids through non-parametric model / M., Rao, RG. Lakshmikantha, RS. Kul-karni, et. al. // Helia. 2004. Vol. 27. p. 59-66. <https://doi.org/10.2298/HEL0441059R>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторе:

Королёв Константин Петрович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: korolevkonstantin799@gmail.com
Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF *LINUM USITATISSIMUM* L. GENOTYPES BY PHENOTYPIC CHARACTERISTICS AND STABILITY IN THE CONDITIONS OF THE SUBTAIGA AGROECOLOGICAL ZONE OF THE TYUMEN REGION K. P. Korolev

Abstract. The article presents the results of testing 12 hybrid combinations of fiber flax F3-F5 obtained based on interparental crossings of four initial parental forms (Yarok, Grant, Alizee, Betertelsdorf 6884/60) for a set of morpho-biological parameters considering their ecological stability. Field research was carried out at the Biological Station of Tyumen State University "Lake Kuchak" (Nizhnetavdinsky District, Tyumen Region, 57°21' N, 66° 04' E). Reliable differences ($p < 0.05$; $p < 0.01$) between them for all the studied traits were revealed. In the total phenotypic variability of the studied traits, the maximum influence of genotype-environment interactions (48.5%) was determined. A group of stable ($bi=1.0$, $S2di=0$, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G8, G9), highly ($bi < 1.0$, $S2di=0$) and weakly responsive ($bi > 1.0$, $S2di=0$) hybrids was determined. Using the index (SI), the most stable of them in two groups were determined ($SI=61.0-80.0\%$ and $81.0-100.0\%$). According to the stability index (I), valuable flax genotypes were identified by plant height (G1, G2), number of capsules (G1, G2, G10), number of seeds in 1 capsule (G1, G8), and vegetation period (G1, G2, G8). Using the Kang rank criterion (RS), two groups by stability were identified, of which the first has the highest value for plant height (G1, G3, G5), inflorescence length (G1), number of capsules (G1, G6, G10, G11), number of seeds in 1 capsule (G8), fiber content (G1, G3, G5, G12), and vegetation period (G4). Hybrid combinations (G1, G2, G3, G5, G6, G7, G11) were selected, which are of the greatest practical interest for the selection process.

Key words: flax, hybrids, environmental factors, analysis of variance, stability index

For citation: Korolev K.P., Comprehensive assessment of *Linum usitatissimum* L. genotypes by phenotypic characteristics and stability in the conditions of the subtaiga agroecological zone of the Tyumen region. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2024; 3(11): 34-40

References

1. Kutuzova S. N., Porokhovinova E. A., Brach N. B. [World gene pool of flax VIR and selection of rust-resistant varieties]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selekcii*. 2020; 181 (2): 57-64. doi: <http://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-2-57-64>.
2. Porokhovinova E. A. [Genetic control of pollen fertility restoration in flax (*Linum usitatissimum* L.) lines with cytoplasmic male sterility]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selekcii*. 2017; 178 (1): 68-81. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-1-68-81> conditions of the Ancestral region of the Republic of Tatarstan]. *Agrobiotekhnologii i cifrovoe zemledelie*. 2022; 3(3): 12-19. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2022-12-19>.
3. Porokhovinova E. A., Pavlov A. V., Brach N. B. [Carbohydrate composition of flax seed mucus and its relationship with morphological features]. *Sel'skhozajstvennaja biologija*. 2017; 52(1): 161-171. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.161rus>
4. Brach N. B., Matvienko I., Porokhovinova E. Effect of photoperiod on *Linum usitaissimum* L. characters. *Journal of Natural Fibers*. 2020; 17(9): 1345-1354. <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1568345>
5. Habibollahi H, Noormohammadi Z, Sheidai M. Genetic structure of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L.) based on retrotransposon-based markers. *Genetika*. 2015; 47(3): 1111-1122. <https://doi.org/10.2298/GENSRI503111>

6. Krylov V. S. [The importance of flax growing for the development of the economy of the Non-Black Earth Zone of Russia]. *Jekonomika sel'skhozajstvennyh i pererabatyvajushhih predpriyatij*. 2017; 6: P. 26-31. EDN YTXSOB
7. Kvavadze E., Bar-Yosef O., Belfer-Cohen A. 30,000-year-old wild flax fiber // *Science*. 2009; 325(1): 35. [cited 2023, December 22]. Available from: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1175404>
8. Islam M.N., Rahman L.L., Hosen Md. I. Comparison between Tencel-Flax Blended Slub Yarn and Cotton-Flax Blended Slub Yarn. *Journal of Textile Science and Technology*. 2022; 8: 221-230. <https://doi.org/10.4236/jtst.2022.84016>
9. Huma Qamar, Muhammad Ilyas, Ghulam Shabbir. Flax: Ancient to modern food. *Pure and Applied Biology*. 2019; 8: 2269-2276. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2019.80173>
10. Hoque A., Fiedler J.D., Rahman M. Genetic diversity analysis of a flax (*Linum usitatissimum* L.) global collection. *BMC Genomics*. 2020; 21: 557. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-06922-2>
11. Rozhmina T. A., Ryzhov A. I., Kuzemkin I. A. [Intraspecific diversity of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L.) and its role in solving the problem of creating a domestic raw material base]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2017; 31. 12: 17-20. EDN YMEMUF
12. Kolotov A. P. [Quality of the main products of oil flax in the conditions of the Middle Urals]. *Permskiy agrarnyj vestnik*. 2017; 2 (18): 23-28. EDN YSTTBN
13. Popova G. A., Rogalskaya N. B., Trofimova V. M. [World genetic resources of flax from the VIR collection in the creation of varieties of Toms selection]. *Sibirskiy vestnik sel'skhozajstvennoj nauki*. 2023; 53: 34-47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-4>
14. Ponazhev V. P., Vinogradova E. G. [Development of selection and seed production of fiber flax is the most important resource for increasing the efficiency of flax growing in Russia]. *Tekhnicheskie kul'tury*. 2022; 1(3): 30-39. <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2022.71.55.004>
15. Rozhmina T. A., Proletova N. V., Ushchapovsky I. V. [Study of control of resistance to fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. lini) at the initial stages of the selection process of fiber flax]. *Kormoproizvodstvo*. 2022; 9: 22-26. <https://doi.org/10.25685/KPM.2022.67.17.002>
16. Golkari S., Haghparsat R., Roohi E. Multi-environment evaluation of winter bread wheat genotypes under rainfed conditions of Iran-using AMMI model. *Crop Breeding Journal*. 2016; 4-6 (1-2): 17-31. [cited 2022, December 14]. Available from: <https://europepmc.org/article/pmc/5853414>
17. Kobos MJ., Izquierdo I., Massachusetts S. Genotype and environmental effects on sensory, nutritional and physical properties of chickpeas (*Cicerius arietinum* L.). *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2016; 14: e0709. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016144-871>
18. Zahir Ahmed Tycho, Seifullah, Abror Muhammad Rizwan. Stability studies of new cotton genotypes to determine the yield of cotton seeds sown in various places of Syndaprovence. *Pure and Applied Biology*. 2023; 12:1144-1149. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2023.120117>
19. Joshi D. P., Parmar L. D., Kumar R. Morphological diversity and characterization of mash (*Vigna radiata* L. Wilczek) genotypes using identity, uniformity and stability descriptors. *Biological Forum-International Journal*. 2022; 14(2): 1102-1110. <https://doi.org/10.47413/vidya.v2i2.261>
20. Goyal A., Sharma V., Upadhyay N. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal Food Science Technology*. 2014; 51(9): 1633-1653. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
21. Kajla P., Sharma A., Sood DR. Flaxseed – a potential functional food source. *Journal Food Science Technology*. 2015; 52(4): 1857-1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>
22. Kaur P., Waghmare R., Kumar V. Recent advances in utilization of flaxseed as potential source for value addition. *Oilseeds Fats Crops Lipids*. 2018; 25(3): A304. <https://doi.org/10.1051/ocl/2018018>
23. Sheidai M., Afshar F., Keshavarzi M. Genetic diversity and genome size variability in *Linum austriacum* (Lineaceae) populations. *Biochem Systems Ecology*. 2014; 57: 20-26. <https://doi.org/10.1016/J.BSE.2014.07.014>
24. Yaghotipoor A., Farshadfar E. Nonparametric estimation and component analysis of phenotypic stability of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Biological Science*. 2007; 10: 26462-652. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.2646.2652>
25. Metodicheskie ukazaniya po izucheniju kollekcii l'na (*Linum usitatissimum* L.); [Methodical instructions for studying the flax collection (*Linum usitatissimum* L.)]. Ustye: RNDUP "Institute of Flax". 2011. 12.
26. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. M: AllianCe. 2014. 351.
27. Kang M. S. A rank-sum method for selecting high yielding, stable corn genotypes. *Cereal Research Communication*. 1988; 16: 113-115. [cited 2022, December 21]. Available from: <https://www.jstor.org/stable/23782771>
28. Eberhart S.A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966; 6: 36-40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011>
29. Mohammadi R., Amri A. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica*. 2008; 159: 419-432. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9600-6>
30. Rao M., Lakshmikantha R. G., Kulkarni R. S. Stability analysis of sunflower hybrids through non-parametric model. *Helia*. 2004; 27: 59-66. <https://doi.org/10.2298/HEL0441059R>

Conflict of interest

The author declares no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Author:

Korolev Konstantin Petrovich – Candidate of Agriculture Sciences, Associate Professor; e-mail: korolevkonstantin799@gmail.com.
Tyumen State University, Tyumen, Russia.

**АНАЛИЗ ПРОДУКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ПО ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ
ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ ООО «ОТБОР»
В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**
М. Ю. Михайлова

Реферат. Исследования проводили на серых лесных тяжелосуглинистых почвах Предкамья Республики Татарстан с целью выявления продуктивности и адаптированности гибридов ООО «Отбор» к местным условиям. Высеивали тринадцать разных по продолжительности вегетационного периода гибридов: ультраранние - Северина, Берта, Видора, Сахарная ранняя Лакомка 121; раннеспелые – Прохладненский-175, Агата, Родник-179, Родник-180, Прохладненский-185, Дарина; среднеранние – Родник-279, Диана и Сахарная Алина. Технология возделывания кукурузы была общепринятой для Республики Татарстан. Под предпосевную культивацию вносили фоновое удобрение $N_{16}P_{16}K_{16}$. Гибриды оценивали по реализации кормового и зернового потенциала в условиях Республики Татарстан. В годы исследований изучаемые гибриды проявили заложенные генетические свойства засухоустойчивости по отношению к стрессовым погодно-климатическим условиям. Наибольшую высоту растений в фазу молочной спелости имели гибриды Родник-180 (189,0 см), Северина (173,7 см), Агата (173,0 см). Наибольшая надземная масса отмечена у гибридов Родник-292 (63,88 т/га), Северина (58,25 т/га). Наибольший листовой аппарат сформировали в фазу молочной спелости гибриды: Диана (47,48 тыс. m^2 /га) и Родник-292 (47,42 тыс. m^2 /га), которые в условиях Республики Татарстан можно возделывать на кормовые цели для получения сочного зеленого корма. Наибольшая урожайность зерна получена у раннеспелого гибрида Дарина, имевшего наибольшие показатели массы початков (241,3 г), массы зерна с початка (187,5 г), масса 1000 зерен (391,5 г) В результате была сформирована урожайность, почти в два раза выше планируемой величины (192,6% или 9,63 т/га). Также высокая урожайность зерна была получена при выращивании ультраранних гибридов Северина (7,49 т/га) и Берта (7,35 т/га).

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, продуктивность, потенциал, зерно, биометрические показатели, урожайность.

Для цитирования: Михайлова М.Ю. Анализ продуктивности различных по продолжительности вегетационного периода гибридов кукурузы ООО «Отбор» в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. №3 (11). С. 41-46

Введение. Выбор сорта и гибрида в технологии возделывания сельскохозяйственных культур – ответственный этап. При правильном подборе сортов и гибридов обеспечивается до 40% получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур [1, 2, 3]. Продолжительность вегетационного периода гибридов несколько разнообразна, что можно подобрать разные гибриды, подходящие к конкретным почвенно-климатическим условиям для продления уборочной страды за счет разных по скороспелости гибридов [4, 5, 6]. Научно-обоснованный выбор исходных генотипов для получения гибрида позволяет существенно повысить потенциал урожайности. Новые достижения в селекции кукурузы позволяют значительно повысить продуктивность крупного рогатого скота [7]. Перед селекционером стоит задача сочетать в гибриде высокий потенциал урожайности, с высокими качественными показателями, а также повышенной стрессоустойчивостью [8, 9, 10]. Для стабилизации урожайности кукурузы в различных стрессовых погодно-климатических условиях засушливость гибридов облегчает их подбор [11, 12, 13]. Поэтому важно изучать продуктивность гибридов и их адаптированность к конкретным территориальным единицам со своими климатическими условиями и почвами [14, 15, 16].

А также ориентировать изучаемые приемы под общепринятые технологии возделывания кукурузы, характерные для региона проведения исследований [17, 18].

Цель исследований - изучение продуктивности и структуры урожайности новых гибридов кукурузы ООО «Отбор», включенных в Государственный Реестр по Средневолжскому региону, для возделывания в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан.

Условия, материалы и методы. Опыты закладывали в 2023 году. Год характеризовался как умеренно засушливый по метеорологическим показателям (табл. 1). Почва опытного участка типичная серая лесная тяжелосуглинистая. Содержание гумуса по Тюрину 3,8%, подвижного фосфора по Кирсанову более 250 мг/кг, обменного калия также по Кирсанову 145 мг/кг. Исследования по изучению 13 новых гибридов проводили по схеме однофакторного опыта:

- ультраранний гибрид кукурузы Северина (ФАО 140),
- ультраранний гибрид кукурузы Берта (ФАО 150),
- ультраранний гибрид кукурузы Видора (ФАО 150),

АГРОНОМИЯ

-раннеспелый гибрид кукурузы Прохладненский-175 (ФАО 170),
 - раннеспелый гибрид кукурузы Агата (ФАО 160),
 - раннеспелый гибрид кукурузы Родник-179 (ФАО 170),
 - раннеспелый гибрид кукурузы Родник-180 (ФАО 180),
 - раннеспелый гибрид кукурузы Прохладненский-185 (ФАО 180),

- раннеспелый гибрид кукурузы Дарина (ФАО 190),
 - среднеранний гибрид кукурузы Родник-292 (ФАО 290),
 - среднеспелый гибрид кукурузы Диана (ФАО 350),
 - ультраранний гибрид кукурузы Сахарная ранняя Лакомка121 (ФАО 140),
 - среднеспелый гибрид кукурузы Сахарная Алина (ФАО 300).

Таблица 1 - Метеоданные за вегетационный период 2023 года

Месяц, декада	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
	норма	факт.	в % к норме	норма	факт.	в % к норме
Май	14,00	16,00	114,29	38,00	46,79	123,13
Июнь	18,30	16,30	89,07	57,00	6,08	10,67
Июль	20,50	21,48	104,78	62,00	33,07	53,34
Август	18,00	20,15	119,44	55,00	20,44	37,16
Сентябрь	12,33	14,93	121,09	50,00	0,84	1,68

Технология возделывания кукурузы была общепринятой для Республики Татарстан.

Результаты и обсуждение. Для оценки отзывчивости гибридов к почвенно-климатическим условиям Республики Татарстан проводился учет основных показателей (табл. 2). Высота растений отражает линейное нарастание культуры в течение вегетации. Формирование надземной массы отражает потенциал использования гибрида на кормовые цели. Хорошо развитый листовой аппарат обеспечивает лучшее протекание фотосинтеза.

Наибольшая высота растений была получена у раннеспелых гибридов: Родник - 180–189,0 см, Северина - 173,7 см и Агата - 173,0 см. Наименьшая высота растений отмечена у пищевых гибридов Сахарная ранняя Лакомка 121–120,3 см (меньше максимального значения на 68,7 см) и Сахарная Алина 141,7 см (меньше максимального значения на 47,3 см). У остальных гибридов высота растений варьировала в пределах 149,7–171,7 см.

Таблица 2 – Высота растений, надземная масса и площадь листьев гибридов кукурузы в фазу молочной спелости

Гибриды	Высота растений, см	Надземная масса, т/га	Площадь листьев, тыс.м ² /га
Северина	173,7	58,25	40,33
Берта	171,7	48,75	39,50
Видора	155,3	46,13	38,84
Прохладненский-175	156,7	41,13	28,66
Агата	173,0	51,88	42,95
Родник-179	156,0	47,25	32,70
Родник-180	189,0	50,25	38,12
Прохладненский-185	156,3	41,88	40,48
Дарина	165,7	44,63	45,39
Родник-292	152,7	63,88	47,42
Диана	149,7	51,13	47,48
Сахарная ранняя Лакомка 121	120,3	35,75	21,47
Сахарная Алина	141,7	48,13	26,08

Наименьшая масса, как и высота растений, в фазу молочной спелости сформировалась у гибрида Сахарная ранняя Лакомка-121 – 35,75 т/га. Наибольшая надземная масса была получена при возделывании гибрида Родник-292 – 63,88 т/га. У остальных гибридов надземная масса была меньше максимального значения на 5,63 т/га у гибрида Северина, 12,00 т/га у гибрида Агата, 12,75 т/га

у гибрида Диана, 13,63 т/га у гибрида Родник-180, 15,13 т/га у гибрида Берта, 15,75 т/га у гибрида Сахарная Алина, 16,63 т/га у гибрида Родник-179, 17,75 т/га у гибрида Видора, 19,25 т/га у гибрида Дарина, 22,00 т/га у гибрида Прохладненский-185 и на 22,75 т/га у гибрида Прохладненский-175. Наибольшую площадь листового аппарата сформировали среднеранние гибриды Родник-292 и Диана,

за счет большего количества листьев на одном растении, (47,42 и 47,48 тыс. м²/га). Наименьшая площадь листьев, так же, как и другие два ростовых показателя, оказалась у пищевых гибридов Сахарная ранняя Лакомка 121 и Сахарная Алина (21,47 и 26,08 тыс. м²/га). Остальные гибриды оказались более адаптированными почвенно-климатическим районам республики. Площадь листьев до 35 тыс. м²/га сформировали гибриды Прохладненский-175 (28,66 тыс. м²/га), Родник-179 (32,70 тыс. м²/га). Площадь листьев от 35 до 40 тыс. м²/га у гибридов Родник-180 (38,12 тыс. м²/га), Видора (38,84 тыс. м²/га), Берта (39,50 тыс. м²/га). И более 40 тыс. м²/га площадь листьев в фазу молочной спелости была сформирована

у гибридов Северина (40,33 тыс. м²/га), Прохладненский-185 (40,48 тыс. м²/га), Агата (42,95 тыс. м²/га) и Дарина (45,39 тыс. м²/га).

Результаты анализа структуры урожайности у гибридов представлены в таблице 3. Длина початка у изучаемых гибридов варьировала от 15,1 до 20,5 см с максимальной величиной у гибрида Диана и минимальной у гибрида Сахарная Алина. Увеличение длины невыполненной части початка обратно пропорционально увеличению урожайности. Наибольшая величина данного показателя у гибридов Агата и Родник-179 – 3,2 и 3,1 см или 17,6 % и 13,6 %. Наиболее выполненными початками обладали гибриды Северина и Сахарная Алина – невыполненная часть составила только 0,4 см.

Таблица 3 – Структура урожайности гибридов кукурузы ООО «Отбор»

Гибриды	Длина початка, см	Длина невыполненной части початка, см	Кол-во рядов зерен в початке, шт.	Кол-во зерен в ряду, шт.	Озерненность початка, шт.	Масса початка, г	Масса зерна с початка, г	Выход зерна с початка, %	Масса 1000 зерен, г
Северина	17,1	0,4	14,0	32,6	456	183,9	145,7	79,1	361,8
Берта	16,7	2,4	15,0	30,7	460,8	180,1	159,6	94,3	365,1
Видора	18,9	2,8	15,6	30,2	463,6	201,4	159,6	79,2	365,4
Прохладненский-175	16,8	1,8	15,8	32,4	514,4	356,1	137,7	72,2	328,2
Агата	17,4	3,2	15,2	29,3	447,8	166,7	126,6	75,4	337,8
Родник-179	17,6	3,1	14,1	25,5	360,8	145,9	107,2	73,6	347,2
Родник-180	17,7	2,4	15,2	29,8	450,4	169,3	129,1	76,3	326,2
Прохладненский-185	16,2	0,8	15,7	29,2	454	168,5	130,3	76,6	375,4
Дарина	17,7	1,6	16	32,7	521,9	241,3	187,5	77,8	391,5
Родник-292	18,2	1,6	14	32,1	447,8	151,3	117,6	77,6	298,7
Диана	20,5	2,2	15,4	40	612,2	236,1	171,8	72,6	386,2
Сахарная ранняя Лакомка 121	15,9	0,8	15,2	28,4	433,6	130,0	108,1	84,6	319,7
Сахарная Алина	15,1	0,4	14,3	29,7	421,6	133,7	102,6	75,9	301,3

Количество рядов зерен в початках в среднем по вариантам опыта составило 14,0-16,0 шт. Максимальное количество соответствует гибриду Дарина, минимальное – Северина, Родник-292.

