

# Агробιοтехнологии и цифровое земледелие



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (17) 2026 год





# **АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ**

---

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# **AGROBIOTECHNOLOGIES AND DIGITAL FARMING**

---

SCIENTIFIC JOURNAL

**№ 1 (17)**



**Казань, 2026**

# Агробιοтехнологии и цифровое земледелие

научный журнал

Институт агробιοтехнологий и землепользования

Казанского государственного аграрного университета



№ 1 (17)

2026 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](http://www.agrobiotech.kazgau.ru)  
e-mail:  
[agrobiotech@kazgau.com](mailto: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.

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 растениеводство (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, биологические науки);
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки, биологические науки);
- 4.2.5. Разведение, селекция, генетика 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:

Балиев А.Р. – доктор технических наук, профессор, первый проректор, член-корр. АН РТ, Казанский государственный аграрный 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 Института агробιοтехнологии и землепользования, Казанский государственный аграрный университет

Шайдуллин Р.Р. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Казанский государственный аграрный университет

## Члены редакционной коллегии:

Амиров М.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Казанский государственный аграрный университет

Ахметзянова Ф.К. – доктор биологических наук, профессор, Казанский государственный аграрный университет

Ахметов Т.М. – доктор биологических наук, профессор, Казанский государственный аграрный университет  
Валидов Ш.З. – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН

Васильев М.Н. – доктор ветеринарных наук, доцент, Казанский государственный аграрный университет

Гилязов М.Ю. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Казанский государственный аграрный университет

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, доцент, Казанский государственный аграрный университет

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

Осинов 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 защиты 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, Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий РАН (Россия)

Исайчев В.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Ульяновский государственный аграрный университет (Россия)

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

Кучинский М.П. – доктор ветеринарных наук, доцент, заместитель директора по научной работе и инновациям, ННПЦ НАН Белоруссии по животноводству, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Выхелесского (Белоруссия)

Надеждин 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)

Мумиджанов 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 природопользования, 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 (CIMMYT) (Китай)

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



№ 1 (17)  
2026 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, vice-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 Agrobiotechnology 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 Biological Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University

Akhmetov T.M. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University

Validov Sh.Z. – PhD in biology, Senior Researcher, Tatar Research Institute of Agriculture

Vasilyev M.N. – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Kazan State Agrarian University

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, Associate 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

Panasnyuk 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, 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. Vysheselsky (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)

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

website:  
[www.agrobiotech.kazgau.ru](http://www.agrobiotech.kazgau.ru)  
e-mail:  
[agrobiotech@kazgau.com](mailto: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

Since 10/06/2024, it has been included in the list of peer-reviewed scientific publications in which the main results of dissertations for the scientific degree of Candidate of Sciences, 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

16+

## СОДЕРЖАНИЕ

### АГРОНОМИЯ

|                                                                                                                                                                                                                                                                               | стр. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Дерябин В. Л., Порсев И. Н. Защита свёклы столовой от болезней, вредителей и сорных растений в условиях Южного Зауралья.....                                                                                                                                                  | 6    |
| Михайлова М. Ю., Капустин Д. Ю., Шарафиева И. З. Раскрытие зернового потенциала гибрида кукурузы Нур при проведении листовых подкормок жидкими удобрениями марки КомплеМет в условиях Среднего Поволжья.....                                                                  | 13   |
| Мотавалов И. Ф., Сулейманов С. Р. Влияние нормы высева на урожайность и выход масла гибридов ярового рапса при возделывании по технологии No-Till в условиях Республики Татарстан.....                                                                                        | 18   |
| Стрельцов Р. М. Влияние дифференцированного внесения удобрений на урожайность кормовой кукурузы.....                                                                                                                                                                          | 25   |
| Тахавиев И. Д. Эффективность серного бентонита и сульфата аммония в системе питания гибридов подсолнечника на типичных серых лесных почвах Республики Татарстан.....                                                                                                          | 32   |
| Тойгильдин А. Л., Петров М. В., Шарипова Р. Б., Никифорова С. А., Сяпуков Н. Е. Оценка эрозионной опасности весенних талых вод в различных типах агроландшафта в условиях Ульяновской области.....                                                                            | 39   |
| Шайхутдинов Ф. Ш., Сержанов И. М., Гараев Р. И., Ногуманов И. З., Сержанова А. Р. Роль сорта и фона минерального питания при возделывании высоких урожаев яровой мягкой пшеницы ( <i>Triticum aestivum</i> ) на серой лесной почве Предкамской зоны Республики Татарстан..... | 46   |

### ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Егорова Е. В., Симурзина Е. П., Семенов В. Г. Применение отечественных биостимуляторов в откорме голштинских бычков.....                                                      | 52 |
| Феткуллова Г. И., Хаертдинов Р. А., Сушенцова М. А., Камалдинов И. Н., Закирова Г. М. Основные направления селекции по экстерьерным признакам у лошадей татарской породы..... | 58 |

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОЛОГИЯ

|                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Валидов Ш. З. Совместимость агентов биологической защиты растений <i>Pseudomonas putida</i> PCL1760 и <i>Trichoderma asperellum</i> T302..... | 64 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## CONTENTS

### AGRONOMY

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | pages |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Deryabin V. L., Porsev I. N.</b> Protection of table beet from diseases, pests and weeds in the southern Trans-Urals.....                                                                                                                                                                      | 6     |
| <b>Mikhaylova M. Yu., Kapustin D. Yu., Sharafieva I. Z.</b> Revealing grain potential of Nur corn hybrid using foliar feeding with KompleMet brand liquid fertilizers in Middle Volga region conditions.....                                                                                      | 13    |
| <b>Motavalov I. F., Suleymanov S. R.</b> Influence of seeding rate on yield and oil output of spring rapeseed hybrids cultivated No-Till technology in the Republic of Tatarstan.....                                                                                                             | 18    |
| <b>Streltsov R. M.</b> Impact of variable fertilization on forage corn productivity.....                                                                                                                                                                                                          | 25    |
| <b>Takhaviev I. D.</b> Efficiency of sulfur bentonite and ammonium sulfate in the nutrition system of sunflower hybrids on typical gray forest soils of the Republic of Tatarstan.....                                                                                                            | 32    |
| <b>Toygildin A. L., Petrov M. V., Sharipova R. B., Nikiforova S. A., Syapukov N. E.</b> Assessment of erosion hazard of spring meltwater in various agrolandscape types in Ulyanovsk region.....                                                                                                  | 39    |
| <b>Shaykhutdinov F. Sh., Serzhanov I. M., Garaev R. I., Nogumanov I. Z., Serzhanova A. R.</b> The role of variety and mineral nutrition background in high-yield cultivation of spring soft wheat ( <i>Triticum aestivum</i> ) on gray forest soil of Kama zone of the Republic of Tatarstan..... | 46    |

### ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDECINE

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Egorova E. V., Simurzina E. P., Semenov V. G.</b> Application of domestic biostimulants in Holstein bull fattening.....                                                  | 52 |
| <b>Fetkullova G. I., Khaertdinov R. A., Sushentsova M. A., Kamaldinov I. N., Zakirova G. M.</b> Main directions of selection for exterior traits in Tatar breed horses..... | 58 |

### AGRICULTURAL BIOLOGY

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Validov Sh. Z.</b> Compatibility of biological plant protection agents <i>Pseudomonas putida</i> PCL1760 and <i>Trichoderma asperellum</i> T302. .... | 64 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ЗАЩИТА СВЁКЛЫ СТОЛОВОЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ, ВРЕДИТЕЛЕЙ И СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ

В. Л. Дерябин, И. Н. Порсев

**Реферат.** В 2019-2022 годы на опытном поле Курганской ГСХА имени Мальцева проводились опыты по изучению эффективности применения интегрированных схем защиты свёклы столовой сортов Бордо 237 и Мулатка от вредных организмов. Новизна исследований заключалась в том, что в условиях меняющегося климата Зауралья в ходе проведения опытов выявлены самые многочисленнные виды сорняков, болезни и вредители в посевах свёклы столовой. Изучено распространение вредных объектов: корнееда (болезнь корней) и церкоспороза (поражает листовую поверхность). При математической обработке данных, между распространённостью корнееда свёклы и её урожайностью по сортам, отмечена обратная корреляционная зависимость. Коэффициент корреляции составил ( $r = -0,495 \pm 0,123$ ), это указывает на среднюю отрицательную зависимость. Кроме того, между урожайностью сортов и развитием церкоспороза выявлена высокая отрицательная зависимость, коэффициент корреляции ( $r = -0,856$ ). Использование протравителей позволило снизить поражение корнеедом ниже порога вредоносности. Применение фунгицидных обработок по вегетирующим растениям помогло значительно снизить распространённость и развитие церкоспороза и других листовых болезней. Биологическая эффективность фунгицидов при обработке семян от корнееда составила по схеме №1 - 83%, по схеме №2 - 92% и по схеме №3 - 100%. В отношении церкоспороза фунгициды по вегетации обеспечили биологическую эффективность по схеме №1 - 83%, схеме №2 - 89% и схеме №3 - 85%. При использовании инсектицидов также была отмечена высокая биологическая эффективность против ряда вредителей, в частности свекловичных блошки и клопа. Использование интегрированных схем защиты в посевах свёклы столовой повышало урожайность по обоим сортам. Наиболее эффективной стала схема №3 – урожайность по сорту Бордо 237 - 43,2 т/га, в контрольном варианте - 20,2 т/га, по сорту Мулатка – 40,4 т/га, без применения препаратов – 19,5 т/га.

**Ключевые слова:** свекла столовая (*Beta vulgaris* L.), сорт, гибрид, корнеед, церкоспороз, защита растений, фунгицид, биологическая эффективность, урожайность.

**Для цитирования:** Дерябин В.Л., Порсев И.Н. Защита свёклы столовой от болезней, вредителей и сорных растений в условиях Южного Зауралья // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2026. 1(17). С. 6-12 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-6-12>

**Введение.** По многочисленным данным, одной из наиболее распространённых и полезных овощных культур является свёкла столовая. Как в корнеплодах, так и в листьях она содержит большое количество полезных веществ: сухое вещество до 20%, сахара (большой частью сахароза) до 12%, белки до 1,5%, клетчатка до 1%, липиды 0,1%. Помимо этого, непосредственно в корнеплодах содержатся мальтоза, раффиноза, небольшой объем крахмал, гемицеллюлоза и декстрин [1, 2, 3].

Объёмы производства свёклы столовой на территории Российской Федерации, позволяют обеспечивать потребность населения в корнеплодах полностью [4, 5].

Поражение растений свёклы корнеедом вызывают различные почвенные фитопатогены (*Phoma betae*, *Pythium debaryanum*, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani*). Церкоспороз – является листотелевой инфекцией (*Cercospora beticola*) [6, 7, 8].

Нами в течении четырёх лет были изучены поражаемость этими заболеваниями. Заболевание корнееда проявлялось в побурении и загнивании корешков и корневой шейки, в появлении перетяжек. Первичный побег и корешок чернел, становились тонкими, проростки и всходы полегали и гибли. При поражении церкоспорозом на нижних листьях появлялись округлые пятна – некрозы.

Значимость проводившихся исследований в том, что они расширяют и углубляют

имеющиеся в настоящее время знания о вредных объектах свёклы столовой в Южном Зауралье и возможности применения интегрированных схем защиты от них в фитосанитарной технологии возделывания.

Церкоспороз свёклы, начиная с 2000 года, прогрессирует в областях ЦЧР, особенно в его южных районах. Развитие болезни в некоторых очагах достигает эпифитотийного уровня ( $R=90-100\%$ ,  $P=100\%$ ). Очаги зачастую приурочены к посевам раннего срока, где используются восприимчивые сорта и гибриды свёклы. Для принятия решения о начале обработки посевов, в качестве экономического порога вредоносности (ЭПВ) церкоспороза принято считать 5%. [9, 10, 11].

Для получения высоких и здоровых урожаев свёклы необходимо обеспечить её благоприятными условиями и защитой от воздействия вредных объектов (сорняки, болезни, вредители) [12]. При отсутствии необходимых мероприятий по защите посевов, выход товарной продукции может значительно снижаться [13, 14, 15].

Цель исследований. Оценить влияние трёх интегрированных схем защиты (гербициды + инсектициды + фунгициды + листовые микроудобрения) на уровень поражённости корнеедом и церкоспорозом, численность основных вредителей, сорных растений и товарную урожайность сортов Бордо 237 и Мулатка в условиях Южного Зауралья (2019–2022 годы).