Наибольшее количество зерен в ряду было в початках гибридов Диана – 40,0 шт. В результате наилучшая озерненность початков у гибрида Диана – 612,2 шт. Наименьшее количество зерен в ряду было – у гибрида Родник-179 – 25,5 шт. У остальных количество зерен в ряду варьировало от 8,4 до 32,7 шт.

Также достаточно высокая озерненность у гибридов Дарина 521,9 шт., Прохладненский-175 – 514,4 шт. Уровень озерненности остальных гибридов был на уровне от 360,8-463,6 шт.

По показателю массы початка выделился гибрид Прохладненский-175 – 356,1 г. У гибрида Дарина – 241,3 г, что на 114,8 г меньше. Масса початков остальных гибридов была ниже максимального значения на 120,0-226,1 г.

В результате выход зерна с початка у изучаемых отечественных гибридов на достаточно высоком уровне от 72,2 до 94,3 %. Высокий выход зерна с початка у гибрида Берта (94,3 %).

Масса 1000 зерен отражает крупность зерна. Наиболее крупное зерно у гибридов Дарина – 391,5 г, Диана – 386,2 г, Прохладненский-185 – 375,4 г, Видора – 365,4 г.

Анализ биометрических показателей, относящихся к основным элементам структуры урожайности растений гибридов кукурузы, созданных в ООО «Отбор», показал на наличие высокого генетического потенциала зерновой продуктивности.

Точную оценку гибридов ООО «Отбор» можно оценить по величине урожайности зерна (табл. 4). Не смотря на стрессовые погодные - климатические условия 2023 года, исследуемые гибриды обеспечивали получение средних урожаев зерна при соблюдении общепринятой технологии возделывания, и показали высокую биологическую урожайность зерна. Максимальная биологическая урожайность зерна была получена при возделывании гибрида Дарина – 9,63 т/га. Наибольшее количество рядов зерен – 16,0 шт., самая тяжелая масса зерна с початка – 187,5 г, наибольшая масса 1000 зерен – 391,5 г. Что обеспечило возможность сформировать самый высокий урожай.

Также высокий уровень урожайности зерна был получен у гибрида Северина – 7,49 т/га. Это на 2,14 т/га меньше, чем у гибрида Дарина. У гибрида Берта урожайность была 7,35 т/га (на 2,28 т/га меньше). Далее следует гибрид Агата с урожайностью 6,17 т/га (на 3,46 т/га). У остальных гибридов урожайность зерна была на уровне 5,68 т/га у гибрида Прохладненский-185, 5,65 т/га у гибрида Сахарная ранняя Лакомка 121, 5,47 т/га (Прохладненский-175), 5,41 т/га (Видора), 5,16 т/га (Диана), 4,17 т/га (Родник-182), 3,98 т/га (Сахарная Алина), 3,53 т/га (Родник-179). Наименьшая урожайность была получена у гибрида Родник-292 – 3,12 т/га, что втрое меньше, чем у гибрида Дарина.

Планируемая величина урожайности в 5,0 т/га была достигнута при возделывании практически всех изучаемых гибридов, кроме Родник-292, Родник-179, и Сахарная Алина. У данных гибридов урожайность к запланированной величине составила 62,4%, 70,6% и 79,6%, соответственно.

Таблица 4 – Урожайность зерна гибридов кукурузы, т/га

Гибриды	Урожайность, т/га	± к планируемой урожайности (5 т/га)	
		т/га	%
Северина	7,49	+2,49	149,8
Берта	7,35	+2,35	147,0
Видора	5,41	+0,41	108,2
Прохладненский-175	5,47	+0,47	109,4
Агата	6,17	+1,17	123,4
Родник-179	3,53	-1,47	70,6
Родник-180	4,17	-0,83	83,4
Прохладненский-185	5,68	+0,68	113,6
Дарина	9,63	+4,63	192,6
Родник-292	3,12	-1,88	62,4
Диана	5,16	+0,16	103,2
Сахарная ранняя Лакомка 121	5,65	+0,65	113,0
Сахарная Алина	3,98	-1,02	79,6
НСР ₀₅	0,70		

Выводы. Наибольший кормовой потенциал в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан в 2023 году проявили гибриды среднеранний Родник-292, сформировавший наибольшую надземную массу (63,88 т/га) в фазу молочной спелости и площадь листьев (47,42 тыс.м²/га), а также ультраранний гибрид Северина, у которого отмечалась большая высота растений (173,7 см) и надземная масса (58,25 т/га). Наибольший зер-

новой потенциал был выявлен у раннеспелого гибрида Дарина. У него отмечены наибольшие показатели массы початков (241,3 г), массы зерна с початка (187,5 г), масса 1000 зерен (391,5 г). В результате была сформирована урожайность, почти в два раза выше планируемой величины (192,6 % или 9,63 т/га). Также высокая урожайность зерна была получена при выращивании ультраранних гибридов Северина (7,49 т/га) и Берта (7,35 т/га).

Литература

1. Калинина К. Какие гибриды кукурузы не боятся стрессов // АгроФорум. 2021. 1. С. 39-43. EDN GUWUQJ.
2. Mikhailova M. Yu., Minikaev R. V., Faskhutdinov F. Sh., Vafina L. T. Potential of corn hybrids of universal use // BIO Web of Conferences. 2022. Vol. 52. P. 00085. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20225200085>. EDNR-GYNHX.
3. Сулейманов С. Р., Сафиоллин Ф. Н. Результаты исследований продуктивности и адаптивности гибридов подсолнечника ООО "Сингента" в почвенно-климатических // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 2(2). С. 37-42. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2022-32-37>. EDN WXQVUL.
4. Lorgeou J. Правильный выбор гибрида кукурузы // Наше сельское хозяйство. 2021. № 23(271). С. 14-18. EDN NROGAN.
5. Сулейманов С. Р., Сафиоллин Ф. Н. Результаты исследований продуктивности и адаптивности гибридов подсолнечника ЕС Монализа, ЕС Белла, ЕС Генезис на серых лесных почвах Республики Татарстан // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 3(3). С. 42-47. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2022-42-47>. EDN BFXMJL.
6. Михайлова М. Ю. Анализ продуктивности и адаптивности гибридов кукурузы ФГБНУ «ВНИИ кукурузы» в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 1(5). С. 34-38. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-34-38>. EDN UMZFUW.
7. Кушнарников В. А. "Кубические" гибриды - прорыв в силосном направлении // Аграрная наука. 2022. 2. С. 88-89. EDN PXSFSS.
8. Gorbacheva A. G., Vetoshkina A., Panfilov A. E. Viability of seeds and adaptability of early-maturing hybrids of corn in the conditions of the Southern Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 7(236). P. 14-21. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-236-07-14-21>. EDN EKCUMR.
9. Zhanyl M., Abdybek A. Productivity of corn hybrids of Turkish selection // Vestnik of the Kyrgyz National Agrarian University K.I. Scriabin. 2023. No. 2(65). P. 49-53. EDN NAULLK.
10. Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S., Shevchenko N. A. Selection of early ripe corn hybrids of universal use // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 10. P. 49-57. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-23-10-49-57>. EDNMFDSKT.
11. Михайлова М. Ю. Приемы и тенденции возделывания кукурузы на кормовые цели в регионах Российской Федерации // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 1(1). С. 18-21. <https://doi.org/10.12737/2022-1-1-18-21>. EDN ETRMIN.
12. Багринцева В. Н. К вопросу выбора гибридов кукурузы для Ставропольского края // Кукуруза и сорго. 2021. № 1. С. 31-35. <https://doi.org/10.25715/1347-7685-3176-t>. EDN OAYGKS.
13. Михайлова М. Ю., Таланов И. П. Питательная ценность гибридов кукурузы при возделывании на зеленую массу // Аграрная наука. 2016. № 4. С. 9-11. EDN VVZGKL.
14. Продуктивность гибридов кукурузы на зерно в зависимости от приемов возделывания в условиях лесостепной зоны Поволжья / А. Л. Тойгильдин, М. И. Подсевалов, Д. Э. Аюпов, А. В. Тюрин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4(52). С. 56-64. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-4-56-64>. EDN UMMRFX.
15. Экологический подход в адаптированной системе селекции среднепоздних гибридов кукурузы (ФАО 300-399) в Нижнем Поволжье / С. А. Зайцев, В. И. Жужукин, Л. А. Гудова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 19-24. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i3pp19-24>. EDN LITLEP.
16. Шмалко И. А. Урожайность раннеспелых гибридов кукурузы в зависимости от густоты стояния растений // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 19-24. EDN YZPYBV.
17. Чекмарев П. А., Фомин В. Н., Турнин С. Д. Влияние сорта и удобрений на урожайность кукурузы при возделывании на зерно // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 9. С. 22-24. EDN: ZQPYBN.
18. Агротехнологии технических культур / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев [и др.] // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том Часть 2. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. С. 178-250. EDN WHKSXJ.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Михайлова Марина Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: marisha.m.u@mail.ru, Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

ANALYSIS OF THE PRODUCTIVITY OF CORN HYBRIDS OF LLC "SELECTION", WHICH DIFFER IN THE DURATION OF THE GROWING SEASON, IN THE SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

M. Y. Mikhailova

Abstract. The research was carried out on gray forest heavy loamy soils of the Ancestral region of the Republic of Tatarstan in order to identify the productivity and adaptability of hybrids of LLC "Selection" to local conditions. Thirteen hybrids of different growing season duration were sown: ultra-early – Severina, Bertha, Vidora, Sugar early Delicacy 121; early-ripening - Cool-175, Agatha, Spring-179, Spring-180, Cool-185, Darina; medium-early - Spring-279, Diana and Sugar Alina. The technology of corn cultivation was generally accepted for the Republic of Tatarstan. Background fertilizer N16P16K16 was applied for pre-sowing cultivation. Hybrids were evaluated according to the realization of feed and grain potential in the conditions of the Republic of Tatarstan. During the years of research, the studied hybrids showed inherent genetic properties of drought resistance in relation to stressful weather and climatic conditions. The hybrids Rodnik-180 (189.0 cm), Severina (173.7 cm), Agate (173.0 cm) had the highest plant height in the phase of milk ripeness. The highest aboveground mass was observed in hybrids Rodnik-292 (63.88 t/ha), Severina (58.25 t/ha). The largest leaf apparatus was formed in the phase of milk ripeness by hybrids: Diana (47.48 thousand m²/ha) and Rodnik-292 (47.42 thousand m²/ha), which in the conditions of the Republic of Tatarstan can be cultivated for fodder purposes to obtain juicy green feed. The highest grain yield was obtained from an early-maturing hybrid of Darin, which had the highest indicators of the mass of cobs (241.3 g), the mass of grain from the cob (187.5 g), the mass of 1000 grains (391.5 g). As a result, a yield was formed, almost twice the planned value (192.6% or 9.63 t/ha). Also, high grain yields were obtained by growing ultra-early hybrids of Severin (7.49 t/ha) and Bertha (7.35 t/ha).

Keywords: corn, hybrid, productivity, potential, grain, biometric indicators, yield.

For citation: Mikhailova M.Y. Analysis of the productivity of corn hybrids of LLC "Selection", which differ in the duration of the growing season, in the soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan. *Agrobiotechnology and digital agriculture*. 2024; 3 (11): 41-46

References

1. Kalinina K. [Which corn hybrids are not afraid of stress]. *AgroForum*. 2021; 1: 39-43. EDN GUWUQJ.
2. Mikhailova M. Yu., Minikaev R. V., Faskhutdinov F. Sh. [Potential of corn hybrids of universal use]. *BIO Web of Conferences*. 2022; 52: 00085. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20225200085>. EDN RGYNHX.
3. Suleymanov S. R., Safiollin F. N. [Results of research on productivity and adaptability of sunflower hybrids of Syngenta LLC in soil and climatic conditions]. *Agrobiotekhnologii i cifrovoe zemledelie*. 2022; 2(2): 37-42. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2022-32-37>. EDN WXQVUL.
4. Lorgeou J. [The right choice of a corn hybrid]. *Nashe sel'skoe hozjajstvo*. 2021; 23(271): 14-18. EDN NROGAH.
5. Suleymanov S. R., Safiollin F. N. [Results of research on productivity and adaptability of sunflower hybrids EU Monalisa, EU Bella, EU Genesis on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. *Agrobiotekhnologii i cifrovoe zemledelie*. 2022; 3(3): 42-47. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2022-42-47>. EDN BFXMJL.
6. Mikhailova M. Y. [Analysis of productivity and adaptability of corn hybrids of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Corn Research Institute" in soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan]. *Agrobiotekhnologii i cifrovoe zemledelie*. 2023; 1(5): 34-38. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-34-38>. EDN UMFUW.
7. Kushnarenkov V. A. ["Cubic" hybrids - a breakthrough in the silage direction]. *Agrarnajanauka*. 2022; 2: 88-89. EDN PXSFSK.
8. Gorbacheva A. G., Vetoshkina A., Panfilov A. E. Viability of seeds and adaptability of early-maturing hybrids of corn in the conditions of the Southern Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 7(236): 14-21. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-236-07-14-21>. EDN EKCUMR.
9. Zhanyl M., Abdybek A. Productivity of corn hybrids of Turkish selection. *Vestnik of the Kyrgyz National Agrarian University K.I. Scriabin*. 2023; 2(65): 49-53. EDN NAULLK.
10. Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S., Shevchenko N. A. Selection of early ripe corn hybrids of universal use. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 23: 10: 49-57. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-23-10-49-57>. EDNMFDSKT.
11. Mikhailova M. Yu. [Techniques and trends of corn cultivation for fodder purposes in the regions of the Russian Federation]. *Agrobiotekhnologii i cifrovoezemledelie*. 2022; 1(1): 18-21. <https://doi.org/10.12737/-2022-1-1-18-21>. EDN ETRMIN.
12. Bagrintseva V. N. [On the issue of choosing corn hybrids for the Stavropol Territory]. *Kukuruzai sorgo*. 2021; 1: 31-35. <https://doi.org/10.25715/11347-7685-3176-t>. EDN OAYGKS.
13. Mikhailova M. Yu., Talanov I. P. [Nutritional value of corn hybrids when cut into green mass]. *Agrarnajanauka*. 2016; 4: 9-11. EDN VVZGKL.
14. Toigildin A. L., Podsevalov M. I., Ayupov D. E. [Productivity of corn hybrids for grain depending on cultivation methods in the conditions of the forest-steppe zone of the Volga region]. *Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. 2020; 4(52): 56-64. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-4-56-64>. EDN UMMRFX.
15. Zaitsev S. A., Zhuzhukin V. I., Gudova L. A. [Ecological approach in the adapted breeding system of medium-late maize hybrids (FAO 300-399) in the Lower Volga region]. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2021; 3: 19-24. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i3pp19-24>. EDN LITLEP.
16. Shmalko I. A. [Productivity of early-maturing corn hybrids depending on the density of standing plants]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. 2019; 1: 19-24. EDN YZPYBV.
17. Chekmarev P. A., Fomin V. N., Tournin S. D. [The effect of varieties and fertilizers on corn yield during grain cultivation]. *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. 2017; 9: 22-24. EDN: ZQPYBN.
18. Amirov M. F., Valeev I. R., Valiev A. R. *Agrotehnologii i tehnicheskih kul'tur [Agrotechnologies of technical crops]. Sistema zemledelija Respubliki Tatarstan: V 3-h chastjah. Tom Chast' 2. Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet*. 2014; 178-250. EDN WHKSXJ.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. There was no funding for the work.

Author:

Mikhailova Marina Yurievna-Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: marisha.m.u@mail.ru, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

ЗАЩИТА ВИШНИ ОТ КОККОМИКОЗА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Г. Е. Осипов, Н. В. Петрова, А. А. Карпова

Реферат. Целью исследований была сравнительная оценка использования биологического препарата Бактофит и химического препарата Скор в защите сортов вишни обыкновенной от коккомикоза в Республике Татарстан. Опыты проводили в 2020-2021 гг. Объектами изучения были сорта вишни обыкновенной (*Prunus cerasus* L.) Нижнекамская – раннего срока созревания, Шакировская – среднего срока созревания и Обильная – позднего срока созревания. Растения вишни обрабатывали после окончания цветения, после 18 часов вечера биологическим препаратом Бактофит 4 раза через 7 дней, химическим препаратом Скор – 2 раза через 14 дней. Концентрация раствора Скор составила 2 мл/10 л, Бактофита – 30 мл/10 л. Контрольные растения вишни препаратами не обрабатывали. Вегетационные периоды 2020-2021 гг. были засушливыми. В 2020 году гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетацию составил 0,64, за летний период – 0,57. ГТК за вегетационный период 2021 г. был равен 0,48, за летние месяцы – 0,19. В Республике Татарстан в 2020-2021 годах сорт вишни Нижнекамская (25%) поражался коккомикозом меньше сортов Шакировская (36,7%) и Обильная (30%). Биологическая эффективность химического препарата Скор (67,3%) выше биологического препарата Бактофит (59,2%). Разница в проценте пораженных листьев коккомикозом между контрольными растениями и обработанными растениями была достоверной. Доля влияния препаратов на поражаемость листьев вишни коккомикозом составляет 38,2%, доля влияния сортов – 3,2%, доля влияния условий года – 0,2%, доля влияния взаимодействия препаратов с сортами – 29,5%, доля влияния взаимодействия препаратов с условиями года – 3,7%, доля влияния взаимодействия сортов с условиями года – 9,8%, доля влияния взаимодействия препаратов, сортов и условий года – 13,0%. Развитие коккомикоза на листьях вишни в среднем за 2020-2021 год варьировало от 14,9% у сорта Нижнекамская до 25,5% у сорта Шакировская. Заболевание получило значительно меньшее развитие при обработке растений вишни химическим препаратом Скор. Обработка растений сорта Нижнекамская химическим препаратом Скор дает наибольшую, достоверную прибавку продуктивности. В селекции вишни на устойчивость к коккомикозу рекомендуется использовать сорт Нижнекамская.

Ключевые слова: вишня обыкновенная (*Prunus cerasus* L.), сорт, химический препарат Скор, биологический препарат Бактофит, коккомикоз, поражаемость, продуктивность.

Для цитирования: Осипов Г.Е., Петрова Н.В., Карпова А.А. Защита вишни от коккомикоза в Республике Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. №3 (11). С. 47-53

Введение. Во многих странах мира наиболее опасными заболеваниями вишни являются коккомикоз (*Coccomyces hiemalis* Higg., синоним *Blumeriella jaapii* (Rehm) Arx) [1, 2, 3] и монилиоз (*Monilinia fructigena* Pers.) [4, 5]. На пораженных коккомикозом листьях с лицевой стороны появляются мелкие красновато-бурые пятна, которые сначала постепенно увеличиваются в размерах, а через некоторое время превращаются в некротические образования. С нижней стороны листа пятна покрываются белыми подушечками конидиального спороношения гриба. При поражении коккомикозом происходит преждевременное пожелтение и опадание листьев (до 80%), что ведет к ослаблению деревьев и нередко к их вымерзанию зимой. Симптомы заболевания также могут проявляться на молодых побегах, плодоножках и самих плодах. На плодах образуются вдавленные коричневые пятна с белесоватым налётом, а сами плоды теряют вкус и засыхают [1].

Устойчивость к возбудителю коккомикоза у образцов рода *Prunus* L. обычно доминирует и контролируется моно-, олиго- и полигенно. Проявление признака зависит от использования устойчивых образцов в качестве материнских или отцовских форм. Выявлено доминирование устойчивости у *P. serrulata* и *P. maximowiczii* (вишня Максимовича). Показано,

что устойчивость наиболее популярного донора (вишни Маака) экспрессируется во втором и в третьем поколениях гибридов [6, 7].

Blumeriella jaapii (Rehm) Arx является возбудителем пятнистости листьев вишни (CLS), наиболее серьезного заболевания вишни на Среднем Западе США. Первый высококачественный геном *B. jaapii* получен с помощью гибридной сборки длинных прочтений PacBio и коротких прочтений Illumina. Собранный проект генома *B. jaapii* составляет 47,4 Мб и состоит из 95 контигов со значением N50 1,5 Мб [8].

Секвенирование гена *sdhB* устойчивых изолятов *Blumeriella jaapii* (Rehm) Arx привело к обнаружению аминокислотной мутации H260R, которая, как известно, придает устойчивость к фунгициду Боскалид другим фитопатогенным грибам. Возникновение мутации H260R в популяциях *B. jaapii* в штате Мичиган США коррелирует со снижением их чувствительности к Боскалиду, наблюдаемым в коммерческих садах [9].

В Тамбовской области сильно восприимчивыми к коккомикозу сортами являются Владимирская, Тамарис, Апухтинская и Морозовка; средне восприимчивыми сортами - Жуковская, Прима, Лебедянская, Тургеневка, Десертная Морозовой и Харитоновская. Достаточно высокую устойчивость к данному

заболеванию проявили сорта Молодежная и Кентская [1].