В задачи исследования входило:

- выявить наиболее распространённые болезни, вредителей и сорняков в посевах свёклы столовой;

- изучить схемы защиты посевов свёклы столовой с использованием современных фунгицидов, инсектицидов и гербицидов в фитосанитарной технологии возделывания и влиянию их на урожайность культуры.

**Условия, материалы и методы.** Полевые опыты проводились на базе опытного поля Курганской ГСХА, лабораторные исследования – на кафедре землеустройства, земледелия, агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет» с 2019 по 2022 год. Производственная апробация проведена в хозяйстве СПК «Невский» Кетовского района Курганской области. Опыты проводили в четырёхкратной повторности, учётная площадь 10,0 м<sup>2</sup>, размещение рендомизированное [16, 17]. В опыте испытывались три интегрированные схемы защиты с использованием различных препаратов для обеспечения сохранности растений свёклы от негативного влияния различных вредных объектов [4, 18].

Погодные условия во время проведения опытов варьировали, но в большей степени были засушливыми. 2019 год - ГТК составил – 1,0 (умеренно увлажнённые) и острозасушливые (ГТК – 0,6) в 2020 году, (ГТК-0,7) в 2021 году, (ГТК – 0,8) в 2022 году.

Почва на опытном участке - чернозём выщелоченный среднесуглинистый (среднегумусный и среднесуглинистый) азота в горизонте 0-10 см содержится 19,5 кг/га, фосфора - 57,6 кг/га, калия - 266,4 кг/га,

количество макроэлементов определяли по Чирикову [4, 17].

Опыт (2019-2022 годы) предусматривал изучение интегрированных схем защиты от комплекса вредных организмов при выращивании свёклы столовой на отечественных сортах Бордо 237 и Мулатка. Предшественник картофеля, внесены минеральные удобрения (N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>). Севооборот: пар – картофель – свёкла столовая (морковь) – огурец - капуста. Срок посева третья декада мая (20-25 мая). Нормы высева - 8 кг/га. Способ посева широкорядный, сеялкой СОН-4,2.

При изучении интегрированных схем защиты растений протравливание семян решает проблему предотвращения распространения болезней, передающихся через семена. Применялись почвенные гербициды против первой волны сорных растений до всходов, инсектицидная обработка по всходам проводилась против свекловичной блошки. При формировании четырёх листьев у растений свёклы применяли листовые подкормки и обработку гербицидами от сорных растений. При первых признаках болезней на листьях свёклы столовой применяли фунгициды по вегетации (табл. 1).

С целью мониторинга заболеваний использовался метод системных маршрутных обследований, а также учёты на стационарном участке по рядам посевов свёклы на протяжении вегетационного периода. Благодаря этому получилось определить момент появления первых признаков болезней и скорость её распространения. На делянках фитопатологические наблюдения проводились при появлении болезней и на пике их развития.

Таблица 1 – Схемы защиты свёклы столовой в фитосанитарной технологии возделывания (Курганская ГСХА)

| №<br>схемы      | 1<br>(обработка<br>семян)                          | 2 обработка<br>(до всходов,<br>по всходам)                                                                | 3 обработка<br>(4 настоящих листа)                                                                                                                          | 4 обработка<br>(8 настоящих листьев)                                                                                                   |
|-----------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (конт-<br>роль) | Контроль (без применения пестицидов)               |                                                                                                           |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                        |
| 1<br>(эталон)   | Фунгицид:<br>ТМТД - 8 кг/т<br>(обработка<br>семян) | Гербициды:<br>Дуал Голд – 1,5 л/га;<br>Фронтьер Оптима –<br>1 л/га;<br>Инсектициды:<br>Декстер – 0,1 л/га | Гербициды:<br>Бетанал 22 – 1,5 л/га,<br>Лонтрел Гранд – 60 г/га,<br>Селект – 1 л/га;<br>Микроудобрения:<br>Бортрак – 1 л/га                                 | Гербициды:<br>Бетанал 22 – 1,5 л/га;<br>Селект – 1 л/га,<br>Фунгициды:<br>Риас – 0,3 л/га<br>Жидкое удобрение:<br>Сера Макс – 0,3 л/га |
| 2               | Фунгици:<br>Максим – 5 л/т                         | Гербициды:<br>Бифор Прогресс—<br>3 л/га<br>Бетанал 22– 1,5 л/га<br>Инсектициды: Шар-<br>пей – 0,15 л/га   | Гербициды:<br>Бифор Прогресс – 1 л/га,<br>Агрон Гранд – 60 г/га<br>Фунгицид:<br>Альбит – 0,3 л/га;<br>Микроудобрения:<br>Биостим Свекла – 1 л/га            | Гербициды:<br>Центурион – 0,2л/га,<br>Фунгициды:<br>Фалькон – 0,6 л/га,<br>Микроудобрения:<br>Биостим Свекла –<br>1 л/га               |
| 3               | Апрон Голд –<br>2 л/т + Мак-<br>сим – 5 л/т        | Гербициды:<br>Скрин – 1,5 л/га;<br>Бифор Прогресс –<br>1,5 л/га;<br>Инсектициды:<br>Декстер – 0,1 л/га;   | Гербициды:<br>Бифор 22 – 1,5 л/га;<br>Легион Комби – 0,4 л/га;<br>Агрон – 0,4 л/га;<br>Фунгицид:<br>Флинт – 0,6 л/га;<br>Микроудобрения:<br>Боро Н – 3 л/га | Гербициды:<br>Лигат – 0,6 л/га<br>Микроудобрения:<br>Фертикс Марки В –<br>2 л/га                                                       |

Распространение болезни (Р, %) определяли как выраженное в процентах отношения числа больных растений к общему числу больных и здоровых растений в пробе, а развитие болезни (R, %) – как отношение суммы произведений числа больных растений на соответствующий процент поражения к общему количеству растений в пробе [4].

Для принятия решения о начале обработки посевов, в качестве экономического порога вредоносности (ПВ) церкоспороза принято считать 5%. То есть, если из 100 листьев на 5 из них обнаружено как минимум одно пятно, то нужно начинать фунгицидную обработку против данного заболевания.

Формула Аббота используется для определения биологической эффективности применения пестицидов в простейших случаях (в лабораторных или в полевых условиях, когда численность особей между учётами в контроле практически не изменяется) [18].

$$C = 100 (A-B) / A, \text{ где:}$$

C - процент смертности особей вредителей;  
A - средняя численность особей до обработки;

B - средняя численность особей после

Таблица 2 – Распространение болезней, в годы исследований в наиболее уязвимые фазы роста культуры, 2019-2022 годы (Курганская ГСХА)

| Болезни<br>в посевах свёклы столовой                                                                                | Распространение в годы исследования |         |         |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
|                                                                                                                     | 2019 г.                             | 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. |
| Фаза всходов – 2-3 пары листьев                                                                                     |                                     |         |         |         |
| 1. Корнед ( <i>Phoma betae</i> , <i>Pythium debaryanum</i> , <i>Fusarium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i> ), Р, % | 20,0                                | 20,0    | 25,0    | 27,5    |
| 2. Ложная мучнистая роса ( <i>Peronospora schachtii</i> ), Р, %                                                     | 5,0                                 | 3,0     | 2,0     | 1,5     |
| Фаза образование розетки листьев – формирование корнеплода                                                          |                                     |         |         |         |
| 1. Церкоспороз ( <i>Cercospora beticola</i> ), Р, %                                                                 | 5,3                                 | 8,2     | 6,8     | 9,2     |
| Церкоспороз ( <i>Cercospora beticola</i> ), Р, %                                                                    | 26,0                                | 34,0    | 29,0    | 42,0    |
| 2. Рамуляриоз ( <i>Ramularia betae</i> ), Р, %                                                                      | 2,0                                 | 3,0     | 2,8     | 2,5     |
| 3. Фомоз ( <i>Pleospora betae</i> ), Р, %                                                                           | 5,0                                 | 6,0     | 5,0     | 8,0     |
| 4. Фузариоз ( <i>Fusarium solani</i> , <i>F. oxysporum</i> ), Р, %                                                  | 3,4                                 | 4,2     | 3,8     | 4,1     |
| 5. Некроз сосудов корней и корнеплодов ( <i>Erwinia betae</i> , <i>E. carotovora</i> ), Р, %                        | 10,0                                | 8,0     | 11,0    | 12,0    |

Было выявлено, что первыми распространяются на посевах свёклы столовой возбудители корнед. Вследствие их воздействия корешки меняли окраску на тёмно-бурую, начинали загнивать, поражалась корневая шейка, появлялись перетяжки. Всходы на поверхности и корешки чернели, истончались и впоследствии молодые растения полежали и гибли.

В случае низкого уровня развития болезни, всходы выживали, но в сравнении со здоровыми отставали в росте, корневая система становилась мочковатой, корнеплоды получали деформации и повреждения теряя товарность. Конкурентоспособность падала, а при дальнейшем развитии уже взрослое растение становилось более уязвимо к влиянию фитофагов и сорняков.

Фитопатогены наиболее опасны в начальные фазы роста культуры, в частности на

обработки.

Экономическую эффективность рассчитывали по технологическим картам с учётом применяемой технологии и зональных нормативных показателей.

Применение средств защиты растений в опыте, способствовало сохранению урожая сортов и окупаемости затрат по вариантам. Самая низкая окупаемость была отмечена в контрольных вариантах, так по сорту Бордо 237 – 5,98 р., по сорту Мулатка – 6,32 р. Наиболее эффективной из изученных оказалась схема защиты № 3. При защите по данной схеме получена и наибольшая окупаемость затрат, так по сорту Бордо 237 – 9,88 р., по сорту Мулатка – 10,53 р.

Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализа (Б.А. Доспехов, 2011) [16].

**Результаты и обсуждения.** По результатам обследований посевов столовой свёклы на протяжении четырёх лет, нами были учтены и объединены в группы вредители, болезни и сорняки по сходству их ролей в экосистеме, приспособленности к неблагоприятным условиям среды и распространению во времени и в пространстве (табл. 2).

момент всходов, однако после линьки корня, более пристальное внимание следует уделить инфекциям поражающим листовую пластинку (церкоспороз), затрагивающим корневую систему в почве (фузариозная гниль, корнед). По этой причине необходимо использовать все возможные средства для лечения и предупреждения распространения болезней.

На протяжении четырёх лет на опытном участке проводилось определение исходной засорённости по видам сорняков. Из наиболее вредоносных, многолетних, корнеотпрысковых был отмечен осот полевой (*Sonchus arvensis* L.) – 7 экз/м<sup>2</sup> в среднем. Кроме того, сорный ценоз был представлен различными однолетними двудольными сорными растениями: гречихой татарской (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) – 8 экз/м<sup>2</sup>, марью белой (*Chenopodium album* L.) – 5 экз/м<sup>2</sup>, редькой дикой (*Raphanus raphanistrum* L.) – 7 экз/м<sup>2</sup>,

## АГРОНОМИЯ

щирицей запрокинутой (*Amaranthus retroflexus* L.) - 12 экз/м<sup>2</sup>, подмаренником цепким (*Galium aparine* L.) - 6 экз/м<sup>2</sup>. Из однодольных,

злаковых встречался только щетинник сизый (*Setaria pumila* (Poir.) Schult.) - 31 экз/м<sup>2</sup> (табл. 3).

Таблица 3 – Исходная засоренность, экз/м<sup>2</sup>, 2019 - 2022 годы (Курганская ГСХА)

| Годы    | осот полевой | гречиха татарская | марь белая | редька дикая | щирица запрокинутая | подмаренник цепкий | щетинники сизый, зелёный |
|---------|--------------|-------------------|------------|--------------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| 2019    | 6            | 9                 | 7          | 5            | 13                  | 6                  | 28                       |
| 2020    | 6            | 7                 | 3          | 7            | 9                   | 6                  | 30                       |
| 2021    | 8            | 8                 | 5          | 9            | 12                  | 5                  | 30                       |
| 2022    | 7            | 8                 | 4          | 7            | 14                  | 6                  | 35                       |
| Среднее | 7            | 8                 | 5          | 7            | 12                  | 6                  | 31                       |

Превышение экономического порога вредности количеством сорной растительности привело к необходимости применения гербицидов с целью снижения их численности.

В начальный период роста культуры, от всходов до появления 2-3 листа, значительный вред наносился свекловичной блошкой (табл. 4). Имаго длиной 1,5-2 мм черного цвета. Жуки зимуют в растительных остатках или в верхних слоях почвы под стерней. С наступлением весны взрослые насекомые выходят на поверхность питаясь сорняками,

после появления всходов культуры они переселяются на неё. Жук полностью уничтожает семядоли, свежие листья и поражает точку роста. Всходы в следствие подобных повреждений значительно снижают свою скорость развития или в случае слишком большого повреждения гибнут. В случае несвоевременного посева и поздних сроках повышается уязвимость культуры к повреждениям, в случае большой численности насекомых способны почти полностью уничтожить посевы.