В Орловской области уровень устойчивости к коккомикозу выше, чем у контрольного варианта, показали генотипы Подарок учителям, ЭЛС 84847, Новелла, ОС 84735, Муза, Быстринка [10]. Среди сортов селекции ВНИИСПК наибольшую устойчивость к коккомикозу проявили Ровесница, Ветеранка и Гуртьевка, а среди интродуцированных сортов наиболее устойчивой к коккомикозу оказалась Ночка [11].

Горизонтальная (расонеспецифическая) устойчивость является наиболее долговременной, и нахождение параметров её определяющих – одно из важных направлений при выделении хозяйственно ценных генотипов растений. Проведенная оценка генотипов черешни и вишни в Краснодарском крае по среднему количеству пустул на 1 см² листа, индексу устойчивости к коккомикозу, генеративной активности гриба показала разницу в поражении растений и спорообразовании. Из 77 форм выделено по изученным показателям 6 сортов и форм черешни и вишни и 5 гибридов. Среди них сорта Бигарро Оратовского, клон черешни Космическая, вишня 3-33-34, Южанка, гибриды БИ 43-1, 6/4 К, 6/8 К, БИ 43 I и другие [12].

В Краснодарском крае по результатам исследований Т.А. Копниной и Р.Ш. Заремук [13] выделены сорта и гибридные формы вишни обыкновенной, обладающие достаточно высокой устойчивостью к коккомикозу – Азлания, Новелла, Фея, Тамарис, Самсоновка, Английская ранняя, Тимати, Дюк Ходоса, 17-3-18, 17-3-31, 17-3-42, 17-3-38, 17-6-58.

Влияние погодных стресс-факторов последних лет в Краснодарском крае привели к значительному ослаблению деревьев косточковых культур, снижению их защитного потенциала, и это обусловило повышенную восприимчивость плодовых растений к вредным организмам. Выявлена устойчивая тенденция дальнейшего усиления агрессивности доминантных патогенов. На сортах вишни и черешни всех групп устойчивости отмечается образование большого количества апотециев зимующей стадии возбудителя коккомикоза, значительно превышающего критический уровень вредоносности [14].

Сорт вишни Montmorency, основной сорт, выращиваемый в Соединенных Штатах, очень восприимчив к пятнистости листьев (CLS). Для борьбы с этим заболеванием может потребоваться до 10 опрыскиваний фунгицидами за каждый вегетационный период. Поэтому создание устойчивых к CLS сортов вишни является главным приоритетом селекции. [15].

В защите растений вишни от коккомикоза используются химические препараты – Бордоская жидкость, Скор, Топаз, Топсин М,

Фундазол [16], Флуопирам (FluoR), Флуксапироксад (FluxR), Боскалид (BoscR) [3, 8, 17] и биологические препараты – Трихофит, Фитолавин, Фитоспорин М [16].

Цель исследований – сравнительная оценка эффективности применения биологического препарата Бактофит и химического препарата Скор в защите сортов вишни обыкновенной от коккомикоза в Республики Татарстан.

Условия, материалы и методы. Исследования были проведены в 2020-2021 годах в Татарском НИИ сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение «Федерального исследовательского центра «Казанского научного центра Российской академии наук». Сад изучения сортов, элитных и отборных форм вишни заложен в 2004–2005 годах. Почвы в саду среднесуглинистые, коричнево-серые, лесные. Схема посадки 4 × 4 м. Повторность опытов – трехкратная. Весной 2020 года и 2021 года было внесено 100 кг аммиачной селитры на 1 га. Объектами изучения были сорта вишни обыкновенной (*Prunus cerasus* L.) селекции Татарского НИИСХ: Нижнекамская – раннего срока созревания, Шакировская – среднего срока созревания и Обильная – позднего срока созревания.

Вегетационные периоды 2020-2021 годов были засушливыми. В 2020 г. гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетацию составил 0,64, за летний период – 0,57. ГТК за вегетационный период 2021 года был равен 0,48, за летние месяцы – 0,19. Погодные условия были неблагоприятными для развития коккомикоза.

Учет поражаемости сортов вишни коккомикозом проводили по следующей шкале: 0 – поражения нет; 1 балл – на листьях мелкие единичные пятна, ярко-малинового цвета; 2 балла – поражено до 10% листьев, пятна на листьях разбросаны небольшими группами; 3 балла – поражено до 25% листьев, пятна сконцентрированы вдоль жилок, на обратной стороне листьев заметно слабое спороношение; 4 балла – поражено до 50% листьев, пятна слившиеся, темно-бордовой окраски, с обратной стороны листьев заметно четкое спороношение, начинается единичное опадение листьев; 5 баллов – поражено свыше 50% листьев, пятна слившиеся, бурые, ткань листа может частично выпадать, отмечается массовое опадение листьев [18].

Биологическую эффективность химического и биологического препаратов рассчитывали по формуле:

$$BE = \frac{K - b}{K}, \text{ где}$$

BE – биологическая эффективность, %;

K – интенсивность развития заболевания в контроле, %;

b – интенсивность развития заболевания в варианте опыта, %.

Показатель «Развитие коккомикоза» определяли по формуле:

$$R = \frac{\sum (a \times b)}{N \times K} \times 100\%, \text{ где}$$

a – число больных листьев,

b – соответствующий им балл поражения,

N – общее количество больных и здоровых листьев,

K – высший балл шкалы учета – 5.

Продуктивность сортов вишни определяли в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [18].

Растения вишни обрабатывали химическим препаратом Скор (Skor®) и биологическим препаратом Бактофит. Скор – фунгицидный препарат системного действия. Он производится швейцарской фирмой Сингента (Syngenta AG). В препарате содержится действующее вещество дифеноконазол. Действие препарата наступает через 2 часа после обработки. Защита растений вишни происходит в течение 2 недель [17]. Биопрепарат Бактофит, СК получен в ООО ПО «Сиббиофарм». Действующими веществами Бактофита являются: споры и клетки культуры штамма ИПМ-215 *Bacillus subtilis*, метаболиты, обладающие антагонистическими и антибиотическими свойствами. Биопрепарат не вызывает формирования устойчивости у микроорганизмов.

Растения вишни обрабатывали после окончания цветения, после 18 часов вечера биологическим препаратом Бактофит 4 раза через 7 дней, химическим препаратом Скор – 2 раза через 14 дней. Концентрация раствора Скор составила 2 мл /10 л, Бактофита – 30 мл/10 л. Контрольные растения вишни

препаратами не обрабатывали. Результаты исследований были статистически обработаны методами двухфакторного и трехфакторного дисперсионных анализов с использованием «Пакета программ статистического и биометрико – генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS».

Результаты и обсуждение. В 2020 году листья контрольных вариантов вишни Нижнекамская, Шакировская и Обильная были поражены коккомикозом средне – 30-40% (табл. 1). Двукратная обработка химическим препаратом Скор растений вишни в среднем оказалась достоверно эффективнее четырехкратной обработки биологическим препаратом Бактофит на 3,3%. Биологическая эффективность препарата Бактофит при обработке сорта вишни Нижнекамская составила 66,7%, у сорта Шакировская – 50%, сорта Обильная – 57,1%. После обработки биопрепаратом Бактофит растения вишни были значительно меньше поражены коккомикозом по сравнению с контролем (табл. 1). Биологическая эффективность химического препарата Скор при опрыскивании сорта вишни Нижнекамская была равна 66,7%, у сорта Шакировская – 62,5%, сорта Обильная – 71,4%. Обработка растений вишни химическим препаратом Скор вызвала существенно меньшее поражение листьев коккомикозом по сравнению с контролем и биологическим препаратом Бактофит. Сорт вишни Нижнекамская был значительно меньше поражен коккомикозом по сравнению с сортами Шакировская и Обильная (табл. 1). В 2020 году. двухфакторный дисперсионный анализ показал, что доля влияния препаратов на поражаемость листьев коккомикозом составила 87,2%, доля влияния сортов вишни – 9,6%, доля влияния взаимодействия препаратов с сортами – 1,0%.

Таблица 1 – Поражаемость листьев вишни коккомикозом, % (2020 год)

Сорт (фактор В)	Нижнекамская	Шакировская	Обильная	Средняя
Вариант (фактор А)				
Контроль	30,0	40,0	35,0	35,0
Бактофит	10,0	20,0	15,0	15,0
Скор	10,0	15,0	10,0	11,7
Средняя	16,7	25,0	20,0	
HCP ₀₅ А				2,1
HCP ₀₅ В				2,1

В 2021 году листья у сортов вишни контрольного варианта были поражены коккомикозом средне (20-33,3%) и меньше, чем в 2020 году (табл. 2). Контрольные растения сортов вишни были поражены коккомикозом достоверно сильнее, чем обработанные препаратами. Разница в поражаемости листьев у сортов вишни при обработке биологическим и химическим препаратами была незначительной. Биологическая эффективность препарата Бактофит составила

у сорта вишни Нижнекамская 75%, у сорта Шакировская – 55%, сорта Обильная – 60%. Биологическая эффективность химического препарата Скор у сорта вишни Нижнекамская была равна 75%, у сорта Шакировская – 70%, сорта Обильная – 60%. Двухфакторный дисперсионный анализ в 2021 г. показал, что доля влияния препаратов на поражаемость листьев коккомикозом была меньше, чем в 2020 г. и составила 76,2%, влияния сортов – 17,5%, взаимодействия препаратов и сортов – 2,9%.

АГРОНОМИЯ

Таблица 2 – Поражаемость листьев вишни коккомикозом, % (2021 год)

Сорт (фактор В)	Нижнекамская	Шакировская	Обильная	Средняя
Вариант (фактор А)				
Контроль	20,0	33,3	25,0	26,1
Бактофит	5,0	15,0	10,0	10,0
Скор	5,0	10,0	10,0	8,3
Средняя	10,0	19,4	15,0	
НСР ₀₅ А				2,2
НСР ₀₅ В				2,2

В среднем за 2020-2021 года листья у сорта вишни Нижнекамская поражались коккомикозом существенно меньше, чем у сортов Шакировская и Обильная (табл. 3). Биологическая эффективность химического препарата Скор (67,3%) оказалась выше биологического препарата Бактофит (59,2%). Трехфакторный дисперсионный анализ дал следующие результаты. Доля влияния препаратов на поражаемость

листьев вишни коккомикозом составляет 38,2%, доля влияния сортов – 3,2%, доля влияния условий года – 0,2%, доля влияния взаимодействия препаратов с сортами – 29,5%, доля влияния взаимодействия препаратов с условиями года – 3,7%, доля влияния взаимодействия сортов с условиями года – 9,8%, доля влияния взаимодействия препаратов, сортов и условий года – 13,0%.

Таблица 3 - Поражаемость листьев вишни коккомикозом, % (среднее 2020-2021 года)

Сорт (фактор В)	Нижнекамская	Шакировская	Обильная	Средняя
Вариант (фактор А)				
Контроль	25,0	36,7	30,0	30,6
Бактофит	7,5	17,5	12,5	12,5
Скор	7,5	12,5	10,0	10,0
Средняя	13,3	22,2	17,5	
НСР ₀₅ А				1,4
НСР ₀₅ В				1,4

Развитие коккомикоза на листьях вишни в среднем за 2020-2021 года варьировало от 14,9% у сорта Нижнекамская до 25,5% - у сорта

Шакировская (табл. 4). Заболевание получило значительно меньшее развитие при обработке растений вишни химическим препаратом Скор.

Таблица 4 – Развитие коккомикоза на листьях вишни, % (среднее 2020-2021 года)

Сорт (фактор В)	Нижнекамская	Шакировская	Обильная	Средняя
Вариант (фактор А)				
Контроль	14,9	25,5	19,1	19,8
Бактофит	2,5	8,9	5,3	5,6
Скор	2,5	5,3	4,0	3,9
Средняя	6,6	13,2	9,5	
НСР ₀₅ А				0,6
НСР ₀₅ В				0,5

В 2020 году низкая продуктивность у изучаемых сортов вишни была вызвана холодной погодой и сильными ветрами во время цветения. В 2021 году отрицательное влияние на продуктивность сортов вишни оказали сильные морозы (до -39°C) в январе. Контрольные растения вишни показали в среднем за 2020-2021 годах среднюю продуктивность у сорта Нижнекамская, низкую

продуктивность – у сортов Обильная и Шакировская (табл. 5). Не смотря на обработку растений вишни биопрепаратом Бактофит и химическим препаратом Скор продуктивность у сорта Обильная осталась низкой (3,7-4,1 кг/куст). Обработка растений сорта Нижнекамская препаратом Скор дала наибольшую, достоверную прибавку продуктивности: 0,7 кг/куст.

Таблица 5 – Продуктивность сортов вишни, кг/куст. (среднее 2020-2021 года)

Сорт (фактор В)	Нижнекамская	Шакировская	Обильная	Средняя
Вариант (фактор А)				
Контроль	6,3	4,6	3,5	4,8
Бактофит	6,6	5,0	3,7	5,1
Скор	7,0	5,2	4,1	5,4
Средняя	6,6	4,9	3,8	
НСР ₀₅ А				0,2
НСР ₀₅ В				0,3

Выводы. В Республике Татарстан в 2020-2021 годах сорт вишни Нижнекамская (25%) поражался коккомикозом меньше сортов Шакировская (36,7%) и Обильная (30%). Биологическая эффективность химического препарата Скор (67,3%) выше биологического препарата Бактофит (59,2%). Разница в проценте пораженных листьев коккомикозом между контрольными растениями и обработанными растениями была достоверной. Доля влияния препаратов на поражаемость листьев вишни коккомикозом составляет 38,2%, доля влияния сортов – 3,2%, доля влияния условий года – 0,2%, доля влияния взаимодействия препаратов с сортами – 29,5%, доля влияния

взаимодействия препаратов с условиями года – 3,7%, доля влияния взаимодействия сортов с условиями года – 9,8%, доля влияния взаимодействия препаратов, сортов и условий года – 13,0%. Развитие коккомикоза на листьях вишни в среднем за 2020-2021 года варьировало от 14,9% у сорта Нижнекамская до 25,5% - у сорта Шакировская. Заболевание получило значительно меньшее развитие при обработке растений вишни химическим препаратом Скор. Обработка растений сорта Нижнекамская химическим препаратом Скор дает наибольшую, достоверную прибавку продуктивности. В селекции вишни на устойчивость к коккомикозу рекомендуется использовать сорт Нижнекамская.

Литература

1. Тихонов А. Г., Каширская Н. Я. Оценка устойчивости сортов вишни к коккомикозу – основа современного дифференцированного подхода к системе защиты вишневого сада // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 38. № 2. С. 151-157. EDN: RRTIWB
2. Stegmeir, T., Schuster, M., Sebolt, A., Rosyara, U., Sundin, G. W., & Iezzoni, A. (2014). Cherry leaf spot resistance in cherry (*Prunus*) is associated with a quantitative trait locus on linkage group 4 inherited from *P. canescens*. *Molecular Breeding*, 34(3), 927–935. <https://doi.org/10.1007/s11032-014-0086-3>
3. Božić, V., Vuković, S., Lazić, S., Šunjka, D. and Žunić, A. (2021). Control of *Blumeriella jaapii* and determination of fungicide residues in sour cherry fruits. *Acta Hort.* 1308, 345-348. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1308.49>
4. L. F. Yin, G. K. Chen, S. N. Chen, S. F. Du, G. Q. Li, and C. X. Luo. First Report of Brown Rot Caused by *Monilia mumeicola* on Chinese Sour Cherry in Chongqing Municipality, China // *Plant disease*. 2014. Т. 98. № 7. P. 1009. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-14-0029-PDN>
5. Насонова Г. В. Проблема борьбы с монилиозом на вишне и пути ее решения // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2017. №3. С. 65-73. <https://doi.org/10.24411/2218-5275-2017-00018>
6. Ленивцева М. С., Радченко Е. Е., Кузнецова А. П. Генетическое разнообразие сортов косточковых культур (род *Prunus* L.), устойчивых к коккомикозу // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 5. С. 895-904. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.895rus>. EDN: ZRXNXX
7. Спивак В. В., Бурменко Ю. В. Проблемы создания селекционного материала подрода *Cerasus* (Mill.) A. Gray с устойчивостью к коккомикозу (*Blumeriella jaapii* (Rehm) Arx) // Плодоводство и ягодоводство России. 2023. №73(1). С. 7-16. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2023-73-7-16>
8. Peng J, Rojas JA, Sang H, Proffer TJ, Outwater CA, Vilgalys R, Sundin GW. Draft Genome Sequence Resource for *Blumeriella jaapii*, the Cherry Leaf Spot Pathogen. *Phytopathology*. 2020 Sep; 110(9): 1507-1510. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-20-0082-A>. Epub 2020 Jul 9. PMID: 32338196.
9. Cory A. Outwater, Tyre J. Proffer, Nikki L. Rothwell, Jingyu Peng, and George W. Sundin. Boscalid Resistance in *Blumeriella jaapii*: Distribution, Effect on Field Efficacy, and Molecular Characterization. *Plant disease*. 2019. Т. 103. № 6. P. 1112-1118. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-18-1555-RE>
10. Устойчивость сортов вишни биоресурсной коллекции ВНИИСПК к грибным заболеваниям / И. Н. Ефремов, А. А. Гуляева, Т. Н. Берлова, А. А. Галькова // Современное садоводство. 2024. № 1. С. 50-59. EDN: CXXXWK
11. Оценка устойчивости сортов вишни генофонда ВНИИСПК к коккомикозу / И. Н. Ефремов, А. А. Гуляева, Т. Н. Берлова, А. А. Галькова, Е. В. Безлепкина // Вестник аграрной науки. 2020. № 3 (84). С. 26-30. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.3.26>
12. Кузнецова А. П., Ленивцева М. С. Выделение сортов косточковых культур (род *Prunus* L.), устойчивых к коккомикозу // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. Т. 69. С. 44-53. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-44-53>. EDN: BEWRZG
13. Копнина Т. А., Заремук Р. Ш. Изучение генресурсов вишни обыкновенной (*Cerasus vulgaris* L.) в условиях прикубанской зоны садоводства // Научные труды СКФНЦСВВ. 2022. Т. 34. С. 52-57. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2022-34-52-57>
14. Мищенко И. Г. Тенденции распространения болезней косточковых культур в климатических условиях Краснодарского края // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014. № 29. С. 76-87. EDN: SMG-FRV
15. Andersen K.L., Sebolt A., Sundin G.W., Iezzoni A.F. Assessment of the inheritance of resistance and tolerance in cherry (*Prunus* sp.) to *Blumeriella jaapii*, the causal agent of cherry leaf spot. *Plant Pathology*. 2018; 67(3): 682-691. <https://doi.org/10.1111/ppa.12765>
16. Дмитриева Н. Ю., Гаврилова А. С. Болезни и вредители плодов. Новейшие препараты для защиты. М.: Эксмо, 2015. 256 с.
17. Gleason, J.; Peng, J.; Proffer, T.J.; Slack, S.M.; Outwater, C.A.; Rothwell, N.L.; Sundin, G.W. Resistance to Boscalid, Fluopyram and Fluxapyroxad in *Blumeriella jaapii* from Michigan (U.S.A.): Molecular Characterization and Assessment of Practical Resistance in Commercial Cherry Orchards. *Microorganisms* 2021, 9, 2198. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9112198>
18. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы осуществлялась в рамках Государственного задания Российской академии наук «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка береговых агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды».

Сведения об авторах:

Осипов Геннадий Емельянович – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции плодовых культур, e-mail: osipovge@mail.ru

Петрова Наталья Владиславна – научный сотрудник лаборатории селекции плодовых культур, e-mail: Sweetnadira@internet.ru

Карпова Анна Александровна – младший научный сотрудник лаборатории селекции плодовых культур, e-mail: anjakarpova495@gmail.com

ФГБУН Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства - обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра Казанского научного центра РАН, г. Казань, Россия.

PROTECTION OF SOUR CHERRY FROM COCCOMYCOSIS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

G.E. Osipov, N.V. Petrova, A.A. Karpova

Abstract. The purpose of the research was a comparative assessment of the use of the biological drug Bactofit and the chemical drug Skor in protecting varieties of sour cherry from coccomycosis in the Republic of Tatarstan. The objects of study were varieties of ordinary cherry (*Prunus cerasus* L.) Nizhnekamskaya – early ripening, Shakirovskaya – medium ripening and Obil'naya – late ripening. Sour cherry plants were treated after the end of flowering, after 6 p.m. with the biological drug Bactofit 4 times after 7 days, with the chemical drug Skor – 2 times after 14 days. The concentration of the Skor solution was 2 ml/10 l, Bactofit – 30 ml/10 l. The control sour cherry plants were not treated with drugs. The growing seasons of 2020-2021 were dry. In 2020, the hydrothermal coefficient (GTC) for the growing season was 0.64, for the summer period – 0.57. GTC for the growing season of 2021 was 0.48, for the summer months – 0.19. In the Republic of Tatarstan in 2020-2021, the Nizhnekamskaya cherry variety (25%) was affected by coccomycosis less than the Shakirovskaya (36.7%) and Obil'naya (30%) varieties. The biological effectiveness of the chemical preparation Skor (67.3%) is higher than the biological preparation Bactofit (59.2%). The share of the influence of drugs on the incidence of cherry leaves with coccomycosis is 38.2%, the share of the influence of varieties is 3.2%, the share of the influence of head conditions is 0.2%, the share of the influence of the interaction of drugs with varieties is 29.5%, the share of the influence of the interaction of drugs with the conditions of the year is 3.7%, the share of the influence of the interaction of varieties with the conditions of the year is 9.8%, the share of the effect of the interaction of drugs, varieties and conditions of the year – 13.0%. The development of coccomycosis on sour cherry leaves on average for 2020-2021 ranged from 14.9% in the Nizhnekamskaya variety to 25.5% in the Shakirovskaya variety. The disease has received significantly less development when processing sour cherry plants with the chemical preparation Skor. The treatment of plants of the Nizhnekamskaya variety with the chemical preparation Skor gives the greatest, reliable increase in productivity. In sour cherry breeding for resistance to coccomycosis, it is recommended to use the Nizhnekamskaya variety.