Таблица 4 – Распространённые вредители свёклы столовой, в среднем по вариантам, 2019-2022 годы (Курганская ГСХА)

| Вредные организмы<br>в посевах свёклы столовой                                                            | Распространение в годы исследования |         |         |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
|                                                                                                           | 2019 г.                             | 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. |
| Фаза всходов – 2-3 пары листьев                                                                           |                                     |         |         |         |
| 1.Свекловичная блошка ( <i>Chaetocnema concinna</i> ), экз/м <sup>2</sup>                                 | 45                                  | 63      | 105     | 93      |
| Фаза образование розетки листьев – формирование корнеплода                                                |                                     |         |         |         |
| 2.Свекловичный клоп ( <i>Polymeris cognatus</i> , syn. <i>Poecilos cytusognatus</i> ), экз/м <sup>2</sup> | 15                                  | 18      | 12      | 9       |

Обработка семян свёклы столовой фунгицидами перед посевом позволило снизить поражение всходов корнеедом. По схеме защиты №1 (эталон) использовался протравитель ТМТД - 8 кг/т, снижение заражённости болезнью получено на уровне 83%. При обработке

по схеме №2 применялся препарат Максим - 5 л/т, поражение корнеедом уменьшилось на 92%. Лучший результат зафиксирован на схеме защиты №3, в ней использовалась смесь фунгицидов Апрон Голд - 2 л/т + Максим - 5 л/т, эффективность достигла 100% (табл. 5).

Таблица 5 – Биологическая эффективность средств химической защиты растений свёклы столовой, в среднем по вариантам, 2019-2022 годы (Курганская ГСХА)

| № п/п | Варианты                   | Корнеед* | Фомоз** | Церкоспороз** | Свекловичная блошка*** | Свекловичный клоп*** |
|-------|----------------------------|----------|---------|---------------|------------------------|----------------------|
| 1     | Контроль (без обработки)   | 30       | 6,0     | 8,2           | 76                     | 14                   |
| 2     | Схема защиты №1 (эталон),% | 83       | 80      | 83            | 92                     | 93                   |
| 3     | Схема защиты №2, %         | 92       | 91      | 89            | 90                     | 98                   |
| 4     | Схема защиты №3, %         | 100      | 87      | 85            | 93                     | 94                   |

\*- распространение корнееда,%, \*\* - развитие фомоза и церкоспороза,%, \*\*\*- свекловичная блошка и клоп указаны в экз/м<sup>2</sup>

Обработка фунгицидами в период роста культуры благоприятно сказалось на уменьшении поражения листовыми болезнями в частности фомоза и церкоспороза. По схеме защиты №1 (эталон) фунгицид Риас - 0,3 л/га снизил поражение фомозом на 80%, церкоспорозом на 83%. Схема №2 содержала фунгициды Альбит - 0,3 л/га и Фалькон - 0,6 л/га. При их использовании получены лучшие результаты

по снижению распространения фомоза и церкоспороза, эффективность составила 91 и 89% соответственно.

Против свекловичной блошки по схемам №1 и №3 применяли инсектицид Декстер - 0,1 л/га, гибель вредителя составила 92-93%. По схеме №2 использовался препарат Шарпей - 0,15 л/га, биологическая эффективность достигла 90%. В борьбе со свекловичным

клопом Схемы №1 и №3 дали результат 93-94% снижения численности вредителя. По схеме №2 отмечен лучший результат 98% биологической эффективности.

За четыре года проведения опытов, на контрольных вариантах по сорту Бордо 237 была отмечена урожайность - 19,5 т/га. Сорт Мулатка был несколько более продуктивным, выход товарных корнеплодов достиг 20,2 т/га. Использование химических средств защиты растений позволило сохранить весомый процент продукции. По сорту Бордо 237 за четыре года исследований, в среднем, по схеме защиты №1 была отмечена урожайность 36,1 т/га, прибавка в сравнении с контролем составила 16,6 т/га. Схема №2 позволила получить в среднем 37,3 т/га товарных корнеплодов, прибавка 17,8 т/га. Самой эффективной стала схема защиты №3, урожайность достигла 40,4 т/га, прибавка 20,9 т/га.

По сорту Мулатка просматривается схожая тенденция, по схеме №1 получено продукции

37,5 т/га, прибавка к контролю 17,3 т/га. Схема защиты №2 позволила получить 39,1 т/га или прибавка 18,9 т/га. Схема №3 также, как и по сорту Бордо 237 была самой эффективной, получена урожайность 43,2 т/га, прибавка 23 т/га

Подводя итог, можно сказать что применение химических средств защиты позволяет в значительной степени снизить поражение растений свёклы столовой вредными организмами: корнеедом до 100%, фомозом – 91%, церкоспорозом – 89%, уменьшить численность свекловичной блошки на 93%, свекловичного клопа на 98% и как следствие получить более высокую товарную урожайность.

Сила влияния факторов на урожайность сортов свёклы столовой при применении интегрированных схем защиты в годы исследования составляла: фактор А (годы) – 4,0%, фактор В (сорта) – 1,1% и фактор С (схемы защиты) – 93,1%.

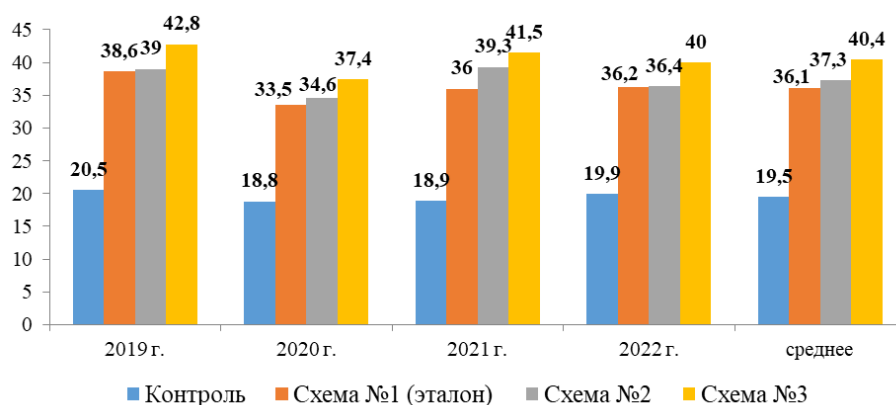


Рис. 1 – Товарная урожайность свёклы столовой сорт Бордо 237 при применении схем защиты, т/га, 2019-2022 годы, (Курганская ГСХА)

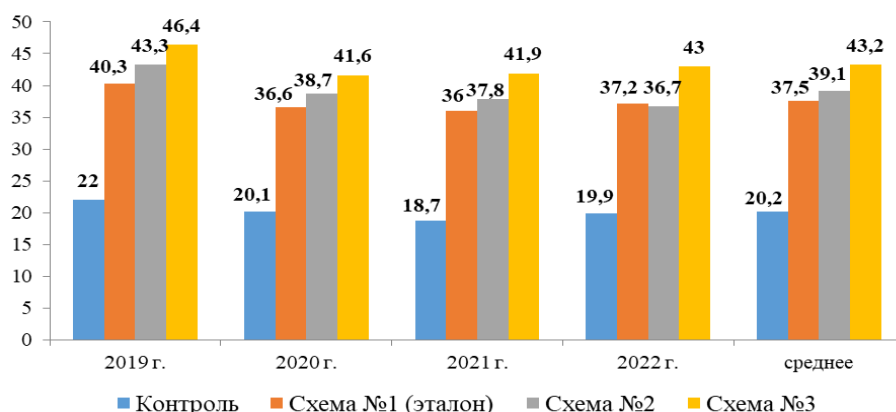


Рис. 2 – Товарная урожайность свёклы столовой сорт Мулатка при применении схем защиты, т/га, 2019-2022 годы, (Курганская ГСХА)

В среднем за четыре года исследований хозяйственная эффективность при использовании химических препаратов по схеме №1 на сорте Бордо 237 достигла – 185%, по схеме №2 – 189%, схеме №3 – 199% в сравнении с контрольным вариантом. Наиболее эффективной оказалась схема защиты №3.

По сорту Мулатка хозяйственная эффективность также повышалась при использовании средств химической защиты. По схеме №1 урожайность увеличилась до 179%, по схеме №2 – 184%, по схеме №3 – 197%.

**Выводы.** Применение химических средств защиты позволило в значительной степени снизить поражение растений свёклы столовой

вредными организмами. Против корнееда лучше всего сработала схема защиты №3, в подавлении фомоза и церкоспороза преимущество имела схема №2. При борьбе со свекловичной блошкой лучший результат был получен при использовании схемы №3, свекловичный клоп более эффективно уничтожался схемой №2.

На урожайность при использовании химических средств защиты влияли несколько факторов: фактор А (годы) – 4,0%, фактор В (сорты) – 1,1% и фактор С (схемы защиты) – 93,1%, оказал наивысшее влияние.

Применение интегрированных схем защиты позволило сохранить объём и товарные качества урожая свеклы столовой. По сорту Бордо 237 урожайность в среднем за 4 года изменялась от 19,5 т/га на контроле, до 36,1-40,4 т/га из сравниваемых схем защиты, лучший результат отмечен на схеме №3. При использовании химических средств защиты на сорте Мулатка просматривается схожая тенденция, 20,2 т/га на контроле и 37,5-43,2 при использовании средств защиты растений, здесь также лучший результат отмечен у схемы №3.

### Литература

1. Буренин В.И., Пивоваров В.Ф. Свекла. С-Пб.: ВИР, 1998. 215 с.
2. Галеев Р.Р., Езепчук Л.Н. Эффективность агротехнических приемов возделывания столовых корнеплодов в Сибири // Вестник АГАУ. 2011. № 6. С. 18-24. EDN: YDFBGA
3. Фитосанитарная технология возделывания свёклы столовой в условиях Южного Зауралья / И.Н. Порсев, Н.А. Немирова, И.А. Субботин и др. // Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 1 (25). С. 41-44.
4. Система защиты свёклы столовой от вредных объектов в условиях Зауралья / И.Н. Порсев, Н.А. Немирова, В.В. Половникова, и др. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. №3 (105). - С.111 - 117. doi: 10.21515/1999-1703-105-111-117.
5. Крашенинник Н.В. Технология выращивания свеклы // Вестник овощевода. 2010. № 3. С. 14-17.
6. Стогниенко О.И., Герр Е.С. Питательный режим чернозема выщелоченного и болезни листьев при различной агротехнике возделывания гибридов сахарной свеклы в ЦЧР // Агрохимия. 2025. №5. С. 88-95. doi: 10.31857/S0002188125050113.
7. Стогниенко О.И., Герр Е.С. Структура популяции возбудителей семенной инфекции сахарной свеклы и озимой пшеницы в ЦЧР // Сахарная свекла. 2025. №7. С. 21-23.
8. Василько В.П., Егоян В.Е. Влияние обработки почвы и удобрений на продуктивность сахарной свёклы и агрофизические показатели чернозёма выщелоченного // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2025. № 117. – С. 101-108. doi: 10.21515/1999-1703-117-101-108.
9. Стогниенко О.И., Мелькумова Е.А., Корниенко А.В. Церкоспороз сахарной свеклы и методы снижения его вредоносности. Воронеж: ООО «Антарес», 2016. 160 с. EDN: WNCABL
10. Жеряков Е.В., Семина С.А. Фотосинтетическая деятельность и урожайность сахарной свеклы в зависимости от вида микроэлементного удобрения // Агрохимический вестник. 2023. №5. С. 3-8. doi: 10.24412/1029-2551-2023-5-001.
11. Шамин А.А., Стогниенко О.И. Особенности распределения численности и биомассы почвенных грибов в пахотном горизонте свекловичных полей черноземья с разными приемами агротехники // Агрохимический вестник. 2025. №55. С. 125-128. doi: 10.24412/1029-2551-2025-5-038s.
12. Гамуев О.В., Вилков В.М., Минакова О.А. Биологическая и агрономическая эффективность применения пониженных норм послевсходовых гербицидов совместно с препаратом Стикс в посевах современных отечественных гибридов сахарной свеклы // Агрохимия. 2025. №2. С. 26-36. doi: 10.31857/S0002188125020047.
13. Характеристика родительских линий и гибридов первого поколения сахарной свёклы по показателям урожайности и сахаристости / Е.С. Дмитрива, Л.В. Паценко, С.Н. Щеглов, и др. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2025. № 117. – С. 120-123. doi: 10.21515/1999-1703-117-120-123
14. Формирование продуктивности сахарной свёклы под влиянием плодородия почвы и удобрений / А.М. Кравцов, А.В. Загоруйко, Н.Н. Нецадим, и др. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. №110. - С.144 - 150. doi: 10.21515/1999-1703-110-144-150
15. Цикадовые в посевах сахарной свеклы в ЦЧР и их вирофорность Candidatus Phytoplasma Solani / Е.С. Герр, О.И. Стогниенко, Ю.Н. Приходько и др. // Агрохимический вестник. 2025. №55. С. 29-31. doi: 10.24412/1029-2551-2025-5-008s.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с. EDN: ZJQBUD
17. Порсев И.Н., Слоцова М.В., Половникова В.В. Изучение болезней на сортах и гибридах моркови столовой и мер защиты в условиях Зауралья // Труды Кубанского ГАУ, 2024. № 113. С. 194-201. EDN: PSZBYQ.
18. Степановских А.С., Жернов Г.О., Жернова С.Ю. Химическая защита растений. М.: ЮНИТИ ДАНА, 2019. 431 с. ISBN 978-5-238-03188-0

### Конфликт интересов

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

### Сведения об авторах:

Дерябин Виктор Леонидович - младший научный сотрудник лаборатории регуляторов роста и защиты растений, e-mail: viktor-derabin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3354-6516>  
Курганский научно-исследовательский институт сельского хозяйства - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», Екатеринбург, Россия.  
Порсев Игорь Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства, земледелия, агрохимии и агропочвоведения, e-mail: porsev\_in66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2760-0255>.  
Курганский государственный университет, Курган, Россия.