Key words: sour cherry (*Prunus cerasus* L.), variety, chemical preparation Skor, biological preparation Bactofit, coccomycosis, susceptibility, productivity.

For citation: Osipov G.E., Petrova N.V., Karpova A.A. Protection of sour cherry from coccomycosis in the republic of Tatarstan. *Agrobiotechnology and Digital Agriculture*. 2024; 3(11): 47-53

References

1. Tikhonov A. G., Kashirskaya N. Y. [Assessment of the resistance of cherry varieties to coccomycosis – the basis of a modern differentiated approach to the protection system of a cherry orchard]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2014; 38. 2: 151-157. EDN: RRTIWB
2. Stegmeir T., Schuster M., Sebolt A. Cherry leaf spot resistance in cherry (*Prunus*) is associated with a quantitative trait locus on linkage group 4 inherited from *P. canescens*. *Molecular Breeding*. 2014; 34(3): 927–935. <https://doi.org/10.1007/s11032-014-0086-3>
3. Božić V., Vuković S., Lazić S. (). Control of *Blumeriella jaapii* and determination of fungicide residues in sour cherry fruits. *Acta Hort.* 2021; 1308: 345-348. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1308.49>
4. Yin L. F., Chen G. K., Chen S. N. First Report of Brown Rot Caused by *Monilia mumeicola* on Chinese Sour Cherry in Chongqing Municipality, China. *Plant disease*. 2014; 98. 7: 1009. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-14-0029-PDN>
5. Nasonova G. V. [The problem of combating moniliosis on cherries and ways to solve it]. *Sovremennoye sadovodstvo*. 2017; 3: 65-73. <https://doi.org/10.24411/2218-5275-2017-00018>
6. Lenitseva M. S., Radchenko E. E., Kuznetsova A. P. [Genetic diversity of varieties of stone crops (genus *Prunus* L.) resistant to coccomycosis]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2017; 52. 5: 895-904. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.895rus>. EDN: ZRXNXX
7. Spivak V. V., Burmenko Yu. V. [Problems of creating breeding material of the subgenus *Cerasus* (Mill.) A. Gray with resistance to coccomycosis (*Blumeriella jaapii* (Rehm) Arx)]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2023; 73(1): 7-16. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2023-73-7-16>
8. Peng J., Rojas J. A., Sang H. Draft Genome Sequence Resource for *Blumeriella jaapii*, the Cherry Leaf Spot Pathogen. *Phytopathology*. 2020; 110(9): 1507-1510. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-20-0082-A>. Epub 2020 Jul 9. PMID: 32338196.
9. Cory A., Outwater, Tyre J., Proffer, Nikki L. Rothwell Boscalid Resistance in *Blumeriella jaapii*: Distribution, Effect on Field Efficacy, and Molecular Characterization. *Plant disease*. 2019; 103. 6: 1112-1118. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-18-1555-RE>
10. Efremov I. N., Gulyaeva A. A., Berlova T. N. [Resistance of cherry cultivars of the VNIISPK bioresource

collection to fungal diseases]. *Sovremennoye sadovodstvo*. 2024; 1: 50-59. EDN: CXXKWK

11. Efremov I. N., Gulyaeva A. A., Berlova T. N. [Assessment of the resistance of cherry varieties of the VNIISPK gene pool to coccomycosis]. *Vestnik agrarnoy nauki*. 2020; 3 (84): 26-30. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.3.26>

12. Kuznetsova A. P., Lenivtseva M. S. [Isolation of varieties of stone crops (genus *Prunus* L.) resistant to coccomycosis]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2021; 69: 44-53. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-44-53>. EDN: BEWRZG

13. Kopnina T. A., Zaremkov R. S. [The study of the genetic resources of the common cherry (*Cerasus vulgaris* L.) in the conditions of the Kuban horticulture zone]. *Nauchnyye trudy SKFNTSSVV*. 2022; 34: 52-57. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2022-34-52-57>

14. Mishchenko I. G. [Trends in the spread of diseases of stone crops in the climatic conditions of the Krasnodar Territory]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2014; 29: 76-87. EDN: SMGFRV

15. Andersen K. L., Sebolt A., Sundin G. W. Assessment of the inheritance of resistance and tolerance in cherry (*Prunus* sp.) to *Blumeriella jaapii*, the causal agent of cherry leaf spot. *Plant Pathology*. 2018; 67(3): 682-691. <https://doi.org/10.1111/ppa.12765>

16. Dmitrieva N. Y., Gavrilova A. S. *Bolezni i vrediteli fruktov. Noveyskiye preparaty dlya zashchity* [Diseases and pests of fruits. The latest drugs for protection]. M.: Eksmo. 2015. 256

17. Gleason, J.; Peng, J.; Proffer, T.J. Resistance to Boscalid, Fluopyram and Fluxapyroxad in *Blumeriella jaapii* from Michigan (U.S.A.): Molecular Characterization and Assessment of Practical Resistance in Commercial Cherry Orchards. *Microorganisms*. 2021; 9: 2198. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9112198>

18. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* [The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops]. Pod red. Y. N. Sedova, T. P. Ogol'tsovoy. Orel: VNIISPK. 1999. 608.

Conflict of interest

The authors declares that there is no conflict of interest. Ecological and genetic approaches to the creation and conservation of plant and animal resources, the expansion of their adaptive potential and biodiversity, the development of conservation agrotechnologies in order to increase the sustainability of high-quality products, achieve safety for human health and the environment.

Authors:

Osipov Gennady Emelyanovich – doctor of agricultural sciences, chief researcher of the laboratory of fruit crops breeding, e-mail: osipovge@mail.ru

Petrova Natalya Vladislavna – researcher of the laboratory of fruit crops breeding, e-mail: Sweetnadira@internet.ru

Karpova Anna Aleksandrovna – junior researcher at the laboratory of fruit crop breeding, e-mail: anjakarpova495@gmail.com

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture is a separate structural unit of the Federal Research Center of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ НА ФОНЕ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**Р. М. Сабирова, И. Х. Вафин**

Реферат. В России яровая тритикале возделывается на небольших площадях, а для Республики Татарстан является новой культурой. В основном возделывается для кормовых целей. Изучение возможностей возделывания яровой тритикале в разных почвенно-климатических условиях с применением разных видов удобрений вызывает большой интерес. Целью исследований являлась оценка продуктивности яровой тритикале сорта Тимур на фоне современных удобрений и в почвенно-климатических условиях Предкамья Республики Татарстан. Исследования проводились в 2021-2022 годах на серых лесных почвах. Объектом исследования являлось яровая тритикале сорта Тимур. Метеорологические условия и применение препарата «Металлоцен» Д при обработке семян перед посевом, в норме 0,3 мл/тонну, и опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения препаратами АгроНАН Актив и АгроНАН Органик в норме 0,2 л/га определяли продуктивность растений яровой тритикале. Биометрические показатели, данные структуры урожая и урожайности яровой тритикале были выше в благоприятных условиях 2022 года и с применением удобрительных препаратов, с привилегией варианта с использованием препарата «Металлоцен» Д при обработке семян перед посевом, в норме 0,3 мл/тонну, и при листовой обработки растений в фазах выхода в трубку и колошения препаратами АгроНАН Актив в норме 0,2 л/га. Урожайность составила от 4,3 до 7,7 т/га в зависимости от вариантов опыта и года исследований. Развитие и распространенность корневых гнилей на растениях яровой тритикале на фоне удобрений было ниже в сравнении с контрольным вариантом.

Ключевые слова: яровая тритикале (spring triticale), удобрения, биометрические показатели, продуктивность, экономическая эффективность.

Для цитирования: Сабирова Р.М., Вафин И.Х. Оценка продуктивности яровой тритикале на фоне удобрений в условиях Предкамья Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. №3 (11). С. 54-59

Введение. Во всем мире производства зерновых культур сопровождается с созданием новых районированных сортов культур и технологий их возделывания [1, 2, 3].

В аграрную промышленность вводятся редко возделываемые культуры, необходимые для нынешних экономическо-политических условиях. Яркими представителями являются соя, нут, чечевица и др. культуры [4, 5, 6].

На рубеже 21 столетия ученые-селекционеры создали уникальную культуру, названную тритикале. Выращиванием тритикале в основном занимались в странах Западной Европы. В аграрный сектор нашей страны тритикале входит медленно. Хозяйственники с осторожностью возделывают его, из-за высокого роста, приводящему полеганию и создающему неудобство при уборочных работах. Основными регионами возделывания тритикале являются Белгородская, Курская, Волгоградская Псковская, Воронежская, Брянская, Ростовская, Владимирская, Калининградская области и Республика Башкортостан, где средняя урожайность составляет около четырех тонн с гектара [7, 8].

В большинстве случаев тритикале является кормовой культурой, из-за наличия в составе лизина, углеводов, белка больше чем в пшенице, и во ржи. Она используется как зеленый корм, особенно для дойных коров, повышает жирность и количества надоев молока, увеличивает экономическую эффективность возделывания зеленого корма. Также применяется как зернофуражная культура. В зерне яровой тритикале содержится около 19% белка, много аминокислот, и они быстро

усваиваются. Данные показатели дают возможность использовать его при кормлении свиней. Наблюдается увеличение привеса свиней на 30%, уменьшение затрат на более чем 20% [9].

Заготовка высококачественного силоса имеет важное значение в животноводстве [10]. Содержание в составе силоса из тритикале большого количества сахаров привлекает корм производителей. Тритикале имеет способности к медленному высушиванию, поэтому его можно использовать как зеленый корм даже после фазы цветения. В фазе восковой спелости тритикале применяют для заготовки гранул и брикетов [7].

Было проведено много исследований по влиянию удобрений на урожайность полевых культур. Удобрения повышают урожайность и улучшают качества зерна зерновых культур, в том числе и яровой тритикале [11, 12, 13].

Современные формы удобрений повышают стрессоустойчивость культур и устойчивость к болезням [14, 15, 16]. Применение данных удобрений в разных почвенно-климатических условиях вызывает большой интерес [17, 18].

В Республике Татарстан яровая тритикале является новой культурой, и оценка его продуктивности с применением разных форм современных удобрений является актуальной.

Цель исследований – оценка продуктивности яровой тритикале сорта Тимур на фоне современных удобрений и в почвенно-климатических условиях Предкамья Республики Татарстан.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили в 2021-2022 годах на

опытных полях ООО «Агробиотехнопарк» Казанского ГАУ Республики Татарстан. Площадь опытной делянки: 20-25 м². Повторность: 4-х кратная, размещение делянок последовательное.

Почвы опытного участка – серая лесная, тяжелосуглинистая. Агрохимические показатели почвы: содержание гумуса по Тюрину 3,0% (ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора очень высокое – > 250 мг/кг и обменного калия – повышенное – 145 мг/кг по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011). Реакция почвенной среды была равно 5,6.

Возделывался сорт яровой тритикале Тимур, включённый в Госреестр по Средневолжскому (7) региону.

Для обработки семян использовали удобрительный комплекс «Металлоцен» Д в норме 0,3 мл/т, состоящий из мезо- и микроэлементов. «Металлоцен» Д отменяет недостачу марганца, усиливает стрессоустойчивость и устойчивость растений к болезням.

В фазах выхода в трубку и колошения яровой тритикале, в норме 0,2 л/га в виде листовой подкормки применяли микроудобрения из серии АгроНАН – АгроНАН Актив и АгроНАН Органик, состоящее из микроэлементов. АгроНАН Актив является системно-контактным препаратом фунгицидного и антибактериального действия. АгроНАН Органик способствует повышению усвоения растениями азота и фосфора из минеральных удобрений и работу ферментов.

Посев провели 12, 14 мая, уборку 8 и 10 августа в зависимости от года исследования.

Изучали следующие варианты:

Контроль без удобрений;

Обработка семян «Металлоцен» Д (0,3 мл/т) + опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения АгроНАН Органик (0,2 л/га);

Обработка семян «Металлоцен» Д (0,3 мл/т) + опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения АгроНАН Актив (0,2 л/га).

В опытах проводили следующие учёт, анализы и наблюдения:

1. Определение болезней (корневых гнилей) проводили по Методике МОБИР (Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений. - М.: Агропромиздат, 1987. 224 с.).

2. Наблюдения за развитием растений проводили по методикам Госсортоиспытания (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. - М., 1989. 193 с.).

3. Биологическую урожайность рассчитали по методу отбора проб.

4. Урожайность семян культур учитывали путём деляночного обмолота комбайном Сампо. Урожай семян пересчитывали на 14%-ную влажность и 100% чистоту.

5. Статистическая обработка данных проводили по общепринятым методикам

(Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.).

Результаты и обсуждение. Наблюдали следующие фазы развития яровой тритикале: всходы, 1, 2, 3 листа, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, созревание. В длительности фаз развития яровой тритикале по годам особых различий не было.

Метеорологические условия и почвенный покров создают условия определяющие всхожесть семян. По результатам наших исследований почвенный покров был прогрет, количество осадков в мае 2021 года было на 36,5% ниже нормы, в 2022 году на 21% выше нормы. Совокупность данных условий и хорошее качество семенного материала определила всхожесть семян в контрольных вариантах, что составило 87,1 и 93,6% соответственно годам исследований. При обработке семян «Металлоцен» Д (0,3 мл/т) полевая всхожесть составила - в 2021 году 89,6; 88,9%, в 2022 году 99,5; 99,5% соответственно вариантам исследования.

Такие показатели, как густота стояния растений и численность растений во время уборки определяют урожайность полевых культур. Вегетационный период растений 2021 года отличился аномальной засухой, более 33% растений погибло, показатель численности растений к уборке по вариантам исследования равнялся к 66,8; 69,4; 70,0%. В 2022 году погодные условия были благоприятными для роста и развития растений, и сохранность их к уборке составила более 86,4; 87,4, 88,4% соответственно вариантом исследования. В удобренных вариантах количество выживших растений к уборке было выше, в сравнении с контрольным вариантом.

Погодные условия и удобрения определяли и ростовые показатели основного стебля растений ярового тритикале, что в контрольном варианте, в 2021 году составили 62,2 см и 67,33 см, против показателей 2022 года – 84,3 см и 99,6 см, соответственно фазам развития – колошения и полной спелости. А в удобренных вариантах показатели были выше: в 2021 году составили 62,5 см; 71,26 см и 67,35 см; 74,3 см., в 2022 году 98,6 см; 111,4 см и 97,4 см; 113,6 см. соответственно вариантам и фазам исследования. Показатели длины основного стебля указывают, что в удобренных вариантах они выше в сравнении с контролем без удобрений, с привилегией варианта - обработка семян «Металлоцен» Д и опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения АгроНАН Актив.

Что касается количеству листьев, то данный показатель в фазах колошения и полной спелости было равно в 2021 году 4-4,3; 3,5-3,9 штук, в 2022 году 4,2-4,9; 3,6-4,1 штук на растение. Количество листьев в растениях в благоприятном 2022 году была больше в сравнении с 2021 годом. В удобренных вариантах облиственность растений главного стебля было больше в сравнении с контрольным

вариантом, с доминированием варианта обработка семян «Металлоцен» Д и опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения АгроНАН Органик.

В засушливом 2021 году средняя площадь листовой поверхности растений яровой тритикале в фазу колошения равнялась 14,4; 17,9; 18,2 тыс. м²/га, в благоприятных условиях 2022 года 28,6; 30,7; 31,1 тыс. м²/га соответственно вариантам и с привилегией удобренных вариантов.

Длина извлеченных корней из почвы в среднем за два года исследований по вариантам опыта составила - в фазе колошения 7-10 см, в фазе полной спелости 9-10 сантиметров.

Обработка семян препаратом «Металлоцен» Д и опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения АгроНАНом привело к снижению развития корневой гнили на растениях яровой тритикале, что в 2021 году в фазе выхода в трубку они отсутствовали или слабо развивались. В фазах цветения в данных вариантах наблюдалось появление корневой гнили, но в незначительном количестве (0,5-0,6%).

В 2022 году в фазах выхода в трубку и колошения, в удобренных вариантах развитие корневой гнили не наблюдали, в контрольном варианте соответствовало 0,63 и 0,4% соответственно фазам развития. В фазе молочной спелости данные были равны 20,0; 9,0; 8,6% соответственно вариантам, в удобренных вариантах показатели были в два раза ниже в сравнении с контрольным вариантом. К фазе молочной спелости распространенность корневой гнили увеличивается до 50-60% в зависимости от варианта опыта.

Нехватка влаги в фазе кущения растений

повлияло на численность продуктивных стеблей и на урожайность яровой тритикале. В благоприятном 2022 году количество продуктивных стеблей было выше на 17,6; 23,0 23,2% в сравнении с показателями 2021 года соответственно вариантам. Быстрое прохождение фаз развития не дает возможности растениям яровой тритикале хорошо раскуститься, что коэффициент продуктивной кустистости равняется в основном 1,0 или 1,1. Удобрения не оказали влияния на продуктивную кустистость растений яровой тритикале. Данные по количеству зерен в колосе были выше в 2021 году в сравнении с 2022 годом и было видно доминирование удобренных вариантов. Масса 1000 семян в благоприятном 2022 году было выше на 25,0; 24,0; 24,1 процентов в сравнении с 2021 годом, соответственно вариантом. По всем показателям среди удобренных вариантов привилегию имел вариант с внесением препарата «Металлоцен» Д при обработке семян перед посевом, в норме 0,3 мл/тону, и опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения препаратом АгроНАН Актив в норме 0,2 л/га.

Даже в засушливых условиях 2021 года биологическая урожайность яровой тритикале в удобренных вариантах составила 4,6-5,3 т/га, что превысило показатели контрольного варианта на 0,3-1,0 т/га, соответственно вариантам исследования. В благоприятном 2022 году урожайность яровой тритикале было выше на 2,0; 2,6; 2,4 т/га в сравнении с данными 2021 года (табл. 1). По результатам проверки величины НСР₀₅ было установлено, что она равно 0,80; 0,50 т/га, соответственно 2021 и 2022 годам исследования.

Таблица 1 - Структура урожая и урожайность яровой тритикале, 2021-2022 года

Показатели	Варианты					
	Контроль		Обработка семян «Металлоцен» Д ((0,3 мл/т) + опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения АгроНАН Органик (0,2 л/га)		Обработка семян «Металлоцен» Д (0,3 мл/т) + опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения АгроНАН Актив (0,2 л/га)	
	2021 год	2022 год	2021 год	2022 год	2021 год	2022 год
Количество растений, шт./м ²	334,0	432,0	347,0	437,0	350,0	442,0
Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	367,7	446,0	347,0	451,0	350,0	454,0
Количество зерен в колосе, шт.	34,8	31,7	35,9	32,8	39,2	33,3
Масса 1000 семян, г	33,5	44,8	36,9	48,7	38,8	51,0
Урожайность, т/га	4,3	6,3	4,6	7,2	5,3	7,7

Использование микроудобрений «Металлоцен» Д в норме 0,3 мл/т при обработке семян перед посевом, и опрыскивание посевов в фазах выхода в трубку и колошения АгроНАНом при возделывании яровой тритикале оказались экономически эффективными. В удобренных вариантах рентабельность

производства составила в 2021 году - 240,5; 292,4%, в 2022 году 402,8% соответственно вариантом, при закупочной цене на зерно 12000 рублей за тонну. В благоприятном 2022 году показатели урожайности и рентабельности производства на 40 и 27,5% были выше в сравнении с данными 2021 года (табл. 2).

Таблица 2 - Экономическая эффективность возделывания яровой тритикале, 2021-2022 года

Варианты	Урожайность т/га		Уровень рентабельности, %	
	2021 год	2022 год	2021 год	2022 год
1. Контроль без обработки	4,3	6,4	225,0	383,7
2. Обработка семян «Металлоцен» Д (0,3 мл/т) + опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения АгроНАН Органик (0,2 л/га)	4,6	6,8	240,5	402,8
3. Обработка семян «Металлоцен» Д (0,3 мл/т) + опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения АгроНАН Актив (0,2 л/га)	5,3	6,8	292,4	402,8

Выводы. 1. Метеорологические условия определяли продуктивность растений яровой тритикале, в засушливых условиях 2021 года биометрические показатели, показатели структуры урожая и урожайности яровой тритикале были ниже в сравнении с данными благоприятного 2022 года.