## PROTECTION OF TABLE BEET FROM DISEASES, PESTS AND WEEDS IN THE SOUTHERN TRANS-URALS

V. L. Deryabin, I. N. Porsev

**Abstract.** The experiments on effectiveness of integrated pest control schemes for Bordo 237 and Mulatka varieties of table beet were conducted at the experimental field of Kurgan State Agricultural Academy named after Maltsev from 2019 to 2022. The novelty of the research was that, given the changing climate of Trans-Urals, the experiments identified the most numerous weed species, diseases and pests in table beet crops. The distribution of pests, including root rot (a root disease) and cercospora leaf spot (affects the leaf surface), was studied. Mathematical data processing revealed an inverse correlation between the prevalence of beet rootworm and yield by variety. The correlation coefficient was ( $r=-0.495\pm 0.123$ ), indicating a moderate negative relationship. A high negative correlation was also found between variety yield and the development of cercospora leaf spot ( $r=-0.856$ ). The use of seed treatment agents reduced rootworm infestation below the harmfulness threshold. Fungicide treatments on vegetative plants significantly reduced the prevalence and development of cercospora leaf spot and other foliar diseases. The biological effectiveness of fungicides in seed treatment against rootworm was 83% for scheme No.1, 92% for scheme No.2 and 100% for scheme No.3. Against cercospora leaf spot, fungicides applied during vegetation achieved biological effectiveness of 83% for treatment plan No.1, 89% for treatment plan No.2, and 85% for treatment plan No.3. Insecticides also demonstrated high biological effectiveness against a number of pests, particularly the sugar beet flea beetle and beet stink bug. The use of integrated protection schemes in table beet crops increased yields for both varieties. Treatment plan No.3 proved the most effective, with yields for Bordo 237 variety reaching 43.2 t/ha, compared to 20.2 t/ha in the control variant, 40.4 t/ha for Mulatka variety and 19.5 t/ha without treatment.

**Key words:** table beet (*Beta vulgaris* L.), variety, hybrid, rootworm, cercospora leaf spot, plant protection, fungicide, biological efficacy, yield.

**For citation:** Deryabin V.L., Porsev I.N. Protection of table beet from diseases, pests and weeds in the southern Trans-Urals. Agrobiotechnologies and digital farming. 2026;1(17). 6-12 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-6-12>

## References

1. Burenin VI, Pivovarov VF. Svekla. [Beetroot]. Saint Petersburg: VIR. 1998; 215 p.
2. Galeev RR, Ezepechuk LN. [Efficiency of agrotechnical methods for cultivating table root crops in Siberia]. Vestnik AGAU. 2011; 6. 18-24 p. EDN: YDFBGA
3. Porsev IN, Nemirova NA, Subbotin IA. [Phytosanitary technology for cultivating table beets in the southern Trans-Urals]. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2018; 1 (25). 41-44 p.
4. Porsev IN, Nemirova NA, Polovnikova VV. [System of table beet protection from harmful objects in the conditions of Trans-Urals]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; 3 (105). 111-117 p. doi: 10.21515/1999-1703-105-111-117.
5. Krashenninnik NV. [Technology of beets growing]. Vestnik ovoshchevoda. 2010; 3. 14-17 p.
6. Stognienko OI, Gerr ES. [Nutrient regime of leached chernozem and leaf diseases under different agricultural technology of cultivating sugar beet hybrids in Central Black Earth region]. Agrokhimiya. 2025; 5. 88-95 p. doi: 10.31857/S0002188125050113.
7. Stognienko OI, Gerr ES. [Population structure of seed infection pathogens of sugar beet and winter wheat in Central Black Earth region]. Sakharnaya svekla. 2025; 7. 21-23 p.
8. Vasilko VP, Egoyan VE. [Influence of soil cultivation and fertilizers on sugar beet productivity and agrophysical parameters of leached chernozem]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025; 117. 101-108 p. doi: 10.21515/1999-1703-117-101-108.
9. Stognienko OI, Melkumova EA, Kornienko AV. Tserkosporoz sakharnoy svekly i metody snizheniya ego vredonosnosti. [Cercospora leaf spot of sugar beet and methods for reducing its harmfulness]. Voronezh: OOO Antares. 2016; 160 p. EDN: WNCABL
10. Zheryakov EV, Semina SA. [Photosynthetic activity and sugar beet productivity depending on the type of microelement fertilizer]. Agrokhimicheskii vestnik. 2023; 5. 3-8 p. doi: 10.24412/1029-2551-2023-5-001.
11. Shamin AA, Stognienko OI. [Features of distribution of soil fungi number and biomass in the arable horizon of sugar beet fields of chernozem region with different agricultural practices]. Agrokhimicheskii vestnik. 2025; S5. 125-128 p. doi: 10.24412/1029-2551-2025-5-038s.
12. Gamuev OV, Vilkov VM, Minakova OA. [Biological and agronomic efficiency of using reduced rates of post-emergence herbicides together with Stikk drug in crops of modern domestic sugar beet hybrids]. Agrokhimiya. 2025; 2. 26-36 p. doi: 10.31857/S0002188125020047.
13. Dmitrova ES, Tsatsenko LV, Shcheglov SN. [Characteristics of parental lines and first-generation hybrids of sugar beet in terms of productivity and sugar content]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025; 117. 120-123 p. doi: 10.21515/1999-1703-117-120-125
14. Kravtsov AM, Zagorulko AV, Neshchadim NN. [Formation of sugar beet productivity under the influence of soil fertility and fertilizers]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; 110. 144-150 p. doi: 10.21515/1999-1703-110-144-150
15. Gerr ES, Stognienko OI, Prikhodko YuN. [Cycads in sugar beet crops in Central Black Earth region and their virulence of Candidatus Phytoplasma Solani]. Agrokhimicheskii vestnik. 2025; S5. 29-31 p. doi: 10.24412/1029-2551-2025-5-008s.
16. Dospekhov BA. Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy. [Field experiment methodology: on the basics of statistical processing of research results]. Moscow: Agropromizdat. 1985; 351 p. EDN: ZJQBUD
17. Porsev IN, Slovtsova MV, Polovnikova VV. [Study of diseases on table carrot varieties and hybrids and control measures in Trans-Urals]. Trudy Kubanskogo GAU. 2024; 113. 194-201 p. EDN: PSZBYQ.
18. Stepanovskikh AS, Zhernov GO, Zhernova SYu. Khimicheskaya zashchita rasteniy. [Chemical plant protection]. Moscow: YuNITI DANA. 2019; 431 p. ISBN 978-5-238-03188-0

## Conflict of interests

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

## Authors:

Deryabin Viktor Leonidovich - junior researcher of Plant Growth Regulators and Protection Laboratory, e-mail: viktor-deryabin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3354-6516>

Kurgan Research Institute of Agriculture - Branch of Ural Federal Agrarian Research Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia.

Porsev Igor Nikolaevich - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of Land Management, Arable Farming, Agrochemistry and Agro-Soil Science Department, e-mail: porsev\_in66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2760-0255>. Kurgan State University, Kurgan, Russia.

**РАСКРЫТИЕ ЗЕРНОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ГИБРИДА КУКУРУЗЫ НУР ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК ЖИДКИМИ УДОБРЕНИЯМИ МАРКИ КОМПЛЕМЕТ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****М. Ю. Михайлова, Д. Ю. Капустин, И. З. Шарафиева**

**Реферат.** Листовые подкормки в течение вегетации жидкими удобрениями, позволяющие совмещать их внесение с гербицидными и инсектицидными опрыскиваниями, раскрывают зерновой потенциал универсальных гибридов. Исследования проводились в 2024-2025 годы на научной площадке Агробιοтехнопарка. Почва серая лесная тяжелосуглинистая, содержание гумуса 3,0...3,2%, подвижного фосфора 250...260 мг/кг почвы, обменного калия 145...150 мг/кг, рН 6,5...6,6. Схема опыта: контроль (фон N<sub>24</sub>P<sub>24</sub>K<sub>24</sub> без удобрений КомплеМет); 1-ая схема (3-5 листьев – КомплеМет Кукуруза Импульс 2 л/га, 6-8 листьев – КомплеМет Кукуруза Импульс 2 л/га + КомплеМет Железо 1 л/га); 2-ая схема (3-5 листьев – КомплеМет Кукуруза 2 л/га, 6-8 листьев – КомплеМет Цинк 2 л/га). Высевался раннеспелый гибрид Нур, включенный в Государственный Реестр для условий Средневолжского региона. Максимальные значения в опыте длины початка отмечены по первой схеме – увеличение на 7,4%, остальных показателей количества рядов зерен на 6,6%, зерен в ряду на 29,0%, озерненность – 38,2%, массы початка – 8,6%, массы зерна с початка – 5,7%, массы 1000 зерен – 3,7%, а также к снижению предуборочной влажности зерна на 1,2% по второй схеме. Прибавка урожайности зерна от включения листовых подкормок в систему питания гибрида кукурузы Нур составила 0,94...1,60 т/га или 20,4...34,7%. Положительное действие отмечалось и на качественных характеристиках зерна: содержание белка увеличивалось на 0,8% и крахмала – 2,0%. Препараты КомплеМет Кукуруза, КомплеМет Импульс, КомплеМет Железо и КомплеМет Цинк в фазах 3-5 листьев и 6-8 листьев также раскрывают и кормовую ценность гибрида Нур в формировании силосного потенциала. Прибавка урожайности зеленой массы в фазу молочно-восковой спелости составила 5,2...14,9%.

**Ключевые слова:** кукуруза (*Zea mays*), гибрид, микроудобрение, листовые подкормки, зерновой потенциал, структура урожая, урожайность, зерно, качество.

**Для цитирования:** Михайлова М.Ю., Капустин Д.Ю., Шарафиева И.З. Раскрытие зернового потенциала гибрида кукурузы Нур при проведении листовых подкормок жидкими удобрениями марки КомплеМет в условиях Среднего Поволжья // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2026. 1(17). С. 13-17 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-13-17>

**Введение.** Гибриды кукурузы, включенные в Государственный Реестр и рекомендуемые к возделыванию в Средневолжском регионе, могут быть предназначены для уборки на зерно, на силос или быть универсальными [1, 2, 3]. Их урожайность и продуктивность зависят не только от климатических условий [4, 5]. Для выращивания последних гибридов, необходимо корректировать технологические приемы, раскрывающие либо зерновой потенциал, при уборке на зерно, или кормовой, для уборки на зеленую массу, силос, корнаж [6, 7]. Одним из таких приемов служит листовые подкормки в течение вегетации жидкими удобрениями, позволяющие совмещать их внесение с гербицидными и инсектицидными опрыскиваниями [8, 9].

Листовые подкормки позволяют обеспечивать питанием растения в критические периоды, когда уже основное удобрение в почву внести нельзя, либо оно не было внесено в полном объеме, а обеспечить потребность необходимо в кратчайшие сроки [10, 11, 12].

Положительный опыт имеется по применению для листовых подкормок микроэлементов, особенно после проведения диагностики в течение вегетации по выявлению характерных признаков [13, 14, 15].

Кукуруза хорошо отзывается на внесение цинковых удобрений. Поэтому ее называют индикатором по цинку. В ранние фазы развития применяют оксиды и сульфаты цинка, а в

более поздние фазы – хелатные формы, способные полностью усваиваться растением [16].

Фолиарная или листовая подкормка при совместном действии макро- и микроэлементов улучшает питание кукурузы, повышает урожайность зерна на 11,4%, способствует накоплению сырого протеина, жира, крахмала. При этом дополнительные затраты на применение микроудобрений экономически оправдывают себя повышением рентабельности до 84,3% и уменьшением себестоимости до 6427 руб. за 1 тонну зерна [17, 18].

В связи с этим проводились исследования по раскрытию зернового потенциала универсального раннеспелого гибрида Нур с помощью листовых подкормок микроудобрениями марки КомплеМет.

**Цель исследований.** Изучение влияния жидких удобрений марки КомплеМет на проявление зернового потенциала универсальным гибридом кукурузы Нур.

**Задачи:**

- выявить положительное действие удобрений марки КомплеМет на структуру урожая гибрида Нур;
- оценить влияние удобрений марки КомплеМет на предуборочную влажность зерна;
- оценить достоинства гибрида Нур в формировании урожайности зеленой массы и зерна при различных вариантах (схемах) листовых подкормок;
- проверить качество зерна.

**Условия, материалы и методы.** Опыты закладывались в 2024-2025 годы на территории научной площадки Агробiotехнопарка. Общая площадь опытного участка – 420 м<sup>2</sup>. Площадь одного варианта – 140 м<sup>2</sup>. Повторность опыта - четырехкратная. Почва участка серая лесная тяжелосуглинистая, с низким содержанием гумуса 3,0...3,2%, очень высоким содержанием подвижного фосфора 250...260 мг/кг почвы, повышенным содержанием обменного калия 145...150 мг/кг почвы по методу Кирсанова и близкой к нейтральной реакции среде pH 6,5...6,6. Годы проведения исследований по климатическим условиям характеризовались как умеренно благоприятные для возделывания кукурузы. Высевался раннеспелый гибрид Нур, включенный в Государственный Реестр для условий Средневолжского региона. Направление использования – универсальное с ФАО 150. Характеризуется высоким потенциалом зерновой урожайности. Технология возделывания соответствует традиционной в условиях Республики Татарстан для получения зерна кукурузы. Закладывался однофакторный опыт. Схема опыта включала 3 варианта:

- контроль (фон N<sub>24</sub>P<sub>24</sub>K<sub>24</sub> без удобрений КомплеМет);
- 1 схема (3-5 листьев – КомплеМет

Кукуруза Импульс 2 л/га, 6-8 листьев – КомплеМет Кукуруза Импульс 2 л/га + КомплеМет Железо 1л/га);

- 2 схема (3-5 листьев – КомплеМет Кукуруза 2 л/га 6-8 листьев – КомплеМет Цинк 2 л/га).

До посева под предпосевную культивацию вносили 150 кг/га азофоски, как основное внесение. Листовые подкормки по установленной схеме в фазу 3-5 листьев проводились совместно с гербицидной обработкой препаратом Фултайм 1,5 л/га и расходом рабочего раствора 300 л/га. В фазу 6-8 листьев подкормки проводились отдельно.

Период с 2024-2025 годы характеризовался по метеорологическим условиям как умеренно благоприятный для возделывания кукурузы. В 2024 году в начале вегетации стояла прохладная погода, поэтому сроки посева сместились на 23 мая, но осадков за этот месяц хватило для хорошего развития кукурузы в течение всей вегетации. Не смотря на отсутствие дождей в августе месяце. В 2025 году осадков выпало много и по температурным значениями показатели были выше среднимноголетних.

**Результаты и обсуждения.** В структуру урожая зерна кукурузы включают длину початков, их массу, озерненность, массу 1000 зерен (табл. 1).

Таблица 1 – Структура урожая кукурузы на зерно

| Варианты          | 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 |
|-------------------|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| Контроль          | 17,6              | 1,3                                   | 13,6                              | 27,9                     | 378,2                     | 195,4            | 169,5                    | 89,0                     | 375,1               |
| Схема 1-я         | 18,9              | 0,8                                   | 13,2                              | 34,7                     | 457,2                     | 209,2            | 170,2                    | 81,3                     | 382,1               |
| Схема 2-я         | 17,1              | 1,8                                   | 14,5                              | 36,0                     | 522,6                     | 212,3            | 179,2                    | 84,5                     | 389,0               |
| НСР <sub>05</sub> | 3,73              | 0,29                                  | 1,04                              | 5,83                     | 25,66                     | 36,59            | 26,69                    | 18,43                    | 37,25               |

Длина початка варьировала от 17,1 до 18,9 см, с наибольшим значением на 1 схеме опрыскивания. При этом наименьшая длина невыполненной части также соответствует початкам с данного варианта – 0,8 см или 4,2%. Наибольшее количество рядов зерен соответствует 2 схеме опрыскивания + 0,9 шт., по сравнению с контрольным вариантом. Количество зерен в ряду постепенно увеличивалось от контроля ко второй схеме опрыскивания (+ 6,8 шт. и + 8,1 шт.). Поэтому лучшая озерненность початков была отмечена при опрыскивании кукурузы в фазу 3-5 листьев – КомплеМет Кукуруза 2 л/га и 6-8 листьев – КомплеМет Цинк 2 л/га. Масса початка варьировала от 195,4 до 212,3 г. Проведение листовых подкормок увеличивало массу початков гибрида Нур на 13,8 и 16,9 г, массу зерна с початка на 0,7 и 9,7 г. Однако наибольший выход зерна с початка оказался на контрольном варианте.

На вариантах с листовыми подкормками выход зерна был меньше на 7,7 и 4,5%. Масса 1000 зерен увеличилась на 1,9 и 3,7%. В результате листовые подкормки микроудобрениями марки КомплеМет привели к улучшению основных структурных показателей кукурузы.

Препараты КомплеМет повлияли на предуборочную влажность зерна (табл. 2). Отмечалось снижение влажности на 1,2% при первой схеме опрыскивания и на 0,5% при второй схеме. Можно сделать вывод, что применение цинка и железа в листовых подкормках в посевах кукурузы приводило к оттоку влаги из растений, что способствовало уменьшению предуборочной влажности зерна, но в большей степени от применения в фазу 3-5 листьев – КомплеМет Кукуруза Импульс 2 л/га, 6-8 листьев – КомплеМет Кукуруза Импульс 2 л/га + КомплеМет Железо 1л/га.

Таблица 2 – Предуборочная влажность зерна кукурузы, 2024-2025 годы

| Варианты          | Влажность, % |
|-------------------|--------------|
| Контроль          | 23,7         |
| Схема 1-я         | 22,5         |
| Схема 2-я         | 23,2         |
| НСР <sub>05</sub> | 3,09         |

Положительное действие листовых подкормок препаратами КомплеМет и проявилось в увеличении урожайности зеленой массы в фазу молочно-восковой спелости, которая отражает кормовой потенциал гибрида Нур, его способность формировать силосную массу (табл. 3). Урожайность зеленой массы на контрольном варианте составила 63,05 т/га. От применения препаратов

КомплеМет Кукуруза Импульс и КомплеМет Железо прибавка урожайности составила 3,31 т/га, что на 5,2% больше контрольного варианта. Наибольший кормовой потенциал был отмечен при опрыскивании посевов кукурузы препаратами КомплеМет Кукуруза и КомплеМет Цинк. Прибавка урожайности составила 9,38 т/га, что на 14,9% больше контроля.

Таблица 3 – Урожайность зеленой массы кукурузы, 2024-2025 годы

| Варианты          | Урожайность, т/га | Прибавка урожая, т/га |
|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Контроль          | 63,05             | -                     |
| Схема 1-я         | 66,36             | 3,31                  |
| Схема 2-я         | 72,43             | 9,38                  |
| НСР <sub>05</sub> | 7,00              |                       |

Препараты КомплеМет раскрывают зерновой потенциал гибрида Нур. Биологическая урожайность зерна в фазу полной спелости по вариантам опыта составила 4,61; 5,55 и 6,21 т/га (табл. 4). Отмечается положительная

динамика включения листовых подкормок в общую систему питания кукурузы. Прибавка урожайности от изучаемых препаратов составила 0,94 и 1,60 т/га или 20,4 и 34,7% в отличие от контрольного варианта.

Таблица 4 – Биологическая урожайность зерна кукурузы, 2024-2025 годы

| Варианты          | Урожайность, т/га | Прибавка урожая, т/га |
|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Контроль          | 4,61              | -                     |
| Схема 1-я         | 5,55              | 0,94                  |
| Схема 2-я         | 6,21              | 1,60                  |
| НСР <sub>05</sub> | 0,69              |                       |

Влияние изучаемых приемов на качественные характеристики зерна кукурузы представлены в таблице 5. Можно отметить, что только при первой схеме опрыскивания отмечалось увеличение содержания белка на 0,8%, по сравнению с контрольным вариантом. На варианте второй схемы

опрыскивания содержание белка не изменялось и было в пределах 11,9%. Содержание крахмала постепенно увеличивалось от контрольного варианта ко второй схеме  $63,0 < 64,0 < 65,0\%$ . Наибольшее содержание крахмала соответствует второй схеме опрыскивания.

Таблица 5 – Качество кукурузы на зерно, 2024-2025 годы

| Варианты          | Содержание белка, % | Содержание крахмала, % |
|-------------------|---------------------|------------------------|
| Контроль          | 11,9                | 63,0                   |
| Схема 1-я         | 12,7                | 64,0                   |
| Схема 2-я         | 11,9                | 65,0                   |
| НСР <sub>05</sub> | 1,24                | 11,75                  |

**Выводы.** Раскрывать зерновой потенциал гибрида кукурузы Нур помогают листовые подкормки микроудобрениями КомплеМет. Они положительно влияют на структурные показатели урожая: длину початка, количество рядов зерен, зерен в ряду, озерненность, массу зерна с початков, массу 1000 зерен. Увеличение длины початка на 7,4% (1-ая схема), количества рядов зерен на 6,6%, зерен в ряду на 29,0%, озерненность – 38,2%, массы початка – 8,6%, массы зерна с початка – 5,7%, массы 1000 зерен – 3,7% на 2-ой схеме. Листовые подкормки приводили к снижению предуборочной влажности зерна на 1,2%. Прибавка урожайности зерна от включения листовых

подкормок в систему питания гибрида кукурузы Нур составила 0,94...1,60 т/га или 20,4...34,7%. Положительное действие отмечалось и на качественных характеристиках зерна: содержание белка увеличивалось на 0,8% и крахмала – 2,0%.

**Сведения о финансировании.** Работа выполнена за счет гранта, предоставленного Академией наук Республики Татарстан образовательным организациям высшего образования, научным и иным организациям на поддержку планов развития кадрового потенциала в части стимулирования их научных и научно-педагогических работников к защите докторских диссертаций и выполнению научно-исследовательских работ.

#### Литература

1. 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. doi: 10.1051/bioconf/20225200085. EDN RGYNHX.
2. Кушнаренко В.Н. "Кубические" гибриды - прорыв в силосном направлении // Аграрная наука. 2022. № 2. С. 88-89. EDN PXSFSSK.
3. Михайлова М. Ю., Таланов И. П. Питательная ценность гибридов кукурузы при возделывании на зеленую массу // Аграрная наука. 2016. № 4. С. 9–11.