2. Применение препарата «Металлоцен» Д при обработке семян перед посевом, в норме 0,3 мл/тонну, и опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения препаратом АгроНАН Актив и АгроНАН Органик в норме 0,2 л/га

увеличивали биометрические данные, данные структуры урожая и урожайности яровой тритикале, с доминированием применения препарата АгроНАН Актив.

3. Использование препарата «Металлоцен» Д при обработке семян перед посевом, в норме 0,3 мл/тонну, и опрыскивание в фазах выхода в трубку и колошения препаратом АгроНАН Актив и АгроНАН Органик в норме 0,2 л/га уменьшили развитие и распространенность корневой гнили на растениях яровой тритикале.

Литература

1. Prospects for the use of a new non-traditional culture spring triticale in the precise agriculture system in the North-Kazakhstan region / A. K. Kurishbayev, B. K. Kanafin, N. A. Shestakova et al. // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2020. No 2(105). P. 4-12. EDN WBBDBL.
2. Zakirzhan B. I., Shakirov R. S., Sabirova R. M. Adaptive technologies for intensification of winter wheat grain production in biologized crop rotation. Web of Conferences 17, 00067 (2020). EDN CBPICD.
3. Амиров М. Ф., Шайхутдинов Ф. III., Сержанов И. М. Агробιοιολογιcкιe oснoвy фoрμιρoвaнιa вьсoкoкaчecтвeннoгo урoжaя зepнa вιδoв яpoвoй пшeнιць в лecocтeпι cpeднeгo Пoвoлжья // Вecтнιк Кaзaнcкoгo гocудapcтвeннoгo aгpaрнoгo унιвepcιтeтa. 2019. № 1(55). C. 5-9. EDN EBGRUB.
4. Сaбιρoвa P. M., Бaхтιяρoв P. P., Гaтaуллιн H. P. Пepcпeктивь вoздeлывaнιя нyтa в Рecпyблκи Тaтapcтaн // Бιoлoгичecкaя зaщιтa рacтeнιй c ιcпoльзoвaнιeм гeнoмньx тeхнoлoгιй: cбopнκ нaучньx тpyдoв пo мaтepиaлaм I вcepoccийcкoй нaучнo-пpaктичecкoй кoнфepeнцιи. Кaзaнь, 2022. C. 234-240. EDN FSHCYJ
5. Шарипова Г. Ф., Колесар В. А., Сафин Р. И. Эффективность применения удобрений с микроэлементами на различных сортах сои // Плодородие. 2020. №3 (114). С. 9-11. EDN OYTCAK.
6. Valeria Kolesar, Gulsia Sharipova, Diana Safina, and Radik Safin. Use of foliar fertilizers on soybeans in the Republic of Tatarstan. BIO Web of Conferences 17, 00069 (2020). <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700069>, FIES 2019.
7. Тысленко А. М. Посевные площади и урожайность тритикале в Российской Федерации // Инновационные сорта и технологии возделывания яровой тритикале. Владимир, ФГБНУ ВНИИОУ: ПресСто, 2017. С. 6-14. EDN ZAHFSJ
8. Понамарев С. Н. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур в Республике Татарстан / Под редакцией д.б.н., профессора М. Л. Понамаревой, академика АН РТ Л. П. Зариповой. – Казань: «Фэн» Академии наук РТ, 2013. 447 с.
9. Особенности технологии возделывания ярового тритикале / С. И. Гриб, В. Н. Буштевич, Т. М. Булавина, А. А. Мандрикевич // Земледелие и защита растений. 2019. № S1. С. 11-14. EDN GNMUZY.
10. Михайлова М. Ю., Миникаев Р. В. Динамика макроэлементов в серой лесной почве под посевами кукурузы на зеленую массу в условиях Предволжья Республики Татарстан при внесении повышенных норм минеральных удобрений // Плодородие. 2020. № 3 (144). С. 12-14. EDN KVKHTS.
11. Влияние азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы и яровой тритикале в условиях ЦРНЗ / Е. С. Энзекрей, О. А. Щуклина, А. А. Соловьев, А. В. Полховский // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: материалы Всер. научн.-практ. конф. посвящ. дню образ. ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Белгород: ЗАО «Белгородская областная типография», 2020. С. 158-161. EDN FQJBRJ
12. Кадырова Ф. З., Климова Л. Р. Влияние биологически активных препаратов на формирование продуктивности растений гречи // Плодородие. 2020. № 3 (114). С. 44-47. EDN RIOOSN.
13. Сaбιρoвa P. M., Хисaмιeв Ф. Ф., Шaкιρoв P. C. Эффeктивнoсть пpимeнeнιя гpaнyлиpoвaннoгo кyрιнoгo пoмeтa кaк oснoвнoгo yдoбpeнιa нa ceрьx лecньx пoчвax Рecпyблκи Тaтapcтaн // Плoдopoдиe. 2020. № 3(114). C. 29-31. EDN BJGAOV
14. Биологическая защита растений от стрессов / Л. З. Каримова, В. А. Колесар, Р. И. Сафин, Г. К. Хузина. Казань. 2020. 128 с. EDN RAMJRW

15. Экономические показатели применения антистрессовых и фитогормонных препаратов на посевах ярового рапса Руян в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан / Ф. Н. Сафиоллин, М. М. Хисматуллин, С. Р. Сулейманов, С. В. Сочнева [и др.] // Финансовый бизнес. 2021. № 6(216). С. 78 - 83. EDN UVAMHP

16. Даминова А. И., Сибгатуллова А. К. Регуляторы роста, повышающие продуктивность сои // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 3(7). С. 12-17. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-issn0536-1036.2019/6.104>.

17. Изменение термических ресурсов вегетационного периода и урожайность яровой пшеницы в условиях Среднего Поволжья / А. Р. Сержанова, М. Ю. Гилязов, Ф. Ш. Шайхутдинов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 1(69). С. 38-44. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-38-44>. EDN HNZZKC.

18. Влияние некорневых подкормок на формирование генеративных органов у кукурузы / М. Ю. Михайлова, Р. В. Миникаев, М. Ф. Амиров [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19, № 1(73). С. 12-17. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2024-12-17>. EDN MZJAIB.

Конфликт интересов

Конфликт интересов отсутствует. Финансирование работы отсутствует.

Сведения об авторах:

Сабирова Рафина Мавлетгараевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: razina.sabirova.1975@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8001-3133>

Вафин Ильшат Хафизович – старший преподаватель, e-mail: zemledeliekazgau@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1415-0734>

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

ASSESSMENT OF THE PRODUCTIVITY OF SPRING TRITICALE AGAINST THE BACKGROUND OF FERTILIZERS IN THE CONDITIONS OF THE ANCESTRAL REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

R. M. Sabirova, I. H. Vafin

Abstract. In Russia, spring triticale is cultivated on small areas, and for the Republic of Tatarstan it is a new crop. It is mainly cultivated for forage purposes. The study of the possibilities of cultivating spring triticale in different soil and climatic conditions using different types of fertilizers is of great interest. The purpose of the research was to assess the productivity of spring triticale of the Timur variety against the background of modern fertilizers and in the soil and climatic conditions of the Ancestral region of the Republic of Tatarstan. The studies were conducted in 2021-2022 on gray forest soils. The object of the study was the spring triticale of the Timur variety. Meteorological conditions and the use of Metalocene D during seed treatment before sowing, normally 0.3 ml/ton, and spraying in the phases of tube entry and earing with AgroNAN Active and AgroNAN Organic preparations, normally 0.2 l/ha, determined the productivity of spring triticale plants. Biometric indicators, data on the yield structure and yield of spring triticale were higher in favorable conditions in 2022 and with the use of fertilizers, with the privilege of using Metalocene D in seed treatment before sowing, normally 0.3 ml/ton, and spraying in the phases of tube entry and earing with AgroNAN Active preparations is normal 0.2 l/ha. The yield ranged from 4.3 to 7.7 t/ha, depending on the experience options and the year of research. The development and prevalence of root rot on spring triticale plants against the background of fertilizers was lower in comparison with the control variant.

Keywords: spring triticale, fertilizers, biometric indicators, productivity, economic efficiency.

For citation: Sabirova R.M., Vafin I.H. Assessment of the productivity of spring triticale against the background of fertilizers in the conditions of the Ancestral region of the Republic of Tatarstan. *Agrobiotechnology and digital agriculture*. 2024; 3(11): 54-59

References

1. Kurishbayev A. K., Kanafin B. K., Shestakova N. A. Prospects for the use of a new non-traditional culture spring triticale in the precise agriculture system in the North-Kazakhstan region / Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2020; 2(105): 4-12. EDN WBBDBL.
2. Zakirzhan B. I., Shakirov R. S., Sabirova R. M. Adaptive technologies for intensification of winter wheat grain production in biologized crop rotation. Web of Conferences. 2020; 17: 00067. EDN CBPICD.
3. Amirov M. F., Shaikhutdinov F. Sh., Serzhanov I. M. [Agrobiological foundations of the formation of a high-quality grain harvest of spring wheat species in the forest-steppe of the Middle Volga region]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; 1(55): 5-9. EDN EBGURB.
4. Sabirova R. M., Bakhtiyarov R. R., Gataullin N. R. [Prospects of chickpea cultivation in the Republic of Tatarstan]. Biologicheskaya zashchita rastenij s ispol'zovaniem genomnykh tekhnologij: sbornik nauchnykh trudov po materialam I vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kazan', 2022. 234-240. EDN FSHCYJ.
5. Sharipova G. F., Kolesar V. A., Safin R. I. [The effectiveness of fertilizers with trace elements on various soybean varieties]. Plodorodie. 2020; 3 (114): 9-11. EDN OYTCAK.
6. Valeria Kolesar, Gulsia Sharipova, Diana Safina Use of foliar fertilizers on soybeans in the Republic of Tatarstan. BIO Web of Conferences. 2020; 17: 00069. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700069>, FIES 2019.
7. Tyslenko A. M. [Acreage and yield of triticale in the Russian Federation]. Innovacionnye sorta i tekhnologii vozdevlyvaniya yarovoj tritikale. Vladimir. 2017; 6-14. EDN ZAHFSJ.
8. Ponamarev S. N. Selekcija i semenovodstvo sel'skokhozyajstvennykh kul'tur v Respublike Tatarstan. [Breeding and seed production of agricultural crops in the Republic of Tatarstan]. Pod redakciej d.b.n., professora M. L. Ponamarevoj, akademika AN RT L. P. Zaripovoj. Kazan'. 2013; 447.
9. Grib S. I., Bushtevich V. N., Bulavina T. M. [Features of the technology of cultivation of spring triticale]. Zemledelie i zashchita rastenij. 2019; 1: 11-14. EDN GNMUZY.
10. Mikhailova M. Yu., Minikaev R. V. [Dynamics of macronutrients in gray forest soil under corn crops for green mass in the conditions of the Pre-Volga region of the Republic of Tatarstan when applying increased norms of mineral fertilizers]. Plodorodie. 2020; 3 (144): 12-14. EDN KVKHTS.
11. Enzekrey E. S., Shchuklina O. A., Solovyov A. A. [The effect of nitrogen fertilizers on the yield of spring wheat and spring triticale in the conditions of the CRNZ]. Aktual'nye problemy funkcionirovaniya ustojchivyx agrocenozov v sisteme adaptivno-landshaftnogo zemledeliya: materialy Vser. nauchn.-prak. konf. posvyashch. dnyu obraz. FGBNU

- «Belgorodskij FANC RAN». Belgorod: ZAO «Belgorodskaya oblastnaya tipografiYA». 2020; 158-161. EDN FQJBRJ
12. Kadyrova F. Z., Klimova L. R. [The effect of biologically active drugs on the formation of productivity of buck-wheat plants]. *Plodorodie*. 2020; 3 (114):44-47. EDN RIOOSN.
13. Sabirova R. M., Khisamiev F. F., Shakirov R. S. [The effectiveness of the use of granular chicken manure as the main fertilizer on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. *Plodorodie*. 2020; 3(114): 29-31. EDN BJGAOV
14. Karimova L. Z., Kolesar V. A., Safin R. I. *Biologicheskaya zashchita rastenij ot stressov*. [Biological protection of plants from stress]. Kazan', 2020; 128. EDN RAMJRW.
15. Safiollin F. N., Khisimatullin M. M., Suleymanov S. R. [Economic indicators of the use of anti-stress and phyto-hormone preparations on spring rape crops Ruyan in soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan]. *Finansovyy biznes*. 2021; 6(216): 78-83. EDN UVAMHP
16. Daminova A. I., Sibgatullova A. K. [Growth regulators that increase soybean productivity]. *Agrobiotekhnologii i cifrovoe zemledelie*. 2023; 3(7): 12-17. <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019/6.104>.
17. Serzhanova A. R., Gilyazov M. Y., Shaikhutdinov F. Sh. [Changes in the thermal resources of the growing season and the yield of spring wheat in the conditions of the Middle Volga region]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; 1(69): 38-44. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-38-44>. EDN HNZXKC.
18. Mikhailova M. Y., Minikaev R. V., Amirov M. F. [The influence of non-root top dressing on the formation of generative organs in corn]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024; 1(73): 12-17. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2024-12-17>. EDN MZJAIB.

Conflict of interest

There is no conflict of interest. There is no funding for the work.

Authors:

Sabirova Razina Mavletgaraevna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: razina.sabirova.1975@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8001-3133>

Ilshat Khafizovich Vafin – Senior lecturer at the Department, e-mail: zemledeliekazgau@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1415-0734>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Л. М. Егоров, Р. И. Гараев, К. Н. Давлетов**

Реферат. Исследования проводили в 2022-2023 году с целью выявления действия агротехнических приемов с дальнейшим определением приоритетных направлений повышения продуктивности картофеля и экономической эффективности в условиях Предкамской и Закамской зонах Республики Татарстан. Полевые опыты были проведены на серо-лесных тяжелосуглинистых почвах опытного поля Казанского ГАУ и выщелоченных черноземных почвах среднесуглинистого гранулометрического состава в севообороте КФХ «Давлетов Н.Г.» Мензелинского района Республики Татарстан. В соответствии с задачами исследований была выбрана схема двухфакторного опыта: фактор (А) – орошение в фазе бутонизации первый полив и клубнеобразования – два полива с интервалом через 12 дней, фактор (В) – фон питания: без удобрений (контроль); $N_{60}P_{60}K_{90}$ кг д.в. на га; $N_{60}P_{60}K_{90} + 60$ т навоза на га. В среднем за 2 года на опытном поле «Агробiotехнопарк» Казанского ГАУ на естественном фоне питания от использования орошения прибавка урожая составила 5,9 т клубней с га по сравнению с вариантом без искусственного дождевания, а в сочетании с внесением $N_{60}P_{60}K_{90}$ на га, прибавка урожая составила на 39 % больше по сравнению с контролем. Максимальную прибавку урожая – 11,2 т/га обеспечивал вариант с использованием дождевания и с внесением $N_{60}P_{60}K_{90} + 60$ т навоза на га. На богаре прибавка урожая от внесения только минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{90}$) составила 1,9 т/га, а в сочетании с органикой (60 т навоза на 1 га) – 4,7 т/га. Средние данные за 2 года в условиях КФХ «Давлетов Н.Г.» выявлено преимущество совместного внесения минеральных удобрений с органикой при орошении. Прибавка урожая по отношению к контролю составила 15,5 т клубней с 1 га. В условиях серых лесных почв Предкамья Республики Татарстан наибольший чистый доход с 1 га – 232,8 тыс. рублей, при наименьшей себестоимости 1 т клубней картофеля – 4516 руб, наивысшем уровня рентабельности – 165,7 % был достигнут на варианте $N_{60}P_{60}K_{90} + 60$ т навоза на 1 га при искусственном дождевании. В условиях черноземных почв Закамья Республики Татарстан, где расположен КФХ «Давлетов Н.Г.» максимальный чистый доход – 334,9 тыс. руб./га при уровне рентабельности – 234,6 % также был достигнут на варианте при внесении $N_{60}P_{60}K_{90} + 60$ т навоза на 1 га при орошении.

Ключевые слова: клубни картофеля, удобрения, органика, орошение, урожай, прибыль, уровень рентабельности.

Для цитирования: Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанов И.М., Егоров Л.М., Гараев Р.И., Давлетов К.Н. Влияние агротехнических приемов выращивания картофеля на урожайность и экономическую эффективность в условиях Республики Татарстан // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2024. №3 (11). С. 60-66

Введение. В решении важнейшей задачи повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения их качества особое место занимают вопросы оптимальных условий обеспечения растений питательными веществами в течении всего периода вегетации. Результаты многих исследований свидетельствуют, что вырастить высокие урожаи клубней картофеля без применения удобрений не возможно [1, 2, 3]. Максимальная урожайность формируется лишь при обеспечении всеми элементами в необходимых пропорциях, то есть сбалансированном питании растений [4, 5, 6].

Важным направлением достижения социально-экономической стабильности страны выступает устойчивое поступательное развитие отраслей отечественной экономики. В большей степени это относится к аграрной сфере, предприятия которой обеспечивают население продуктами питания и продовольственную безопасность страны. Для неуклонного повышения темпов роста объемных показателей при производстве сельскохозяйственной продукции, достижения финансово

устойчивой работы субъектов аграрного бизнеса необходимо выявление тенденции и определение приоритетных стратегически важных направлений развития аграрной сферы экономики [7, 8, 9]. С целью снижения влияния природных аномалий, внешних и внутренних политико-экономических рисков в отрасли растениеводства необходимо выделить следующие перспективные направления развития агротехнологических исследований: 1) биологизация земледелия, разработка агротехнологий почвозащитного ресурсосберегающего направления, новых удобрений и систем оптимизации минерального питания растений; 2) Создание единой системы геоинформационных технологий для использования робототехнических комплексов в рамках точного (прецизионного) земледелия; 3) ускоренная селекция высокопродуктивных и устойчивых сортов, гибридов с применением достижений молекулярной генетики и биотехнологии; 4) использование технологий органического земледелия, увеличение производства ценных для функционального и диетического питания культур; 5) развитие мелиоративного

земледелия, технологий закрытого грунта и ситифермерства [10, 11].

Повышение производства картофеля в перспективе будет достигнуто в основном за счет роста урожайности. Однако, основополагающим фактором, снижающим действие многих агротехнических приемов при выращивании картофеля, остается засоренность значительной части посадок [12, 13, 14]. В связи с возрастающими объемами и эффективностью использования химических средств защиты растений от сорняков возникают новые возможности разработки более рациональной технологии выращивания картофеля [15, 16, 17].

Борьба с сорняками может решаться более успешно на основе применения гербицидов в комплексе агротехнических приемов выращивания картофеля [18, 19, 20].

Цель исследований - выявление действия на урожай и экономические показатели комплекса агротехнических приемов возделывания среднераннего сорта картофеля Гала в условиях Республики Татарстан.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили в 2022-2023 годах на опытном поле Казанского ГАУ. Почвы участков серые-лесные и характеризовались следующими агротехническими показателями: содержание гумуса в пахотном слое по И.В. Тюрину – 3,2-3,4%, pH солевой вытяжки (KCl) по Н.И. Алямовскому – 5,2-5,6; сумма поглощенных оснований по Каппену – Гильковину – 119-129 мг экв. на 1000 г почвы; содержание подвижного калия – 138-146 мг/кг, подвижного фосфора очень высокое (>250 мг/кг) по Кирсанову. Почва опытного участка в КФХ «Давлетов Н.Г.» - чернозем выщелоченный среднесуглинистый, снесуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое 5,8-5,9 % (ГОСТ 26213-91), pH сол. 5,9-6,2 (ГОСТ 26483-85), степень насыщения основаниями – 80,3 - 81,5 %, повышенное содержание P_2O_5 – 240-246 мг/кг и обменного калия – 232-234 мг почвы (ГОСТ 26204-91).

В соответствии с задачами исследований была выбрана схема двухфакторного опыта: фактор (А) – орошение в фазе бутонизации и клубнеобразования, фактор (В) – фон питания: I (без удобрений (контроль)); II ($N_{60}P_{60}K_{90}$ кг д.в. на га); III ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + 60 т навоза на 1 га). Предшественник картофеля – озимая пшеница. Осенью после внесения навоза поле вспахали плугом с предплужником на глубину 20-22 см на опытном поле Казанского ГАУ и 25-27 см на поле КФХ «Давлетов Н.Г.». Удобрения в виде суперфосфата, аммиачной селитры и 40 % калийной соли вносили перед посадочной обработкой почвы. На подготовленном для посадки поле высаживали картофель сорта Гала (клубни среднего размера 50 г, обработанные стимулятором роста Гелиос Супер из расчета 1 л на тонну посадочного материала). После посадки за 3-4 дня до всходов, посадки обрабатывали гербицидом Фюзилад форте 0,5 л/га, путем сплошного

опрыскивания из расчета 250 л/га рабочего раствора. В период вегетации проводили необходимый уход за посадками – против вредителей в фазу цветения 2-хкратно обрабатывали инсектицидом Готика из расчета 0,2 л/га препарата. Через 3 недели в процессе клубнеобразования проводили повторную обработку против личинок колорадского жука.