4. Мустафина А. Б. Изменения основных климатических показателей на территории Республики Татарстан за период 1966-2013 гг. // Географический вестник. 2017. № 2(41). С. 99-108. doi: 10.17072/2079-7877-2017-2-99-108. EDN YTOQLZ.
5. Шайтанов О. Л., Низамов Р. М., Захарова Е. И. Оценка влияния глобального потепления на климат Татарстана // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 4(40). С. 102-112. doi: 10.24412/2309-348X-2021-4-102-112. EDN OJJEZR.
6. 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. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17. EDN MZJAIB.
7. Продуктивность кукурузы Росс 140 в зависимости от уровня химизации зональных почв республики Татарстан / Ф. Н. Сафиоллин, М. М. Хисматуллин, А. А. Лукманов [и др.] // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2023. № 115. С. 199-223. doi:10.19047/0136-1694-2023-115-199-223. EDN CQVABU.
8. 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.
9. Mikhailova M. U., Talanov P. I. Cultivation of corn hybrids on the expected nutritional background in the Volga region of the Republic of Tatarstan // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, 18–19 апреля 2019 года. Vol. 341. Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. P. 012008. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012008. EDN DBXDJO.
10. Химический состав кормов в зависимости от способов основной обработки почвы и фонов питания / В. В. Медведев, В. Н. Фомин, М. М. Нафиков, А. Р. Нигматзянов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 1(57). С. 32-37. doi: 10.12737/2073-0462-2020-32-37. EDN USUWXN.
11. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на динамику влажности почвы, водопотребление и урожайность кукурузы при выращивании на силос / В. Н. Фомин, М. М. Нафиков, В. В. Медведев, Д. В. Якимов // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 12. С. 12-16. EDN YMENTW.
12. 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 доз минеральных удобрений // Плодородие. 2020. № 3(114). С. 12-14. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.03. EDN KVKHTS.
13. Колесар В. А., Шарипова Г. Ф., Дмитриева П. А. Оценка эффективности комплексных удобрений при некорневом внесении на различных сортах сои // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. С. 212-218. EDN QLFGUY.
14. Сабирова Р. М., Шакиров Р. С., Бикмухаметов З. М. Биоплант Флора - удобрение нового поколения // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 2(53). С. 37-42. doi: 10.12737/article\_5d3e15f17c3223.64554857. EDN OTPVMX.
15. Влияние расчетных норм минеральных удобрений на урожайность орошаемой кормовой кукурузы на серых лесных почвах Республики Татарстан / И. Ф. Яхин, Р. Х. Габитов, М. М. Хисматуллин, Н. В. Трофимов // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 4(4). С. 45-50. doi: 10.12737/2782-490X-2022-45-50. EDN AJFRNI.
16. Полянский А. Л., Сергеев С. В., Малышева Е. В. Результативность микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно в условиях лесостепи Центрального Черноземья // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 5. С. 25-32. EDN AYEXVT.
17. Дронов А. В., Бельченко С. А., Мамеев В. В. Эффективность комплексного применения макро- и микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно в Брянской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. № 3(51). С. 82-87. doi: 10.24412/2309-348X-2024-3-82-87. EDN EYRXRG.
18. Влияние новых жидких комплексных органоминеральных удобрений на рост и качество урожая кукурузы / Н. И. Мамсиров, А. Ю. Кишев, А. Л. Бозиев [и др.] // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 7-14. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-7-14. EDN YZCYSY.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Сведения об авторах:

Михайлова Марина Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: marisha.m.u@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0894-9275>

Капустин Денис Юрьевич – аспирант кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: denis.kapustin17@mail.ru

Шарафиева Илюса Зульфатовна – аспирант кафедры агрохимии и почвоведения e-mail: kurbangalieva\_1999@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

#### REVEALING GRAIN POTENTIAL OF NUR CORN HYBRID USING FOLIAR FEEDING WITH KOMPLEMET BRAND LIQUID FERTILIZERS IN MIDDLE VOLGA REGION CONDITIONS

M. Yu. Mikhaylova, D. Yu. Kapustin, I. Z. Sharafieva

**Abstract.** Foliar feeding with liquid fertilizers during the growing season, allowing for their combined application with herbicide and insecticide sprays, reveals grain potential of universal hybrids. The study was conducted in 2024-2025 at Agrobiotechnopark research facility. The soil is gray forest heavy loamy, with a humus content of 3.0...3.2%, available phosphorus 250...260 mg/kg of soil, exchangeable potassium 145...150 mg/kg and pH of 6.5...6.6. Experimental scheme: control (N24P24K24 background without KompleMet fertilizers); 1st scheme (3-5 leaves – KompleMet Corn Impulse 2 l/ha, 6-8 leaves – KompleMet Corn Impulse 2 l/ha + KompleMet Iron 1 l/ha); 2nd scheme (3-5 leaves – KompleMet Corn 2 l/ha, 6-8 leaves – KompleMet Zinc 2 l/ha). Early-ripening hybrid Nur was sown, included in the State Register for the conditions of Middle Volga region. The maximum values in the experiment for ear length were noted with the first scheme - an increase of 7.4%, other indicators of the number of grain rows by 6.6%, grains in a row by 29.0%, grain content - 38.2%, ear weight - 8.6%, grain weight per ear - 5.7%, 1000-kernel weight - 3.7%, as well

as a decrease in pre-harvest grain moisture by 1.2% with the second scheme. The increase in grain productivity from the inclusion of foliar feeding in the nutrition system of Nur corn hybrid amounted to 0.94 ... 1.60 t/ha or 20.4 ... 34.7%. A positive effect was also noted on the qualitative characteristics of grain: the protein content increased by 0.8% and starch - 2.0%. The application of KompleMet Kukuruza, KompleMet Impulse, KompleMet Iron and KompleMet Zinc at 3-5 leaf and 6-8 leaf stages also revealed the forage value of Nur hybrid in terms of silage potential. The increase in green mass yield at the milky-wax ripeness stage was 5.2–14.9%.

**Key words:** corn (*Zea mays*), hybrid, micronutrient fertilizer, foliar feeding, grain potential, crop structure, productivity, grain, quality.

**For citation:** Mikhaylova M.Yu., Kapustin D.Yu., Sharafieva I.Z. Revealing grain potential of Nur corn hybrid using foliar feeding with KompleMet brand liquid fertilizers in Middle Volga region conditions. Agrobiotechnologies and digital farming. 2026; 1(17). 13-17 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-13-17>

## References

1. Mikhaylova MYu, Minikaev RV, Faskhutdinov FSh, Vafina LT. Potential of corn hybrids of universal use. BIO Web of Conferences. 2022; Vol.52. 00085 p. doi: 10.1051/bioconf/20225200085. EDN RGYNHX.
2. Kushnarenkov VN. ["Cubic" hybrids - a breakthrough in the silage direction]. Agrarnaya nauka. 2022; 2. 88-89 p. EDN PXSFSK.
3. Mikhaylova MYu, Talanov IP. [Nutritional value of corn hybrids when cultivated on green mass]. Agrarnaya nauka. 2016; 4. 9-11 p.
4. Mustafina AB. [Changes in the main climatic indicators in the Republic of Tatarstan from 1966 to 2013]. Geograficheskiy vestnik. 2017; 2(41). 99-108 p. doi: 10.17072/2079-7877-2017-2-99-108. EDN YTOQLZ.
5. Shaytanov OL, Nizamov RM, Zakharova EL. [Assessing the impact of global warming on the climate of Tatarstan]. Zernobobovye i krupnyanye kultury. 2021; 4(40). 102-112 p. doi: 10.24412/2309-348X-2021-4-102-112. EDN OJJEZR.
6. Mikhaylova MYu, Minikaev RV, Amirov MF. [The effect of foliar feeding on the formation of generative organs of corn]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.19. 1(73). 12-17 p. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17. EDN MZJAIB.
7. Safiollin FN, Khismatullin MM, Lukmanov AA. [Productivity of Ross 140 corn depending on the level of chemicalization of zonal soils of the Republic of Tatarstan]. Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. 2023; 115. 199-223 p. doi: 10.19047/0136-1694-2023-115-199-223. EDN CQBABU.
8. Chekmarev PA, Fomin VN, Turnin SD. [Influence of variety and fertilizers on corn productivity when grown for grain]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017; Vol.31. 9. 22-24 p. EDN: ZQPYBN.
9. Mikhaylova MYu, Talanov PI. Cultivation of corn hybrids on the expected nutritional background in Volga region of the Republic of Tatarstan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: proceedings of AgroCON-2019 conference, Kurgan, 18-19 April, 2019. Vol.341. Kurgan: IOP Publishing Ltd. 2019; 012008 p. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012008. EDN DBXDJO.
10. Medvedev VV, Fomin VN, Nafikov MM, Nigmatzyanov AR. [Chemical composition of feed depending on primary tillage methods and nutritional backgrounds]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020; Vol.15. 1(57). 32-37 p. doi: 10.12737/2073-0462-2020-32-37. EDN USUWXN.
11. Fomin VN, Nafikov MM, Medvedev VV, Yakimov DV. [Influence of primary tillage methods and fertilizers on the dynamics of soil moisture, water consumption, and yield of corn grown for silage]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017; Vol.31. 12. 12-16 p. EDN YMENTW.
12. Mikhaylova MYu, Minikaev RV. [Dynamics of macronutrients in gray forest soil under corn crops for green mass in the conditions of Volga region of the Republic of Tatarstan with the application of increased doses of mineral fertilizers]. Plodorodie. 2020; 3(114). 12-14 p. doi: 10.25680/SI9948603.2020.114.03. EDN KVKHTS.
13. Kolesar VA, Sharipova GF, Dmitrieva PA. [Evaluation of effectiveness of complex fertilizers with foliar feeding on different soybean varieties. Agrarian Science of the XXI Century. Current research and prospects]. Trudy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati d.t.n., professora Volkova I.E., Kazan, 04 iyunya 2021 goda. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 2021; 212-218 p. EDN QLFGUY.
14. Sabirova RM, Shakirov RS, Bikmukhametov ZM. [Bioplant Flora - a new generation fertilizer]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 2(53). 37-42 p. doi: 10.12737/article\_5d3e15f17c3223.64554857. EDN OTPVMX.
15. Yakhin IF, Gabitov RK, Khismatullin MM, Trofimov NV. [The impact of calculated rates of mineral fertilizers on productivity of irrigated forage corn on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2022; 4(4). 45-50 p. doi: 10.12737/2782-490X-2022-45-50. EDN AJFRNI.
16. Polyanskiy AL, Sergeev SV, Malysheva EV. [Efficiency of microfertilizers in the cultivation of grain corn in the forest-steppe conditions of Central Black Earth region]. Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2025; 5. 25-32 p. EDN AYEXVT.
17. Dronov AV, Belchenko SA, Mameev VV. [Efficiency of complex application of macro- and microfertilizers in the cultivation of grain corn in Bryansk region]. Zernobobovye i krupnyanye kultury. 2024; 3(51). 82-87 p. doi:10.24412/2309-348X-2024-3-82-87. EDN EYRXRG.
18. Mamsirov NI, Kishev AY, Boziev AL. [Influence of new liquid complex organomineral fertilizers on the growth and quality of corn crop]. Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova. 2025; 2(48). 7-14 p. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-7-14. EDN YZCYSY.

## Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

## Authors:

Mikhaylova Marina Yurevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: marisha.m.u@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0894-9275>

Kapustin Denis Yurevich – post-graduate student of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: denis.kapustin17@mail.ru

Sharafieva Ilyusa Zulfatovna – post-graduate student of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: kurbangalieva\_1999@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ВЛИЯНИЕ НОРМЫ ВЫСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ВЫХОД МАСЛА  
ГИБРИДОВ ЯРОВОГО РАПСА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL В  
УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН****И. Ф. Мотавалов, С. Р. Сулейманов**

**Реферат.** В полевом опыте 2023-2025 годы на выщелоченном черноземе Муслумовского района Республики Татарстан оценивалось влияние нормы высева на урожайность и качество семян ярового рапса при технологии прямого посева (No-Till). Изучали гибриды Кюрри и Культус, при нормах 500, 600, 700 и 800 тыс. всхожих семян/га в двухфакторной схеме с четырехкратной повторностью. Погодные условия в годы исследований сформировали контрастный ряд по влагообеспеченности и температурному режиму, что позволило оценить стабильность технологических решений. Средняя урожайность по опыту возрастала от 3,22 т/га в 2023 году до 3,42 т/га в 2024 году и 3,90 т/га в 2025 году; среднее преимущество по урожайности имел гибрид Кюрри (3,57 т/га) по сравнению с Культус (3,46 т/га). Реакция на норму высева различалась: у Кюрри рост урожайности сохранялся при повышении нормы до 700-800 тыс. семян/га, у Культус максимум фиксировался при 600 тыс. семян/га и снижался при 700-800 тыс. семян/га. Масличность семян в среднем была выше при 600-700 тыс. семян/га; для Кюрри максимум по среднему значению соответствовал 600 тыс. семян/га (44,00%). Валовой сбор масла как интегральный критерий эффективности («урожайность × масличность») показал оптимум 700 тыс. всхожих семян/га для Кюрри (1585 кг/га) и 600 тыс. всхожих семян/га для Культус (1545 кг/га); для Культус при 700-800 тыс. семян/га выявлен риск снижения выхода масла в отдельные годы. Полученные данные обеспечивают регионально верифицированное обоснование норм высева современных гибридов рапса в системе No-Till на выщелоченных черноземах Республики Татарстан при ориентире на максимизацию выхода масла.

**Ключевые слова:** рапс, гибриды, норма высева, No-Till, масличность, урожайность, маслосбор, чернозем, Татарстан.

**Для цитирования:** Мотавалов И.Ф., Сулейманов С.Р. Влияние нормы высева на урожайность и выход масла гибридов ярового рапса при возделывании по технологии No-Till в условиях Республики Татарстан // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2026. 1(17). С. 18-24 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-18-24>

**Введение.** Яровой рапс (*Brassica napus* L.) относится к числу наиболее экономически значимых масличных культур благодаря высокой технологической ценности масла и белковому потенциалу шрота, а также широкому спектру направлений использования продукции в пищевой и промышленной цепочках [1, 2, 3]. В условиях трансформации агропроизводства в сторону ресурсосбережения и снижения углеродного следа возрастает роль культур, сочетающих высокую продуктивность с возможностью интеграции в почвозащитные системы земледелия и диверсификацию севооборотов. Для регионов лесостепной зоны Среднего Поволжья это особенно актуально на фоне межгодовой неустойчивости влагообеспеченности и температурного режима, когда эффективность технологии все в большей степени определяется устойчивостью генотипа и точностью настройки параметров посева [4, 5, 6].

Одним из ключевых управляемых факторов формирования продуктивности рапса является плотность (густота) стеблестоя, задаваемая нормой высева. Плотность посева определяет архитектуру агроценоза, распределение фотосинтетически активной радиации в посевах, конкурентные отношения за влагу и элементы питания, а также уровень компенсации по элементам структуры урожая (число стручков на единицу площади, семян в стручке, масса 1000 семян) [7]. Результаты исследований показывают, что оптимум

плотности может существенно смещаться в зависимости от гибридов, продуктивного фона, уровня азотного питания и стрессов сезона; при этом как низкая плотность стеблестоя, так и избыточное загущение способны ограничивать реализацию потенциала урожайности и стабильность результата [8, 9]. Для технологий прямого посева (No-Till) значение данного фактора усиливается, поскольку стартовые условия (температура и влажность посевного слоя, неоднородность растительных остатков, динамика сорной растительности) повышают требования к точности формирования стеблестоя и его конкурентоспособности [10, 11].

Наряду с урожайностью, важнейшим критерием эффективности возделывания рапса является масличность, формирующаяся под влиянием генотипа и условий периода цветения-налива, а также тесно связанная с обеспеченностью посева ресурсами при различной плотности стояния. Известно, что изменение плотности стояния и уровня питания может приводить к разнонаправленным эффектам по урожайности и качеству, вследствие чего наиболее корректным целевым показателем для оптимизации технологии служит валовой сбор масла — интегральный результат произведения урожайности на масличность [12]. В отечественных исследованиях также подчеркивается необходимость согласования норм высева и фона питания с учетом сортовых

особенностей, технологических систем и условий года [13, 14, 15].

Для условий Республики Татарстан практико-ориентированная задача заключается в технологически обоснованном подборе норм высева для современных гибридов ярового рапса, в том числе устойчивых к гербицидам производственной схемы «Clearfield», при возделывании по технологии No-Till на выщелоченных черноземах. Несмотря на наличие данных по отдельным элементам технологии, сохраняется дефицит регионально верифицированных результатов, позволяющих сопоставить реакцию гибридов на норму высева не только по урожайности, но и по показателям качества и валового выхода масла в контрастных погодных сценариях сезона [16, 17, 18].

Цель исследования – научно обосновать диапазон норм высева, обеспечивающих максимизацию валового сбора масла и устойчивую реализацию урожайности и масличности семян гибридов Кюрри КЛ и Культус КЛ при возделывании по технологии No-Till на выщелоченном черноземе Республики Татарстан в контрастных по влагообеспеченности условиях 2023–2025 годов.

**Условия, материалы и методы.** Полевые исследования проводили в 2023–2025 годы на испытательном полигоне ООО «Август-Муслум» (Муслюмовский район, Республика Татарстан). Почва опытного участка – выщелоченный чернозем со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,47%, pH солевой вытяжки – 6,6, подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) по методу Чирикова – 142 мг/кг, обменного калия ( $K_2O$ ) – 117 мг/кг. Предшественник – яровая пшеница. Технология возделывания – No-Till.

Для исследования выбраны гибриды ярового рапса Культус КЛ и Кюрри КЛ как представители технологии Clearfield, обеспечивающей унификацию системы защиты посевов, и как материалы разных групп спелости (среднеспелый и среднепоздний), контрастные по морфобиологическим признакам (устойчивость к полеганию/осыпанию, особенности формирования урожая), что позволяет корректно оценить реакцию генотипов на норму высева в различных агрометеорологических условиях.

Изучали влияние двух факторов на продуктивность ярового рапса:

- Фактор А (гибрид): Культус КЛ и Кюрри КЛ.
- Фактор В (норма высева): 500, 600, 700 и 800 тыс. всхожих семян/га.

Площадь учетной делянки – 200 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная, расположение делянок систематическое.

Посев проводили сеялкой Bourgault FMS CD 872 с одновременным рядковым внесением минеральных удобрений (азофоска – 100 кг/га + карбамид – 120 кг/га). В течение вегетации выполняли две листовые подкормки

карбамидом (по 7 кг/га каждая).

Система защиты растений включала:

1. Гербициды: до посева – Торнадо, 2 л/га (сплошного действия); в фазе 3–4 листьев культуры – Галион, 0,3 л/га (против двудольных); в фазе 8 листьев – Квикстеп, 0,75 л/га (против злаковых).

2. Инсектициды: четыре обработки против комплекса вредителей (Герольд, 0,9 л/га; Стилет, 0,35 л/га; Аспид, 0,15 л/га; Скарабей, 0,4 л/га).

3. Фунгициды: обработка баковой смесью Колосаль, КЭ (0,5 л/га) и Интрада, СК (0,8 л/га).

Десикация: предуборочная обработка препаратом Суховой, 2 л/га.

Агрометеорологические условия в период проведения полевых опытов (2023–2025 годы) отличались значительной гетерогенностью, сформировав контрастный ряд по ключевым показателям – температурно-режиму и обеспеченности осадками. Это позволяет оценить устойчивость изучаемых агроприемов к различным погодным стрессам. 2023 год характеризовался экстремально засушливыми условиями в первую половину вегетации (сумма осадков за май–июнь составила лишь 29,65 мм при норме 89,2 мм) в сочетании с наиболее высокой среднесуточной температурой за период (18,1°C), особенно в июле (21,5°C) при норме соответственно 15,7 и 20,0°C. Такое сочетание факторов создало режим выраженной почвенно-атмосферной засухи, лимитировавшей начальное развитие культуры. В 2024 году условия были принципиально иными: вегетация началась с аномально холодного мая (9,5°C), что замедлило появление всходов и ранний рост, однако последующий период (июнь–август) отличался обильным, хотя и неравномерным, увлажнением (максимум осадков в июне – 96,9 мм). 2025 год выделялся как умеренно теплый, но наиболее влажный за весь период исследований, с рекордным количеством осадков, пришедшихся на август (120,0 мм). Таким образом, контрастные условия трех лет – от жарко-засушливых до прохладно-влажных и умеренно-переувлажненных – обеспечивают репрезентативность полученных экспериментальных данных для оценки адаптивного потенциала гибридов ярового рапса и оптимизации норм высева.

Статистическую обработку результатов проводилась с использованием компьютерных программ по методике Б.А. Доспехова, включая дисперсионный анализ при наименьшей существенной разнице ( $НСР_{05}$ ).

**Результаты и обсуждения.** Урожайность семян ярового рапса при возделывании по технологии No-Till формировалась под выраженным влиянием погодных условий года, а также зависела от генотипа и нормы высева (рис. 1).

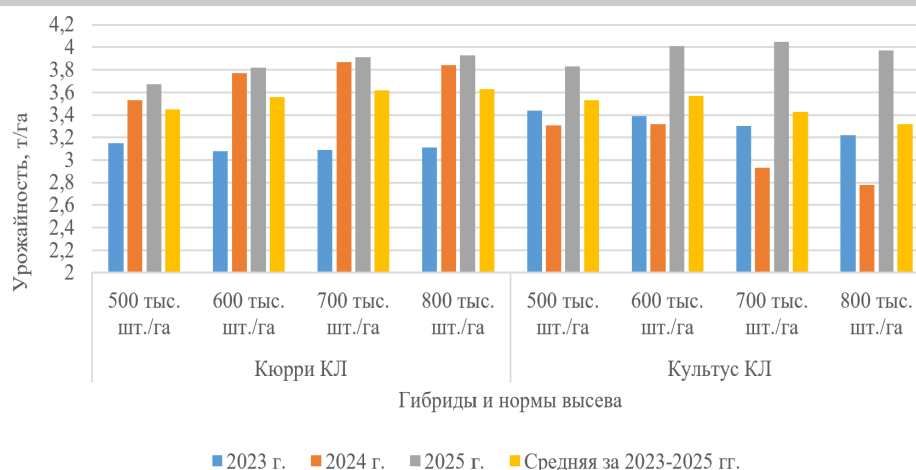


Рис.1 – Урожайность гибридов ярового рапса в зависимости от нормы высева (данные приведены к стандартной влажности 7%) (2023-2025 годы)

Средние значения урожайности по опыту демонстрировали повышение продуктивности от 2023 к 2025 годам: в 2023 году средняя урожайность составила 3,22 т/га, в 2024 году – 3,42 т/га, а в 2025 году достигала 3,90 т/га. Данная динамика указывает на значимость агрометеорологического фактора как ключевого лимитирующего фактора реализации потенциала культуры, что проявлялось в изменении уровня урожайности во всех вариантах опыта.

Сравнение гибридов в среднем за 2023–2025 годы показало преимущество Кюрри КЛ (3,57 т/га) над Культус КЛ (3,46 т/га), однако характер изменения урожайности по годам свидетельствовал о наличии взаимодействия «генотип × среда» (рис. 1). Так, в 2023 и 2025 годы более высокие значения отмечались у Культус КЛ, тогда как в 2024 году гибрид Кюрри КЛ обеспечивал более высокий уровень продуктивности по всем нормам высева. Подобная разнонаправленная реакция по годам подтверждает, что сравнительная эффективность гибридов определяется не только их потенциальной продуктивностью, но и адаптивностью к конкретным условиям вегетационного периода.

Реакция на норму высева была специфичной (рис. 1). Для Кюрри КЛ наблюдалась устойчивая тенденция увеличения средней урожайности при повышении нормы высева от 500 до 700–800 тыс. всхожих семян/га от 3,45 до 3,63 т/га, при этом максимальное среднее значение урожайности за период достигалось при 800 тыс./га – 3,63 т/га, практически совпадая с уровнем 700 тыс./га – 3,62 т/га. Напротив, для Культус КЛ оптимум приходился на умеренную густоту: наибольшая средняя урожайность фиксировалась при 600 тыс./га – 3,57 т/га, тогда как дальнейшее загущение до 700–800 тыс./га сопровождалось снижением до 3,43–3,32 т/га. Следовательно, повышение нормы высева является более оправданной стратегией для Кюрри КЛ, тогда как для Культус КЛ высокие нормы высева повышают риск недореализации урожайности,

особенно в менее благоприятных по влагообеспеченности и температурному режиму условиях.

В зарубежных полевых экспериментах по яровому рапсу в Великобритании экономически оптимальные густоты оценивались на уровне  $\approx 47\text{--}65$  растений/м<sup>2</sup>, а целесообразная норма высева для ярового рапса – около 70 семян/м<sup>2</sup> (вместо часто применяемых 120–150 семян/м<sup>2</sup>), при этом для гибридов оптимум обычно ниже, чем для сортов-популяций, что связывают с более выраженной компенсаторной способностью и высокой стоимостью гибридных семян [19].

Полученные в наших опытах различия между гибридами дополняют эти выводы: Кюрри КЛ сохранял прибавку урожайности при повышении нормы до 700–800 тыс./га, тогда как у Культус КЛ фиксировался максимум при 600 тыс./га и тенденция к снижению при дальнейшей интенсификации загущения. Такая разнонаправленность реакции подтверждает, что для современных гибридов “универсальная” рекомендация по норме высева недостаточна: оптимум смещается в зависимости от генотипа и погодного сценария сезона.

Таким образом, анализ результатов опыта показал, что при выборе параметров сева целесообразно учитывать дифференцированный подход: для гибрида Кюрри КЛ предпочтительными являются нормы 700–800 тыс. семян/га (на уровне максимальных средних значений), тогда как для гибрида Культус КЛ более рациональны нормы 500–600 тыс. семян/га, обеспечивающие наилучшее соотношение продуктивности и устойчивости результата по годам.