В оба года исследований на опытных участках было проведено 3-хкратное орошение в фазе бутонизации один полив и два полива клубнеобразования картофеля с интервалом 10-12 дней из расчета 300 м² воды на 1 га в условиях Предкамья – оросительной машиной «Казанка», а в КФХ «Давлетов Н.Г.» Bauer Centerstar.

Размер делянок в опытах составил 105 м² при четырехкратной повторности. Посадка была проведена 13 мая в 2022 году и 10 мая – 2023 году.

Гребни формировались с междурядьем 75 см, расстояние между клубнями – 33 см. Норма посадки клубней – 2,5 т или 50 тыс. штук на 1 гектар. Агротехнические мероприятия по уходу за агроценозом картофеля состояли из боронования до всходов и по всходам, рыхления междурядий и двухкратного окучивания.

В опытах велись наблюдения за развитием картофеля по датам наступления фенологических фаз, за ростом надземной массы и формирования ассимиляционной поверхности (методом листовых высечек), учитывали ход накопления общего и товарного урожая путем отбора проб из 20 кустов с варианта. Конечный урожай определяли путем сплошной уборки и взвешивания урожая со всей учетной площади делянки. Качественные показатели картофеля характеризовали содержанием сухого вещества, определяемого путем высушивания навесок в сушильном шкафу до постоянного веса, крахмала – по Эверсу, количество витамина С – по Мурри. Урожайные данные подвергли статистической обработке по методу дисперсионного анализа Б.А. Доспехову (*Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд. М.: Агропромиздат. 1983. 351 с.*).

Результаты и обсуждение. Основополагающим фактором, определяющим урожайность клубней картофеля сорта Гала как на опытном поле «Агробиотехнопарк» Казанского ГАУ, так и КФХ «Давлетов Н.Г.» в Мензелинском районе РТ оказалось взаимодействие комплекса агротехнических мероприятий.

В среднем за 2 года на опытном поле «Агробиотехнопарк» Казанского ГАУ искусственное орошение во всех случаях повышало урожай картофеля в сравнении с соответствующими вариантами без них (табл. 1). На естественном фоне питания от использования орошения прибавка урожая составила 5,9 т с га, а в сочетании с внесением минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{90}$ кг д.в. на га прибавка урожая увеличилась на 39 % по сравнению с контролем. Максимальную прибавку урожая 11,2 т/га с использованием дождевания обеспечивал

АГРОНОМИЯ

вариант с внесением минеральных удобрений в сочетании с использованием органического удобрения (навоза) из расчета 60 т/га.

В условиях серых лесных почв Предкамья Республики Татарстан на богаре улучшения фона питания путем внесения минеральных удобрений, особенно в сочетании с органическими, способствовало повышению продуктивности картофеля. В среднем за 2 года прибавка урожая от внесения только минеральных удобрений составила

1,9 т с га, а в сочетании с органикой этот показатель составил 4,7 т/га.

Эффект от внесения минеральных удобрений резко увеличился при искусственном дождевании. Прибавка урожая с га была больше на 2,3 т по сравнению со вторым фоном питания без орошения. Совместное внесение минеральных удобрений с навозом при орошении способствовало увеличить прибавку урожая более чем 2 раза – 10,0 т с га.

Таблица 1 – Влияние комплекса агротехнических приемов возделывания на продуктивность картофеля сорта Гала Опытное поле «Агробиотехнопарк» Казанского ГАУ

Орошение (А)	Фон питания (В)	Урожайность, т/га				
		2022 год	2023 год	сред.	прибавка	
					от орошения	от фона питания
Без орошения (контроль)	Естественный фон (контроль)	15,9	14,4	15,2	-	-
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ кг д.в. на 1 га	18,2	16,0	17,1	-	1,9
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз 60 т на 1 га	20,8	18,9	19,9	-	4,7
Орошение	Естественный фон (контроль)	21,5	20,6	21,1	5,9	-
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ кг д.в. на 1 га	25,7	24,8	25,3	8,2	4,2
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз 60 т на 1 га	32,6	29,5	31,1	11,2	10,0
НСР ₀₅ А В АВ		2,22	6,00			
		1,59	4,81			
		4,77	3,32			

Наибольший урожай клубней картофеля в производственных условиях КФХ «Давлетов Н.Г.» Мензелинского района РТ получены при орошении и

совместном внесении минеральных удобрений с органикой (навоз 60 т/га) в 2022 году – 40,2 т, в 2023 году – 39,3 т с га (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние комплекса агротехнических приемов возделывания на продуктивность картофеля сорта Гала КФХ «Давлетов Н.Г.» Мензелинского района РТ

Орошение (А)	Фон питания (В)	Урожайность, т/га				
		2022 год	2023 год	сред.	прибавка	
					от орошения	от фона питания
Без орошения (контроль)	Естественный фон (контроль)	18,7	16,5	17,6	-	-
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ кг д.в. на 1 га	21,4	18,3	19,9	-	2,3
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз 60 т на 1 га	25,6	23,0	24,3	-	6,7
Орошение	Естественный фон (контроль)	26,3	25,8	26,1	8,5	-
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ кг д.в. на 1 га	33,6	31,0	32,3	13,0	6,2
	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + навоз 60 т на 1 га	40,2	39,3	39,8	15,5	13,7
НСР ₀₅ А В АВ		2,02	2,22			
		1,10	1,69			
		5,28	5,26			

Практически одинаковая эффективность от применения минеральных и органических удобрений в контрастные по гидротермическим условиям годы (ГТК – 1,35 в 2022 г. и 0,8 – 2023 г.) определялись с искусственным дождеванием картофеля в наиболее критические периоды по отношению к влаге в почве. По средним данным за два года и в условиях производства установлено преимущество совместного внесения минеральных удобрений с органикой при орошении.

Основным фактором, определяющим экономические показатели, была урожайность клубней картофеля. С ростом урожая по вариантам опыта снижалась себестоимость на вариантах с более эффективной агротехникой (внесение минеральных удобрений совместно с органикой и искусственное орошение) в сравнении с другими, как без внесения удобрений и орошения.

Орошение во всех случаях повышали урожай картофеля в сравнении с соответствующими вариантами без орошения, и способствовало увеличению чистого дохода и снижению себестоимости единицы продукции (табл. 3).

На опытном поле «Агробιοтехнопарк» Казанского ГАУ внесенные минеральные удобрения в чистом виде, а также при совместном внесении с органикой, способствуя получению высокого урожая картофеля по сравнению с естественным фоном питания, в значительной мере повышали чистый доход, снижали себестоимость единицы продукции увеличивая при этом уровень рентабельности.

Таблица 3 – Влияние комплекса агротехнических приемов на экономические показатели производства картофеля (среднее за 2022-2023 года)

Варианты	Фон питания	Урожайность, т/га	Стоимость валовой продукции, руб/га	Прямые затраты на 1 га, руб.	Чистый доход, руб./га	Себестоимость, руб/т.	Уровень рентабельности, %
Опытное поле «Агробιοтехнопарк» Казанского ГАУ							
Без орошения (контроль)	I	15,2	182400	122400	60000	8053	49,0
	II	17,1	205200	130700	74500	7643	57,0
	III	19,9	238800	133200	105600	6693	79,3
С орошением	I	21,1	253200	129633	123567	6144	95,3
	II	25,3	303600	137933	165667	5452	120,1
	III	31,1	373200	140433	232767	4516	165,7
КФХ «Давлетов Н.Г.» Мензелинский район РТ							
Без орошения (контроль)	I	17,6	211200	124700	86500	7085	69,4
	II	19,9	238800	133000	105800	6683	79,5
	III	24,3	291600	135500	156100	5576	115,2
С орошением	I	26,1	313200	131933	181267	5055	137,4
	II	32,3	387600	140233	247367	4342	176,4
	III	39,8	477600	142733	334867	3586	234,6

*Примечание: закупочная цена 1 кг картофеля – 12 руб.

Так на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ без орошения чистый доход с га составил 74500 рублей, что на 14500 рублей выше по сравнению с контролем (естественный фон). Себестоимость 1 т картофеля составил 7643 руб., что сочетание органического удобрения с минеральными удобрениями способствовало снижению себестоимости до 6693 руб. за 1 т, а уровень рентабельности при этом достигло 79,3%. При орошении на всех фонах питания из-за увеличения продуктивности агроценоза картофеля экономические показатели были сравнительно лучшими по сравнению возделывания картофеля на богаре. Наибольший чистый доход с 1 га – 232,8 тыс. рублей, при наименьшей себестоимости 1 т клубней картофеля – 4516 руб., при наивысшем уровне рентабельности – 165,7 % был отмечен на варианте при совместном использовании минеральных удобрений с органикой.

В условиях черноземных почв Закамской зоны республики Татарстан, где расположен КФХ «Давлетов Н.Г.» производственные затраты на выполнение всех технологических операций, предусмотренных технологической картой, полностью окупались стоимостью произведенной продукции как на богаре, так и при орошении, с получением прибыли в пределах 86,5-334,9 тыс. руб./га при уровне рентабельности 69,4 - 234,6 %.

Максимально чистый доход (334,9 тыс. руб./га) и уровень рентабельности (234,6 %) получены при использовании минеральных удобрений совместно с органикой при орошении

Выводы. В условиях серых лесных, а также черноземных почв Республики Татарстан лучшие результаты за годы исследований получены в вариантах, где внесение минеральных удобрений сочетались с применением навоза и при искусственном дождевании. В среднем за 2 года в Предкамской зоне РТ максимальную прибавку урожая 11,2 т/га по отношению к контролю обеспечивал вариант с внесением $N_{60}P_{60}K_{90} + 60$ т навоза на га при орошении. Этот вариант способствовал

наибольшего сбора чистого дохода – 232,8 тыс. рублей с 1 га, уровень рентабельности составил 165,7%, что выше контроля на 116,7%. В условиях черноземных почв Закамья РТ на вышеназванном варианте опыта прибавка урожая по отношению к контролю составила 15,5 т клубней с 1 га, что обеспечило сбору максимально чистого дохода – 334,9 тыс. руб. с 1 га. Уровень рентабельности при этом составил 234,6%.

Литература

1. Шабанов А. Э., Киселев А. И. Эффективность ранней посадки новых сортов картофеля // Картофель и овощи. 2023. № 6. С. 29-31. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.71.40.002>. EDN JEMXBE.
2. Абазов А. Х., Абидов Х. К. Управление урожайностью картофеля с применением основ сортовой агротехники // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 11. С. 55-56. EDN NDAZCL.
3. Урожайность и качество картофеля в зависимости от агроприемов выращивания / А. Э. Шабанов, А. И. Киселев, Л. С. Федотова [и др.] // Земледелие. 2018. № 3. С. 26-28. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10305>. EDN YWZHTU.
4. Пуздря Ф. Ф., Исаева Л. М. Система защиты картофеля в ООО «Мечта» Костромской области // Аграрный вестник Нечерноземья. 2023. № 2(10). С. 14-18. https://doi.org/10.52025/2712-8679_2023_02_14. EDN RTIRWX.
5. Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19.08.2016 № 614 [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/420374878>. Дата обращения 05.06.2023.
6. Иванюк В. Г., Банадысев С. А., Журомский Г. К. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Минск, 2003. 525 с. EDN QKVZMZ.
7. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Б. В. Анисимов, Г. Л. Белов, Ю. А. Варицев [и др.] Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха, Биологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Москва: Картофелевод, 2009. 270 с. ISBN 978-5-903906-02-4. EDN QLADMR.
8. Черемисин А. И. Урожайность и характеристики качества сортов картофеля в условиях южной лесостепи Омской области РФ // Картофель и овощи. 2022. № 3. С. 23-26. EDN HFENMI.
9. Картофель России: ресурсы и ситуация на рынке / Е. А. Симаков, Б. В. Анисимов, В. С. Чугунов, О. Н. Шатилова // Картофель и овощи. 2013. № 3. С. 23. EDN PXVIVB.
10. Черемисин А. И., Дергачева Н. В. Характеристика коллекции сортов картофеля по раннеспелости в условиях лесостепи Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 10. С. 35-37. EDN WWRMWJ.
11. Косарева О. С., Костина Л. И., Кирпичева Т. В. Продуктивность сортов картофеля в зависимости от климатических условий // Эколого-географическое испытание новейших сортов картофеля для внедрения в производство: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Сыктывкар, 25 июля 2018 года. Сыктывкар: Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, 2018. С. 53-56. EDN ZXQUOE.
12. Казак А. А., Логинов Ю. П., Гайзатулин А. С. Урожайность и качество клубней картофеля сорта Колomba в зависимости от предшественника и срока посадки в северной лесостепи Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2(94). С. 31-37. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-94-2-31-37>. EDN CSJCQG.
13. Картофелеводство России: состояние и перспективы в новых условиях / Е. А. Симаков, Б. В. Анисимов, С. В. Жевора [и др.] // Картофель и овощи. 2022. № 4. С. 3-6. EDN PLCYFK.
14. Формирование урожайности клубней картофеля в зависимости от площади питания на серой лесной почве Республики Татарстана / Р. В. Миникаев, Ф. Ш. Шайхутдинов, Л. М. Егоров, А. Р. Шарапова // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 4(8). С. 32-36. DOI 10.12737/2782-490X-2024-32-36. EDN IVABDT.
15. Девяткина Л.Н. Производство картофеля: глобальные и национальные дискурсы // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5 (84). С. 122-134. EDN XNDGDR.
16. Россия в цифрах. 2021: краткий статист. сб. М.: Росстат, 2021. 275 с. <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12993>
17. Перспективы развития рынка картофеля в России и мире / В. В. Тульчев, С. В. Жевора, М. Ю. Борисов, Н. Н. Гордиенко // Проблемы прогнозирования. 2020. № 1(178). С. 117-122. EDN PEAEZC.
18. О ходе реализации государственной программы развития сельского хозяйства и регулировании рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия // Аналитический вестник Совета Федерации РФ. 2021. № 9 (769). 176 с. <http://council.gov.ru/media/files/d4ApG8Uw6BKngDd1JO3WsPDg1IAj1AEEd.pdf>
19. Возделывание двух урожаев картофеля ранних сортов в условиях Московской области / О. Н. Ивашова, И. Н. Гаспарян, А. Г. Левшин [и др.]. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. 132 с. EDN KKUDNU.
20. Лапшинов Н. А. Урожайность картофеля в зависимости от влагообеспеченности // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 3. С. 26-28. EDN KKOFFP.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Шайхутдинов Фарит Шарипович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: faritshay@kazgau.com,

Сержанов Игорь Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: igor.serzhanov@mail.ru,

Егоров Леонид Михайлович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: leon-1978.1978@mail.ru,

Гараев Разиль Ильсурович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: rass112@mail.ru,

Давлетов Камил Насихович – аспирант, e-mail: davletov_nasim@mail.ru,

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

THE INFLUENCE OF AGROTECHNICAL METHODS OF POTATO CULTIVATION ON PRODUCTIVITY AND ECONOMIC EFFICIENCY IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

F. Sh. Shaikhutdinov, I. M. Serzhanov, L. M. Egorov, R. I. Garayev, K. N. Davletov

Abstract. Scientific research in 2022-2023. In order to determine the actions of agrotechnical practices with further identification of priority measures to increase climate productivity and economic efficiency in the conditions of the Predkamsk and Trans-Kama zones of the Republic of Tatarstan. Field experiments were carried out on gray-forest heavy loamy soils of the experimental field of the Kazan State Agrarian University and leached chernozem soils of medium loamy granulometric composition in the crop rotation of the peasant farm "Davletov N.G." Mzylnsky district of the Republic of Tatarstan. In accordance with the objectives of the research, a two-factor experiment scheme was chosen: factor (A) – irrigation in the budding phase, first watering and tuberization - two irrigations with an interval of 12 days, factor (B) – nutrition background: without fertilizers (control); N60P60K90 kg of d.v. per ha; N60P60K90 + 60 tons of manure per ha ga. On average, over 2 years in the experimental field "Agrobiotechnopark" of the Kazan State Agrarian University, on a natural background of nutrition from the use of irrigation, the yield increase amounted to 5,9 tons of tubers per hectare compared with the option without artificial sprinkling, and in combination with the introduction of N60P60K90 per hectare, the yield increase was 39% more compared with the control. The maximum yield increase of 11,2 t/ha was provided by the option using sprinkling and with the addition of N60P60K900 + 60 tons of manure per hectare. In bogar, the yield increase from the application of only mineral fertilizers (N60P60K90) amounted to 1,9 t/ha, and in combination with organic matter (60 tons of manure per 1 ha) – 4,7 t/ha. The average data for 2 years in the conditions of the farm "Davletov N.G." revealed the advantage of joint application of mineral fertilizers with organic matter during irrigation. The increase in yield relative to the control was 15,5 tons of tubers per 1 ha. In the conditions of gray forest soils of the Ancestral region of the Republic of Tatarstan. The largest net income from 1 ha is 232,8 thousand. rubles, with the lowest cost of 1 ton of potato tubers – 4516 rubles, the highest level of profitability – 165,7% was achieved on the variant N60P60K90 + 60 tons of manure per 1 ha with artificial sprinkling. In the conditions of chernozem soils of the Transcamian region of the Republic of Tatarstan, where the farm "Davletov N.G." is located, the maximum net income of 334,9 thousand rubles /ha with a profitability level of 234,6% was also achieved on the variant when applying N60P60K90 + 60 tons of manure per 1 ha during irrigation.

Key words: potato tubers, fertilizers, organic matter, irrigation, yield, profit, profitability level.

For citation: Shaikhutdinov F.Sh., Serzhanov I.M., Egorov L.M., Garayev R.I., Davletov K.N. The influence of agrotechnical methods of potato cultivation on productivity and economic efficiency in the conditions of the republic of Tatarstan. *Agrobiotechnology and Digital Agriculture*. 2024; 3(11): 60-66

References

1. Shabanov A. E., Kiselev A. I. [The effectiveness of early planting of new potato varieties]. *Kartofel' i ovoshhi*. 2023. ¹ 6. 29-31. DOI 10.25630/PAV.2023.71.40.002. EDN JEMXBE.
2. Abazov A. H., Abidov H. K. [Potato yield management with the application of the basics of varietal agrotechnics]. *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. 2010. 11. 55-56. EDN NDAZCL.
3. Shabanov A. E., Kiselev A. I., Fedotova L. S. [Yield and quality of potatoes depending on agricultural methods of cultivation]. *Zemledelie*. 2018. 3. 26-28. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10305>. EDN YWZHTU.
4. Puzdrya F. F., Isaeva L. M. [Potato protection system in LLC "Dream" Kostroma region]. *Agrarny vestnik Nечernozem'ja*. 2023. 2(10). 14-18. DOI 10.52025/2712-8679_2023_02_14. EDN RTIRWX.
5. Recommendations on rational norms of food consumption that meet modern requirements of healthy nutrition Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 614 dated 08/19/2016 [Electronic resource] URL: <http://docs.cntd.ru/document/420374878>. Date of application 05.06.2023.
6. Ivanyuk V. G., Banadysev S. A., Zhuromsky G. K. *Zashhita kartofelja ot boleznej, vreditelej i sornjakov* [Protection of potatoes from diseases, pests and weeds]. Minsk, 2003. 525. EDN QKVZMZ.
7. Anisimov B. V., Belov G. L., Varitsev Yu. A. [Protection of potatoes from diseases, pests and weeds]. *Rossijskaja akademija sel'skhozjajstvennyh nauk, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut kartofel'nogo hozjajstva im. A.G. Lorha, Biologicheskij fakul'tet Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta im. M.V. Lomonosova*. Moskva: Kartofelevod, 2009. 270. ISBN 978-5-903906-02-4. – EDN QLADMR.
8. Cheremisin A. I. [Productivity and quality characteristics of potato varieties in the conditions of the southern forest-steppe of the Omsk region of the Russian Federation]. *Kartofel' i ovoshhi*. 2022. 3. 23-26. EDN HFEHMI.
9. Simakov E. A., Anisimov B. V., Chugunov V. S. [Russian Potatoes: resources and the situation on the market]. *Kartofel' i ovoshhi*. 2013. 3. 23. EDN PXVIVB.
10. Cheremisin A. I., Dergacheva N. V. [Characteristics of the collection of potato varieties by early maturity in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia]. *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. 2016. 30, 10. 35-37. EDN WWRMWJ.
11. Kosareva O. S., Kostina L. I., Kirpicheva T. V. [Productivity of potato varieties depending on climatic conditions]. *Jekologo-geograficheskoe ispytanie novjshih sortov kartofelja dlja vnedrenija v proizvodstvo: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Syktyvkar, 25 ijulja 2018 goda*. Syktyvkar: Syktyvskarskij gosudarstvennyj universitet im. Pitirima Sorokina, 2018. 53-56. EDN ZXQUOE.

12. Kazak A. A., Loginov Yu. P., Gaizatulin A. S. [Yield and quality of potato tubers of the Columba variety depending on the predecessor and the planting period in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022. 2(94). 31-37. DOI 10.37670/2073-0853-2022-94-2-31-37. EDN CSJCQG.
13. Simakov E. A., Anisimov B. V., Zhevora S. V. [Potato growing in Russia: state and prospects in new conditions]. *Kartofel' i ovoshhi*. 2022. 4. 3-6. EDN PLCYFK.
14. Minikaev R. V., Shaikhutdinov F. Sh., Egorov L. M. [Formation of the yield of food tubers depending on the feeding area on gray forest soil of the Republic of Tatarstan]. *Agrobiotekhnologii i cifrovoe zemledelie*. 2023. 4 (8). 32-36. DOI 10.12737/2782-490X-2024-32-36. EDN IVABDT.
15. Devyatkina L.N. [Potato production: global and national discourses]. *Vestnik NGIJeI*. 2018. 5 (84). 122-134. EDN XNDGDR.
16. Russia in numbers. 2021: a brief statistical report. Moscow: Rosstat, 2021. 275 p. <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12993>
17. Tulcheev V. V., Zhevora S. V., Borisov M. Y. [Prospects for the development of the potato market in Russia and the world]. *Problemy prognozirovaniya*. 2020. 1(178). 117-122. EDN PEAEEZC.
18. On the implementation of the state program for the development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food // Analytical Bulletin of the Federation Council of the Russian Federation. 2021. 9 (769). 176 p. <http://council.gov.ru/media/files/d4ApG8Uw6BKngDd1JO3WspDgIIAj1AEd.pdf>
19. Ivashova O. N., Gasparyan I. N., Levshin A. G. [Cultivation of two harvests of early potato varieties in the conditions of the Moscow region]. Moskva: Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet - MSHA im. K.A. Timirjazeva, 2021. 132. EDN KKUDNU.
20. Lapshinov N. A. [Potato yield depending on moisture availability]. *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. 2009. 3. 26-28. EDN KKOFFP.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Shaikhutdinov Farit Sharipovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: faritshay@kazgau.com,
 Serzhanov Igor Mikhailovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: igor.serzhanov@mail.ru,
 Egorov Leonid Mikhailovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: leon-1978.1978@mail.ru,
 Garaev Razil Ilsurovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: rass112@mail.ru,
 Davletov Kamil Nasikhovich - Postgraduate student, e-mail: davletov_nasim@mail.ru,
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

ДОЛЯ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА УРОВЕНЬ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ С РАЗНЫМИ ГЕНОТИПАМИ CSN3 И DGAT1

Р. Р. Шайдуллин, А. С. Ганиев

Реферат. Статья посвящена изучению степени и достоверности влияния различных факторов на удой у коров с различным генотипом генов каппа-казеина и диацетилглицерол О-ацетилтрансферазы. Объектом исследования служили первотелки черно-пестрой породы, от которых были взяты пробы венозной крови и выделены образцы ДНК. Выделение ДНК проводилось с помощью набора «Магнсорб» (Интерлабсервис, Москва), согласно инструкции производителя. Генотипы *CSN3*, *DGAT1* определяли методом ПЦР-ПДРФ. Исследованиями установлено что сила влияния удоя матерей ($\eta^2 = 24,9\%$; $P < 0,01$), продолжительности сервис-периода ($\eta^2 = 37,3\%$; $P < 0,001$) и живой массы ($\eta^2 = 46,1\%$; $P < 0,001$) на удой была наибольшей и достоверной у первотелок с генотипом *CSN3 AB*, ниже эти показатели у коров с генотипом *CSN3 AA* - 24,0% ($P < 0,001$), 32,6% ($P < 0,001$) и 6,1%, соответственно. Наиболее высокое и достоверное влияние на удой первотелок с генотипом *DGAT1 AA* и *DGAT1 AK* оказали длительность сервис-периода ($\eta^2 = 32,4-36,7\%$; $P < 0,001$) и живая масса ($\eta^2 = 11,7-38,1\%$; $P < 0,01-0,001$), а такой фактор, как живая масса при первом плодотворном осеменении имеет влияние только у гетерозиготных животных (8,4%; $P < 0,05$). Более сильное влияние на уровень молочной продуктивности коров оказывают удой матерей, продолжительность сервис-периода, живая масса, причем достоверная и наибольшая доля влияния отмечены у гетерозиготных животных по генам *CSN3* и *DGAT1*. При этом наиболее сильное и достоверное влияние на удой первотелок оказала продолжительность сервис-периода. Также установлены высокие значения коэффициента наследуемости показателей молочной продуктивности у коров, имеющих в своем генотипе аллель *B* гена *CSN3* и аллель *A* гена *DGAT1*. Следовательно, разведение с учетом генотипов маркерных генов способствует укреплению наследственности молочной продуктивности крупного рогатого скота.

Ключевые слова: генотип, *CSN3*, *DGAT1*, аллель, доля влияния, η^2 , показатели молочной продуктивности.

Для цитирования: Шайдуллин Р.Р., Ганиев А.С. Доля влияния различных факторов на уровень молочной продуктивности коров с разными генотипами *CSN3* и *DGAT1* // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. №3 (11). С. 67-72

Введение. Эффективная селекционная работа в молочном скотоводстве возможна только при комплексном использовании зоотехнических методов и современных молекулярно-генетических технологий. Применение молекулярной диагностики раннего прогнозирования величины и направленности продуктивных качеств особи увеличивает селекционный прогресс стада и способствует получению существенного экономического эффекта [1]. К тому же пути повышения генетического потенциала крупного рогатого скота и конкурентоспособности производства молока за счет улучшения его качества в настоящее время являются селекция с использованием как лучших генетических ресурсов, так и ДНК-технологий при совершенствовании отечественных пород [2, 3, 4].

Применение в молочном скотоводстве генетических маркеров связанные с продуктивными качествами позволяет улучшить хозяйственно-полезные признаки коров. С помощью молекулярно-генетических маркеров возможно получить информацию о полиморфизме генов и исследовать, какие варианты отдельных генов в тех или иных условиях содержания имеют наибольшую частоту встречаемости в популяциях, несущих желательный комплекс признаков [5, 6, 7]. В качестве потенциальных ДНК-маркеров молочной продуктивности у крупного рогатого скота выступают аллели генов белков

молока и гормонов. К таким маркерам относят гены каппа-казеин и диацетилглицерол О-ацетилтрансферазы [8, 9, 10].

В настоящее время особое место уделяется локусу гена одного из основных молочных белков – каппа-казеина. Известно, что аллельные варианты молочного белка каппа-казеина связаны с показателями белкомолочности [11, 12, 13], а также технологическими свойствами молока, особенно по сыропригодности [14, 15, 16].

Ген диацетилглицерол О-ацетилтрансферазы (*DGAT1*), участвующий в обмене жирных кислот. Многочисленными исследованиями установлено, что ген *DGAT1* значительно влияет на молочную продуктивность коров, в частности, на удой и содержание жира в молоке [17, 18, 19]. При этом установлено, что аллель *A* ассоциирован с высокой молочной продуктивностью, а аллель *K* — с высоким содержанием массовой доли жира в молоке [20, 21].

В результате аналитического исследования литературных источников А.Н. Тяженко с соавторами выявили ассоциацию гена *DGAT1* крупного рогатого скота с живой массой, уровнем молочной продуктивности и репродуктивной способностью коров разных пород и направления продуктивности. При этом лучшими качествами отличался скот, имеющие *A*-аллель гена *DGAT1* [22].

Проблема повышения продуктивных качеств крупного рогатого скота является

повседневной проблемой и обусловлено сочетанием генетических и негенетических факторов. В связи с этим возникает важный вопрос изучения доли влияния разных факторов на молочную продуктивность коров с учетом их генотипов ДНК-маркеров.

В этой связи цель работы - изучение степени и достоверности влияния различных факторов на удой у коров с различным генотипом генов каппа-казеина и диацетилглицерол О-ацетилтрансферазы.

Условия, материалы и методы. Для проведения исследований и генотипированию по каппа-казеину, диацетилглицерол О-ацетилтрансферазы, в условиях племенного репродуктора ООО «Дусым» Атинского района Республики Татарстан было отобрано 142 первотелок черно-пестрой породы, от которых были взяты пробы крови и выделены образцы ДНК.

Материалом для молекулярного ДНК-тестирования служила венозная кровь животных. Выделение ДНК проводилось с помощью набора «Магносорб» (Интерлабсервис, Москва), согласно инструкции производителя. Генотипы *CSN3*, *DGAT1* определяли методом ПЦР-ПДРФ (полиморфизм длин

рестрикционных фрагментов). Амплификацию проводили на амплификаторе «Терцик» («ДНК-технология», Москва). В зависимости от присутствия аллелей *A* и *B* гена *CSN3* генотипы были распределены на три группы (*AA*, *AB*, *BB*), аллелей *A* и *K* гена *DGAT1* генотипы были распределены на три группы (*AA*, *AK*, *KK*). Для исследования были использованы данные по молочной продуктивности по 1 лактации коров с разными генотипами *CSN3*, *DGAT1*. Однофакторный дисперсионный анализ проводили с использованием программного приложения «Excel» из пакета «Microsoft Office», по данным которого определяли силу влияния фактора полиморфизма изучаемых генов на показатели молочной продуктивности коров.

Результаты и обсуждение. Установлено, что наиболее сильное и достоверное влияние на удой первотелок оказала продолжительность сервис-периода, доля влияния которого колебалась от $\eta^2 = 32,6\%$ ($F = 21$; $P < 0,001$) до $37,3\%$ ($F = 12,8$; $P < 0,001$), за исключением гомозиготных животных по аллелю *B* каппа-казеина у которых доля была недостоверная (табл. 1).

Таблица 1 – Доля и достоверность влияния различных факторов на удой за лактацию коров с разными генотипами гена *CSN3*

№ п/п	Фактор	Генотип по <i>CSN3</i>					
		<i>AA</i>		<i>AB</i>		<i>BB</i>	
		$\eta^2, \%$	$F_{\text{факт.}}$	$\eta^2, \%$	$F_{\text{факт.}}$	$\eta^2, \%$	$F_{\text{факт.}}$
1	Удой матерей	24,0	13,5***	24,9	7,2**	40,6	1,4
2	Живая масса при первом плодотворном осеменении	0,4	0,2	9,0	2,1	54,8	2,4
3	Возраст первого отела	2,9	1,3	3,7	0,8	57,0	2,6
4	Продолжительность сервис-периода	32,6	21,0***	37,3	12,8***	58,5	2,8
5	Живая масса	6,1	2,8	46,1	18,2***	68,9	4,5

Достаточно сильно влияет на уровень продуктивности коров удой матерей, при этом влияние женских предков составило у *CSN3 AA* $\eta^2 = 24,0\%$ ($F = 13,5$; $P < 0,001$), у *CSN3 AB* - $\eta^2 = 24,9\%$ ($F = 7,2$; $P < 0,01$).

Достоверная степень влияния живой массы на удой установлена только у гетерозиготных животных - $\eta^2 = 46,1\%$ ($F = 18,2$; $P < 0,001$).

На показатели продуктивности первотелок не оказали влияние живая масса при первом плодотворном осеменении и возраст первого отела, хотя в группе *CSN3 BB* доля влияния высокая (54,8 и 57,0%), но недостоверная и с низким значением $F_{\text{факт.}}$.

Таким образом, у животных с генотипом *CSN3 AB* выявлено наиболее сильное и достоверное влияние на удой различных факторов.

Из таблицы 2 видно, что живая масса оказала значимое влияние на удой коров со всеми представленными генотипами по гену *DGAT1*, с наибольшим значением $\eta^2 = 85,1\%$ ($F = 11,5$; $P < 0,05$) у *DGAT1 KK*, в остальных группах доля влияния колебалась от 11,7% ($F = 5,5$; $P < 0,01$) у *DGAT1 AK*,

до 38,1% ($F = 14,5$; $P < 0,001$) у *DGAT1 AA*. Продолжительность сервис-периода имел достаточную силу и достоверность влияния на уровень удоя у коров с генотипом *DGAT1 AA* $\eta^2 = 36,7\%$ ($F = 13,6$; $P < 0,001$) и у *DGAT1 AK* $\eta^2 = 32,4\%$ ($F = 19,9$; $P < 0,001$).

Удой матерей внес достоверный вклад в продуктивность гетерозиготных дочерей на уровне $\eta^2 = 29,1\%$ ($F = 17,0$; $P < 0,001$), у остальных животных доля влияния оказалась незначительной и недостоверной.

Также у коров с генотипом *DGAT1 AK* выявлено достоверное влияние живой массы при первом плодотворном осеменении на их будущую молочную продуктивность с $\eta^2 = 8,4\%$ ($F = 3,8$; $P < 0,05$).

Следует отметить, что у коров с генотипом *CSN3 BB* и *DGAT1 KK* отмечена наибольшая доля влияния, но она недостоверная. Это можно объяснить небольшим поголовьем в данных группах.

Одним из главных факторов, влияющих на молочную продуктивность коров является наследственность. В дополнение к вышеописанным исследованиям рассчитаны

коэффициенты наследуемости показателей дочерей с разными генотипами *CSN3* молочной продуктивности матерей и и *DGAT1*.

Таблица 2 – Доля и достоверность влияния различных факторов на удой за лактацию коров с разными генотипами гена *DGAT1*

№ п/п	Фактор	Генотип по <i>DGAT1</i>					
		<i>AA</i>		<i>AK</i>		<i>KK</i>	
		$\eta^2, \%$	$F_{\text{факт.}}$	$\eta^2, \%$	$F_{\text{факт.}}$	$\eta^2, \%$	$F_{\text{факт.}}$
1	Удой матерей	11,0	2,9	29,1	17,0***	7,5	0,2
2	Живая масса при первом плодотворном осеменении	2,8	0,7	8,4	3,8*	59,2	2,9
3	Возраст первого отела	7,0	1,8	1,3	0,6	53,7	2,4
4	Продолжительность сервис-периода	36,7	13,6***	32,4	19,9***	62,9	3,4
5	Живая масса	38,1	14,5***	11,7	5,5**	85,1	11,5*

Выявлено, что высокий и положительный коэффициент наследуемости наблюдается по удою за лактацию, массовой доли белка, молочному жиру и белку у исследуемых групп скота (табл. 3). Так, наибольшая

наследуемость показателей молочной продуктивности в большей степени характерен для коров с генотипом *CSN3 BB* ($h^2 = 0,58-0,69$), а по массовой доли жира для группы *CSN3 AB* – 0,43.

Таблица 3 – Коэффициент наследуемости показателей молочной продуктивности коров с разными генотипами *CSN3*

Показатель	Генотип по <i>CSN3</i>		
	<i>AA</i>	<i>AB</i>	<i>BB</i>
Удой за лактацию	0,47	0,50	0,68
Массовая доля жира	- 0,02	0,43	0,22
Молочный жир	0,45	0,49	0,69
Массовая доля белка	0,42	0,48	0,63
Молочный белок	0,44	0,50	0,58

При сравнении трех исследуемых групп коров между собой, наиболее меньшая наследуемость показателей молочной продуктивности обнаружена у животных с генотипом *CSN3 AA*, при отрицательном коэффициенте по жирномолочности - $h^2 = - 0,02$.

У животных с генотипом *DGAT1 AK* отмечены высокие коэффициенты наследуемости удоя ($h^2 = 0,47$), молочного жира ($h^2 = 0,38$),

массовой доли белка ($h^2 = 0,49$), молочного белка ($h^2 = 0,42$), но по массовой доле жира в молоке имеют отрицательный и низкий коэффициент - $h^2 = - 0,05$ (табл. 4).

Высокий коэффициент наследуемости массовой доли жира наблюдается у коров с генотипом *DGAT1 KK* при $h^2 = 0,58$, однако для данной группы присуща отрицательная наследуемость удоя, выхода молочного жира и белка.

Таблица 4 – Коэффициент наследуемости показателей молочной продуктивности коров с разными генотипами *DGAT1*

Показатель	Генотип по <i>DGAT1</i>		
	<i>AA</i>	<i>AK</i>	<i>KK</i>
Удой за 305 дней лактации	0,32	0,47	- 0,48
Массовая доля жира	0,23	- 0,05	0,58
Молочный жир	0,31	0,38	- 0,24
Массовая доля белка	0,48	0,49	0,23
Молочный белок	0,33	0,42	- 0,41

Коровы с генотипом *DGAT1 AA* имеют не высокие значения, но положительные коэффициенты наследуемости показателей молочной продуктивности ($h^2 = 0,23-0,48$).

Таким, образом, установлен высокий коэффициент наследуемости показателей

молочной продуктивности у коров, имеющих в своем генотипе аллель *B* гена *CSN3* и аллель *A* гена *DGAT1*.

Выводы. На удой более широкое влияние оказывают удои матерей, продолжительность сервис-периода, живая

масса, причем достоверная и наибольшая доля влияния отмечены у гетерозиготных животных по генам *CSN3* и *DGAT1*. Наиболее сильное и достоверное влияние на удой первотелок оказала продолжительность сервис-периода, доля влияния которого колебалась от $\eta^2 = 32,6\%$ до $37,3\%$, но возраст первого отела не оказал существенного влияния на продуктивность

с η^2 менее 7% . Высокое значение наследуемости имели коровы с генотипом *CSN3 BB* по удою, молочному жиру и белку, массовой доле белка, и животные с генотипом *DGAT1 AK*, что дает основание для отбора молочного скота, имеющих аллель *B* гена каппа-казеина и аллель *A* гена диацилглицерол О-ацилтрансферазы, по этим признакам для совершенствования стада.

Литература

1. Абельдинов Р. Б., Бексеитов Т. К. Биологический статус коров симментальской породы казахстанской селекции с различным генотипом по генам-кандидатам белкового обмена // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (148). С.81-87. EDN: XWEQFT
2. Абдулаев А. У. Эффективность использования в высокопродуктивных стадах потомков голштинских быков европейской и североамериканской селекции // Молочное и мясное скотоводство. 2020. №1. С. 7–10. <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.11.83.002>. EDN: NESBYW
3. Кузнецов В. М. Сахалинская популяция голштинской породы / Монография. Чебоксары: ИД «Среда», 2020. 248 с.
4. Эффективность использования коров ярославской породы разных генотипов по голштинам / Н. П. Сударев, Д. Абылкасымов, О. В. Абрампальская, Е. А. Воронина, П. С. Бугров, А. Г. Юдина // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 7. С. 20-24. <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.46.67.005>. EDN: OPMHZZ
5. Доля и достоверность влияния гена каппа-казеина и диацилглицерол о-ацилтрансферазы на показатели молочной продуктивности коров / Л. Р. Загидуллин, Р. Р. Шайдуллин, Т. М. Ахметов [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 243. № 3. С. 88–91. <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-243-3-88-92>. EDN BCUFJI
6. Седых Т. А. Полиморфизм генов гормона роста и диацилглицерол-ацилтрансферазы у бычков мясных пород // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2017. Т. 53. № 1. С. 266–269. EDN YPBEGT
7. Оценка молочной продуктивности и качества молока коров с разными генотипами диацилглицерол-о-ацилтрансферазы / С. В. Тюлькин, Х. Х. Гильманов, И. В. Ржанова, Е. Г. Лазарева // Актуальные вопросы индустрии напитков. 2019. № 3. С. 234–238. <https://doi.org/10.21323/978-5-6043128-4-1-2019-3-234-238>. EDN GGLOBB
8. Полиморфизм генов каппа-казеина и диацилглицерол О-ацилтрансферазы у черно-пестрой породы скота / Л. Р. Загидуллин, Р. Р. Шайдуллин, Т. М. Ахметов, С. В. Тюлькин // Молочнохозяйственный вестник. 2020. №1(37). С.24-34. EDN: TUJEVN
9. Роль ДНК-маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных / Н. А. Зиновьева, О. В. Костюнина, Е. А. Гладырь, А. Д. Банников, В. Р. Харзинова, П. В. Ларионова, К. М. Шавырина, Л. К. Эрнст // Зоотехния. 2010. №1. С. 8–10. EDN: JWJHPV
10. Зиннатова Ф. Ф., Шакиров Ш. К., Юльметьева Ю. Р. Влияние породы и генотипа по генам *CSN3*, *DGAT1*, *PRL*, *LGB* на молочную продуктивность крупного рогатого скота // Вестник РАСХН. 2012. № 6. С. 65–67. EDN: PMBWHN
11. Капельницкая Е., Шилова А. Молочная продуктивность и технологические свойства молока коров с различными генотипами каппа-казеина // Главный зоотехник. 2015. № 4. С. 34-39. EDN: TMCDDZ
12. Влияние генетических аспектов на динамику молочной продуктивности голштинского скота / Ю. Р. Юльметьева, Ф. Ф. Зиннатова, Е. Н. Рачкова, Л. В. Шамсиева, Ш. К. Шакиров // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 11. С. 99-101. EDN: VBBIRV
13. Межлинейный полиморфизм гена каппа-казеина и его влияние на молочную продуктивность коров / Р. Р. Шайдуллин, Г. С. Шарафутдинов, А. Б. Москвичёва, Б. Г. Зиганшин, С. В. Тюлькин // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 5. С. 51-54. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10512>. EDN: FIWMWM
14. Характеристика аллелотипа по локусу каппа-казеина у молочных коров разных пород / Н. А. Худякова, И. В. Селькова, А. А. Первухина, А. О. Ступина // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 5. С. 24-29. <https://doi.org/10.33943/MMS.2022.40.61.005>. EDN: EOGYCK
15. Витушкина М. А., Дулепова М. А. Сыропригодность молока при производстве сыров // Вестник науки: международный научный журнал. 2020. Т.5. № 8 (29). С. 59-63. EDN: SSNNVZ
16. Лоретц О. Г., Матушкина Е. В. Влияние генотипа каппа-казеина на технологические свойства молока // Аграрный вестник Урала. 2014. № 3 (121). С. 23-26. EDN: SGWXRN
17. Позовникова М. В. Молочная продуктивность коров с различными генотипами *DGAT1* // Эффективное животноводство. 2018. №7. С.46-47. EDN: YUNDXF
18. Позовникова М. В., Сердюк Г. Н., Тулинова О. В. Полиморфизм гена диацилглицерол-ацилтрансферазы-1 у бычков отечественного генотипа айрширской породы // Известия Оренбургского аграрного университета. 2018. 4 (72). С. 295-297. EDN: UYPYUT
19. Связь полиморфизма гена *dgat1* с хозяйственно полезными признаками коров / М. В. Позовникова, О. В. Тулинова, Г. Н. Сердюк, О. В. Митрофанова // Молочное и мясное скотоводство. 2017. 8. С. 9-12. EDN: YLYNOB
20. *DGAT1*, a new positional and functional candidate gene for intramuscular fat deposition in cattle / G. Thaller, C. Kühn, A. Winter, G. Ewald, O. Bellmann, J. Wegner, H. Zühlke, R.Fries // Anim. Genet. 2003. V. 34. 5. P. 354-357.
21. Association of a lysine232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acylCoA:diacylglycerol acyl-transferase (*DGAT1*) with variation at a quantitative trait locus for milk fat content / A. Winter, W. Kramer, F.A.O. Werner, S. Kollers, S. Kata, G. Durstewitz, J. Buitkamp, J.E. Womack, G. Thaller, R. Fries // PNAS. 2002. V. 99.

№ 14. Р. 9300-9305.

22. Ассоциация гена *DGAT1* с хозяйственно полезными признаками крупного рогатого скота / А. Н. Тяжченко, К. Д. Сабетова, П. О. Щеголев [и др.] // Аграрный вестник Нечерноземья. 2022. № 3(7). С. 37-46. https://doi.org/10.52025/27128679_2022_03_37 EDN: VTFFSR

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Шайдуллин Радик Рафаилович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, e-mail: trpi-kgau@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3172-3327>

Ганиев Алмаз Саяхутдинович – кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: ganiev-almaz@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

THE SHARE OF INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE LEVEL OF MILK PRODUCTIVITY OF COWS WITH DIFFERENT GENOTYPES OF *CSN3* AND *DGAT1*

R. R. Shaidullin, A. S. Ganiev

Abstract. The article is devoted to the study of the degree and reliability of the influence of various factors on milk yield in cows with different genotypes of the kappa-casein and diacylglycerol O-acetyltransferase genes. The object of the study was black-and-white first-calf heifers, from which venous blood samples were taken and DNA samples were isolated. DNA extraction was performed using the Magnosorb kit (Interlabservice, Moscow) according to the manufacturer's instructions. The *CSN3* and *DGAT1* genotypes were determined using the PCR-RFLP method. The studies have established that the influence of maternal milk yield ($\eta^2 = 24.9\%$; $P < 0.01$), service period duration ($\eta^2 = 37.3\%$; $P < 0.001$) and live weight ($\eta^2 = 46.1\%$; $P < 0.001$) on milk yield was highest and most significant in first-calf heifers with the *CSN3 AB* genotype, while these indicators were lower in cows with the *CSN3 AA* genotype - 24.0% ($P < 0.001$), 32.6% ($P < 0.001$) and 6.1%, respectively. The highest and most reliable influence on the milk yield of first-calf heifers with the *DGAT1 AA* and *DGAT1 AK* genotype was exerted by the duration of the service period ($\eta^2 = 32.4-36.7\%$; $P < 0.001$) and live weight ($\eta^2 = 11.7-38.1\%$; $P < 0.01-0.001$), and such a factor as live weight at the first fruitful insemination has an influence only in heterozygous animals (8.4%; $P < 0.05$). The milk yield of mothers, the duration of the service period, and live weight have a stronger influence on the level of milk productivity of cows, with a reliable and the largest share of influence noted in heterozygous animals for the *CSN3* and *DGAT1* genes. At the same time, the duration of the service period had the strongest and most reliable influence on the milk yield of first-calf heifers. High values of the heritability coefficient of milk productivity indicators have also been established in cows that have the *B* allele of the *CSN3* gene and the *A* allele of the *DGAT1* gene in their genotype. Consequently, breeding taking into account the genotypes of marker genes helps to strengthen the heredity of milk productivity in cattle.

Keywords: Genotype, *CSN3*, *DGAT1*, allele, influence share, η^2 , milk productivity indicators.

For citation: Shaidullin R. R., Ganiev A. S. The share of influence of various factors on the level of milk productivity of cows with different genotypes of *CSN3* and *DGAT1*. *Agrobiotechnology and Digital Agriculture*. 2024; 3(11): 67-72

References

1. Abel'dinov R. B., Bekseitov T. K. [Biological status of Simmental cows of Kazakhstan selection with different genotypes for protein metabolism candidate genes]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017; 2 (148): 81-87. EDN: XWEQFT
2. Abdulaev A. U. [Efficiency of using Holstein bulls of European and North American selection in high-yielding herds]. *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*. 2020; 1: 7–10. DOI: 10.33943/MMS.2020.11.83.002. EDN: NESBYW
3. Kuznetsov V. M. Sahalinskaja populjacija golshtinskoj porody [Sakhalin population of the Holstein breed]. *Monografiya. Cheboksary: ID «Sreda»*. 2020. 248
4. Sudarev N. P., Abylkasymov D., Abrampal'skaja O. V. [Efficiency of using Yaroslavl cows of different genotypes for Holsteins]. *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*. 2020; 7: 20-24. MMS.2020.46.67.005. EDN: OPMHZZ
5. Zagidullin L. R., Shajdullin R. R., Ahmetov T. M. [The share and reliability of the influence of the kappa-casein gene and diacylglycerol o-acyltransferase on the milk productivity indicators of cows]. *Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. Je. Bauman*. 2020; 243. 3: 88–91. <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-243-3-88-92>. EDN: BCUFJI
6. Sedyh T. A. [Polymorphism of growth hormone and diacylglycerol acyltransferase genes in beef bulls]. *Uchenye zapiski uchrezhdenija obrazovaniya Vitebskaja ordena Znak pocheta gosudarstvennaja akademija veterinarnoj mediciny*. 2017; 53. 1: 266–269. EDN: YPBEGT
7. Tjul'kin S. V., Gil'manov H. H., Rzhanova I. V. [Evaluation of milk productivity and milk quality of cows with different genotypes of diacylglycerol-o-acyltransferase]. *Aktual'nye voprosy industrii napitkov*. 2019; 3: 234–238. <https://doi.org/10.21323/978-5-6043128-4-1-2019-3-234-238>. EDN: GGLOBB
8. Zagidullin L. R., Shajdullin R. R., Ahmetov T. M. [Polymorphism of the kappa-casein and diacylglycerol O-acyltransferase genes in Black-and-White cattle]. *Molochnohozajstvennyj vestnik*. 2020; 1(37): 24-34. EDN: TUJEVN
9. Zinov'eva N. A., Kostjunina O. V., Gladyr' E. A. [The role of DNA markers of productivity traits in farm animals]. *Zootekhnika*. 2010; 1: 8–10. EDN: JWJHPV
10. Zinnatova F. F., Shakirov Sh. K., Jul'met'eva Ju. R. [The influence of breed and genotype for genes *CSN3*, *DGAT1*, *PRL*, *LGÄ* on milk productivity of cattle]. *Vestnik RASHN*. 2012; 6: 65–67. EDN: PMBWHH
11. Kapel'nickaja E., Shilova A. [Milk productivity and technological properties of milk from cows with different genotypes of kappa-casein]. *Glavnyj zootekhnika*. 2015; 4: 34-39. EDN: TMCDDZ
12. Jul'met'eva Ju. R., Zinnatova F. F., Rachkova E. N. [The influence of genetic aspects on the dynamics of

- milk productivity of Holstein cattle]. Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2015; 11: 99-101. EDN: VBBIRV.
13. Shajdullin R. R., Sharafutdinov G. S., Moskvichjova A. B. [Interline polymorphism of the kappa-casein gene and its impact on milk productivity of cows]. Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2019; 5: 51-54. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10512>. EDN: FIWMWM.
 14. Hudjakova N. A., Sel'kova I. V., Pervuhina A. A. [Characteristics of the allelotype at the kappa-casein locus in dairy cows of different breeds]. Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo. 2022; 5: 24-29. <https://doi.org/10.33943/MMS.2022.40.61.005>. EDN: EOGYCK.
 15. Vitushkina M. A., Dulepova M. A. [Cheese suitability of milk in cheese production]. Vestnik nauki: mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal. 2020; 5. 8(29): 59-63. EDN: SSNNVZ.
 16. Loretc O. G., Matushkina E. V. [The influence of kappa-casein genotype on the technological properties of milk]. Agrarnyj vestnik Urala. 2014; 3 (121): 23-26. EDN: SGWXRN.
 17. Pozovnikova M. V. [Milk production of cows with different DGAT1 genotypes]. Jefferktivnoe zhivotnovodstvo. 2018; 7: 46-47. EDN: YUNDXF.
 18. Shozovnikova M. V., Serdjuk G. N., Tulinova O. V. [Polymorphism of the diacylglycerol acyltransferase-1 gene in bulls of the domestic gene pool of the Ayrshire breed]. Izvestija Orenburgskogo agrarnogo universiteta. 2018; 4 (72): 295-297. EDN: UYPYYT.
 19. Pozovnikova M. V., Tulinova O. V., Serdjuk G. N. [Association of dgat1 gene polymorphism with economically useful traits of cows]. Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo. 2017; 8: 9-12. EDN: YLYNOB.
 20. Thaller G., Kühn C., Winter A. DGAT1, a new positional and functional candidate gene for intramuscular fat deposition in cattle. Anim. Genet. 2003; 34. 5: 354-357.
 21. Winter A., Kramer W., Werner F.A.O. Association of a lysine232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acylCoA:diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) with variation at a quantitative trait locus for milk fat content. PNAS. 2002; 99. 14: 9300-9305.
 22. Tjzhchenko A. N., Sabetova K. D., Shhegolev P. O. [Association of the DGAT1 gene with economically useful traits in cattle]. Agrarnyj vestnik Nechernozem'ja. 2022; 3(7): 37-46. https://doi.org/10.52025/27128679_2022_03_37. EDN: VTFFSR

Conflict of interests

The author declares that there is no conflict of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Shaydullin Radik Rafailovich – Doctor of Agricultural Sciences, head of department, e-mail: tppi-kgau@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3172-3327>

Ganiev Almaz Salakhutdinovich – Candidate of Biological Sciences, Researcher, e-mail: ganiev-almaz@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

Требования к оформлению статьи в журнале «АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ»

Предоставляемые к публикации статьи, должны содержать результаты научных исследований в области сельскохозяйственной биотехнологии, агрономии, зоотехнии, ветеринарии и цифрового земледелия. Статьи проходят отбор на критерий актуальности и новизны рассматриваемых научных проблем. Журнал имеет следующие основные рубрики:

- Сельскохозяйственная биология
- Агрономия
- Зоотехния и ветеринария
- Цифровое сельское хозяйство.

Предполагается проверка предоставленного авторами материала в системе «Антиплагиат». Рекомендуемый объем статьи, включая приложения, должен составлять не менее 10 и не более 14 страниц. Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, размер – 14 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля (обычные) сверху и снизу – 2 см, слева – 2,5 см справа – 1,5 см, абзац (отступ) – 0,5 см (не задавать пробелами), формат – книжный.

Если статья была или будет отправлена в другое издание, то она не может быть принята к рассмотрению в журнале.

Оформление статьи

1. Слева в верхнем углу без абзаца печатается УДК статьи (проверяйте корректность выбранного УДК на сайте Всероссийского Института Научной и Технической Информации – ВИ-НиТИ).

2. Ниже, по центру строки название статьи (название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом заглавными буквами.

3. Затем жирными строчными буквами – фамилия и инициалы автора(ов). Пропускается одна строка. **Количество авторов не более 5.** Список авторов содержит только действительных авторов и в него не внесены те, кто не имеет отношения к данной работе, а также то, что все соавторы ознакомились и одобрили окончательную версию статьи и дали согласие на ее публикацию.

4. После этого через пробел – реферат статьи (**рекомендуемый объем – 200–250 слов**) отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований. Запрещается разбивка реферата на абзацы, использование вводных слов и оборотов. Реферат может публиковаться самостоятельно и, следовательно, должна быть понятной без обращения к тексту статьи. По реферату публикации читатель должен иметь возможность определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации.

5. С нового абзаца – ключевые слова (**не более 9 слов**).

Слева строчными буквами печатается «Ключевые слова:» (без кавычек) и через запятую приводятся ключевые слова или словосочетания. Пропускается одна строка.

6. При написании научной статьи необходимо придерживаться следующей структуры изложения: «**Введение**», «**Цель исследований**», «**Условия, материалы и методы**», «**Результаты и обсуждение**», «**Выводы**».

7. В случае если ваша статья подготовлена при поддержке и есть необходимость прописать данный источник, добавляем после выводом раздел, «**Благодарности**». **К примеру – Сведения об источнике финансирования:** Работа выполнена по государственному заданию НИОКТР № 0477–2019–0005 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

В разделе «Введение» предлагается постановка проблемы, должна быть сформулирована и обоснована цель работы и, если необходимо, рассмотрена ее связь с важными научными и практическими направлениями, дается теоретическое обоснование исследования. Должны присутствовать ссылки на публикации последних лет, в данной области включая зарубежных авторов.

Далее необходимо четко сформулировать **цель исследований** (для чего проводятся исследования результаты, которых приводятся в статье?) без использования таких расплывчатых формулировок как «изучить», «определить» и др., которая будет раскрыта в последующем тексте.

В следующем разделе раскрываются особенности данного исследования, приводятся условия, материалы и методы исследований. Место исследования уточняется до области (края). Следует отразить время, место, методику и условия проведения опытов.

Главный раздел статьи посвящается представлению, анализу и обсуждению результатов. Полученные результаты должны быть освещены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.

В завершении представляются выводы и рекомендации.

Подзаголовки и заголовки набираются жирным шрифтом с заглавной буквы. Нумерация ссылок на библиографический список в тексте располагается в порядке упоминания источников. Ссылки на литературу в тексте приводятся в квадратных скобках, например: [1].

8. После основного текста статьи пропускается одна строка и по центру печатается заглавие «Литература» (без кавычек). Через одну строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту.

Список литературы (не менее 15 источников и не более 30) оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008 и требованиями журнала, тщательно проверяется авторами и приводится в конце статьи. Нумерация ссылок в списке приводится в соответствии с порядком их упоминания в тексте. В одном пункте перечня следует указывать только один источник информации. Злоупотребление самоцитированием не допускается. Доля ссылок на собственные публикации авторов должна составлять не более 30 % списка литературы. Цитирование работ какого-либо одного автора, не входящего в состав авторского коллектива рукописи, также не должно превышать 30 %. Рекомендуется ссылаться не более чем на 2 публикации каждого из авторов. Доля ссылок на источники старше 10 лет не должна превышать 30 % списка литературы. Доля ссылок на публикации в журналах из ядра РИНЦ за последние 8 лет должна составлять не менее 30 % списка литературы. Ссылки на материалы конференций старше 3 лет не должны превышать 20 % списка литературы. Ссылки на учебники, учебные пособия, авторефераты диссертаций не принимаются. Число источников в «серийных» ссылках должно быть не более трех.

Все источники должны иметь ссылку в тексте статьи.

Необходимо правильно оформить ссылку на источник. Следует указать фамилии авторов, журнал, год издания, том (выпуск), номер, страницы, DOI или адрес доступа в сети Интернет. Интересующийся читатель должен иметь возможность найти указанный литературный источник в максимально сжатые сроки.

Примеры оформления ссылок в конце документа.

9. «Сведения об авторах» Ф.И.О. (полностью), ученая степень, должность, e-mail, с новой строки, полное наименование организации. **Звездочкой отмечается фамилия автора, с которым необходимо вести переписку.**

Пропускается одна строка.

10. На английском языке печатается по центру печатается название статьи.

Так же на английском языке слева печатается реферат, затем ключевые слова.

11. «Authors:» – информация на английском языке.

Иллюстрации к статье (при наличии) в формате JPEG, PNG, TIF должны быть четко выполненными, хорошего качества, наглядно иллюстрирующими текст. В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Нумерация рисунков производится в порядке ссылок по тексту. Нумерационный заголовок набирается выравниванием по центру. Тематический заголовок в той же строке, сразу после нумерационного (например: Рис. 1 – Ссылка на рисунок в основном тексте оформляется в скобках: (рис. 1), если в тексте только один рисунок, то не нумеруется.

Таблицы представляются в редакторе WORD. Нумерация таблиц производится в порядке ссылок по тексту. В тексте статьи обязательно должны быть указаны ссылки на все представленные таблицы. Нумерационный заголовок набирается с выравниванием по центру (например: Таблица 1. ...). Ссылка на таблицу в основном тексте оформляется в скобках, например: (табл. 1), если в тексте только одна таблица, то не нумеруется.

Простые формулы, не содержащие специальных символов (отсутствующих на клавиатуре), должны быть набраны символами с клавиатуры без использования специальных редакторов. Формулы, содержащие специальные символы (отсутствующие на клавиатуре), а также сложные и многострочные формулы должны быть целиком набраны в редакторе формул Microsoft Equation 2.0, 3.0 или Math Type equation. Не допускается набор части формулы символами, а части – в редакторе формул. Не рекомендуется вставлять в текст формулы в виде рисунков. Ссылка на формулы в основном тексте оформляется в скобках, например: (1). В тексте обязательно должны быть указаны ссылки на все представленные формулы. Если в тексте статьи формулы нумеруются, то эту нумерацию следует выполнить ручным набором чисел. Автоматическая нумерация не допускается.

Авторы предоставляют в редакцию (одновременно):

– электронная версия статьи (по электронной почте: agrobiotech@kazgau.com) **Шаблон ниже.** Файл со статьей следует называть по фамилии первого автора (Иванов И.И. – Определение силы);

– сведения об авторах (в электронном виде) **Шаблон ниже:** Ф.И.О. (полностью), ученая степень, учёное звание, должность, полное наименование организации, телефон и адрес для связи, e-mail; эти же сведения на английском языке. **Звездочкой отмечается фамилия автора, с которым необходимо вести переписку;**

– сопроводительное письмо на имя главного редактора журнала, с подписями всех авторов. **Шаблон ниже**

– аспиранты предоставляют справку подтверждающую место учебы.

Поступившие и принятые к публикации статьи не возвращаются.

При условии выполнения формальных требований к материалам на публикацию, представленная автором рукопись статьи рецензируется, согласно установленного порядка

рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлегией в целом.

Редакция оставляет за собой право не регистрировать статьи, не отвечающие настоящим требованиям, а также право на воспроизведение материалов (опубликование, тиражирование) без ограничения тиража. Рукописи статей подвергаются редакционной обработке. Редакция оставляет за собой право вносить изменения, имеющие редакционный характер и не затрагивающие содержания статьи. Все статьи проходят институт рецензирования (экспертной оценки), по результатам которого редакционная коллегия принимает окончательное решение о целесообразности опубликования. За содержание статей юридическую и иную ответственность несут авторы. Статьи, направленные в редакцию без выполнения основных требований к публикуемым статьям, не рассматриваются. В случае отклонения статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

Публикация статей в журнале бесплатно.

Статьи необходимо отправлять на электронный адрес: agrobiotech@kazgau.com

Научный журнал

**Агробιοтехнологии
и цифровое земледелие**
№ 3 (11), 2024 г.

Редактор – Михайлова Л.В.
Технический редактор – Шумков Т.А.
Коррекция переводов – Галлямова Н.Р.
Корректор – Барсукова Р.С.

Формат 60x84/8. Тираж 500. Дата выхода в свет: 29.11.2024 год
Печать офсетная. Усл. п. л. 9,5 Заказ 67. Цена свободная.
Издательство Казанского ГАУ / 420015 г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65.
Лицензия на издательскую деятельность код 221 ИД № 06342 от 28.11.2001.
Отпечатано в типографии Казанского ГАУ.
420015 г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65.
Казанский государственный аграрный университет