Масличность семян является ключевым показателем качества продукции ярового рапса, определяющим выход масла и экономическую эффективность возделывания. Формирование данного признака обусловлено генотипическими особенностями гибридов и существенно зависит от условий в период цветения–налива семян, а также от густоты стояния

растений, задаваемой нормой высева. В связи с этим анализ масличности в разрезе факторов «гибрид × норма высева × год» позволяет оценить стабильность качества продукции и обосновать технологические параметры, обеспечивающие получение семян с высокой долей масла.

По данным рисунка 2, масличность семян в

годы исследований варьировала в пределах 40,89–44,65%, что подтверждает заметную роль условий года в реализации качественных показателей рапса. В среднем по всем вариантам наиболее высокие значения были получены в 2024 году (43,72%), несколько ниже — в 2023 году (43,57%), тогда как в 2025 году отмечено снижение до 42,72%.

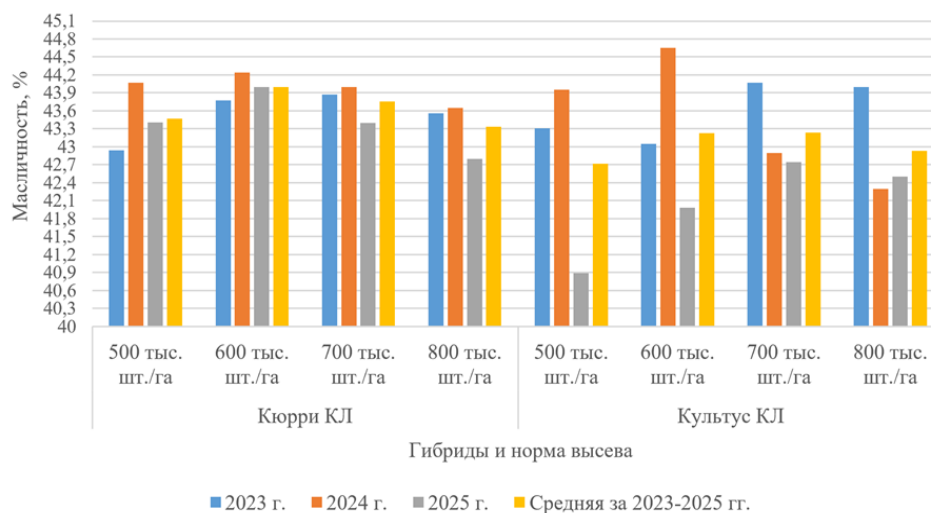


Рис. 2 – Масличность гибридов ярового рапса в зависимости от нормы высева, % (2023-2025 годы)

Сравнение гибридов показало устойчивое преимущество Кюрри КЛ по среднему уровню масличности за 2023–2025 годов (43,64%) относительно Культуса КЛ (43,03%). При этом гибрид Кюрри КЛ характеризовался более стабильной реализацией признака по годам (средние значения: 43,54–43,99%), тогда как у Культуса КЛ наблюдалась повышенная изменчивость, особенно в 2025 году (среднее по гибриду 42,03% против 43,45–43,61% в 2023–2024 годы). Следовательно, генотипические различия проявлялись не только в уровне признака, но и в его устойчивости к условиям сезона.

Влияние нормы высева носило умеренный характер, однако имело выраженную специфичность по гибридам. В среднем по двум гибридам наибольшая масличность была получена при 600 тыс. семян/га (43,62%) и 700 тыс. семян/га (43,50%), тогда как при 500 и 800 тыс. семян/га показатель был ниже (43,10 и 43,14% соответственно). Для Кюрри КЛ оптимум по среднему значению за три года соответствовал 600 тыс. семян/га (44,00%); увеличение нормы до 800 тыс./га сопровождалось снижением до 43,34%. Для Культуса КЛ различия между 600 и 700 тыс./га были минимальными (43,23–43,24%), однако пониженная масличность чаще фиксировалась при 500 и 800 тыс./га (42,72–42,93%). В совокупности это указывает, что повышение плотности стояния не гарантирует роста масличности и может приводить к ее снижению, причем степень реакции определяется генотипом.

Влияние густоты на масличность в нашем опыте было умеренным и нелинейным

(максимум при 600–700 тыс./га). Аналогично, в многофакторных опытах в Западной Австралии отмечено, что при увеличении густоты масличность чаще слегка возрастает, чем снижается, однако эффект обычно невелик (менее 1 процентного пункта в диапазоне изученных плотностей), и потому практическое решение следует принимать с опорой на интегральный показатель (урожайность × масличность), а не на масличность отдельно [20].

Валовой сбор масла является интегральным показателем товарной продуктивности ярового рапса, поскольку отражает одновременное влияние урожайности семян и их масличности. В отличие от оценки только урожая или только качества, данный показатель наиболее полно характеризует эффективность генотипа и параметров посева в конкретных условиях года. Поэтому анализ валового сбора масла в разрезе факторов «гибрид × норма высева × год» позволяет обоснованно определить технологические решения, обеспечивающие максимальный выход целевого продукта — рапсового масла — при возделывании культуры по технологии No-Till в условиях Республики Татарстан.

В среднем по всем нормам высева более высокий и устойчивый валовой сбор масла обеспечивал Кюрри КЛ (средние по вариантам 1500–1585 кг/га) по сравнению с Культусом КЛ (средние 1427–1545 кг/га). При этом для Кюрри КЛ характерна меньшая амплитуда различий между нормами высева (размах средних значений ~85 кг/га), что свидетельствует о более стабильной реализации признака при изменении густоты стояния растений (рис. 3).

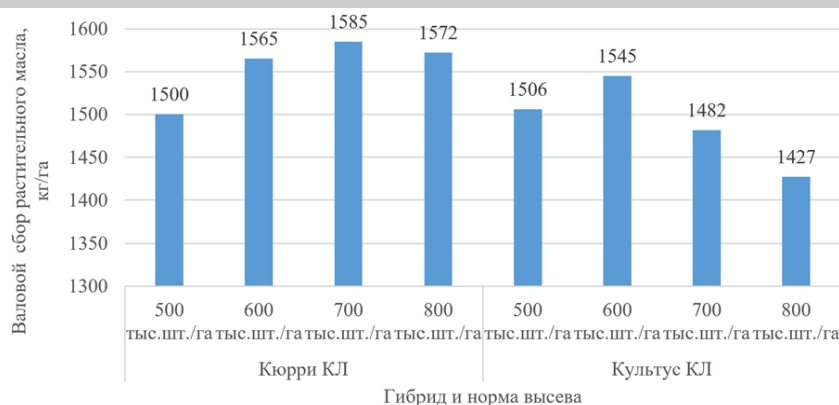


Рис. 3 – Выход масла с единицы площади у гибридов ярового рапса в зависимости от нормы высева, кг/га (среднее за 2023-2025 годы)

Максимальный средний валовой сбор масла у гибрида Кюрри КЛ получен при 700 тыс. семян/га — 1585 кг/га, близкие значения — при 800 тыс./га (1572 кг/га) и 600 тыс./га (1565 кг/га). Минимум — при 500 тыс./га (1500 кг/га). Следовательно, для данного гибрида повышение нормы высева до 600–800 тыс./га в целом способствует росту выхода масла, с оптимумом на уровне 700 тыс./га.

Для гибрида Культус КЛ наилучший средний результат отмечен при 600 тыс./га — 1545 кг/га, далее следует 500 тыс./га — 1506 кг/га. При увеличении нормы до 700 и особенно 800 тыс./га наблюдалось снижение до 1482 и 1427 кг/га соответственно. Таким образом, для Культус КЛ загущение посева выше 600 тыс./га нецелесообразно, поскольку приводит к уменьшению выхода масла на гектар.

Реакция на норму высева существенно менялась по годам, особенно у Культус КЛ. В 2024 году при повышении нормы высева у Культус КЛ наблюдалось резкое падение валового сбора масла при 700–800 тыс./га (1257 и 1176 кг/га), тогда как в 2025 году при тех же нормах фиксировались одни из максимальных значений (1731 и 1687 кг/га). Это свидетельствует о высокой чувствительности гибрида к условиям года и вероятном усилении внутривидовой конкуренции при загущении в менее благоприятных условиях. У Кюрри КЛ подобные провалы не отмечены: в 2024–2025 годы при 600–800 тыс./га значения стабильно высокие (1668–1703 и 1681–1697 кг/га), что подтверждает более предсказуемую отдачу гибрида при повышенной густоте.

Для максимизации валового сбора масла в условиях опыта оптимальные нормы высева различаются по гибридам: Кюрри КЛ — 700 тыс. всхожих семян/га, Культус КЛ — 600 тыс. всхожих семян/га. При этом Кюрри КЛ демонстрирует более стабильную технологическую реакцию, тогда как для Культус КЛ повышение нормы высева до 700–800 тыс./га повышает риск снижения выхода масла в отдельные годы.

Сопоставление с литературными данными

показывает, что оптимальная норма высева существенно зависит от условий среды и экономических параметров. Так, в 24 экспериментах (2010–2014 годы) в разных агроэкологических зонах Западной Австралии экономически оптимальные плотности варьировали очень широко (от 7 до 180 растений/м<sup>2</sup>, медиана около 32 растений/м<sup>2</sup>), причём оптимум смещался между зонами увлажнения и типами генотипов; также подчёркивается чувствительность расчёта оптимума к полевой выровненности посева. Это методологически согласуется с нашими данными: в условиях No-Till на выщелоченном чернозёме Татарстана эффект загущения проявлялся поразному у двух современных гибридов Clearfield, а межгодовая контрастность по влаго- и теплообеспеченности приводила к изменению “цены” загущения прежде всего через усиление внутривидовой конкуренции [20].

**Выводы.** Установлены достоверные генотипические различия в реакции изучаемых гибридов на норму высева. Гибрид Кюрри КЛ проявлял устойчивую тенденцию к повышению урожайности при увеличении нормы до 700–800 тыс. семян/га, тогда как для гибрида Культус КЛ оптимальной по урожайности была норма 600 тыс./га, с последующим снижением при загущении.

Масличность семян в среднем по опыту варьировала от 42,72% до 43,72%, достигая максимальных значений при нормах высева 600–700 тыс./га. Гибрид Кюрри КЛ стабильно превосходил Культус КЛ по среднему уровню масличности (43,64% против 43,03%) и устойчивости данного признака по годам.

В качестве интегрального критерия эффективности, наиболее полно отражающего товарную продуктивность, подтверждена целесообразность использования показателя валового сбора масла (урожайность × масличность). Оптимальные нормы высева, обеспечивающие его максимизацию, различаются для гибридов:

- для гибрида Кюрри КЛ — 700 тыс. всхожих семян/га;
- для гибрида Культус КЛ — 600 тыс. всхожих семян/га.

Установлено, что повышение нормы

высева для гибрида Культус КЛ до 700-800 тыс./га сопряжено с риском значительного снижения выхода масла в неблагоприятные по влагообеспеченности годы, что свидетельствует о высокой чувствительности

данного гибрида к усилению внутривидовой конкуренции в загущенных посевах. Гибрид Кюрии КЛ показал более стабильную и предсказуемую реакцию на повышенные нормы высева в погодных условиях 2023-2025 годы.

#### Литература

1. Васильев А.Н., Богатырева А.С., Акманаев Э.Д. Влияние приемов предпосевной обработки почвы на урожайность ярового рапса в среднем Предуралье // Пермский аграрный вестник. 2025. № 1(49). С. 31-37. doi: 10.47737/2307-2873\_2025\_49\_31. EDN KOZQMH.
2. Калабина Д.В., Лыбенко Е.С., Хлопов А.А. Хозяйственно-биологическая оценка сортов и гибридов рапса ярового в условиях Кировской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 9. С. 23-31. – doi: 10.26898/0370-8799-2023-9-3. EDN RAFBIB.
3. Прахов Т.Я., Четвериков Ф.П., Летучий А.В. Агроэкологическая оценка сортов рапса ярового в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2024. № 3. С. 47-54. doi: 10.28983/asj.y2024i3pp47-54. EDN MURCER.
4. Савенков В.П. Повышение урожайности и сбора масла и белка ярового рапса путем совершенствования основной обработки почвы // Аграрный научный журнал. 2024. № 9. С. 58-63. doi: 10.28983/asj.y2024i9pp58-63. EDN BUEACB.
5. Зубкова Т. В. Результаты агроэкологического испытания сортов ярового рапса в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона и анализ качества масла, полученного из его семян // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1(178). С. 69-75. doi: 10.36718/1819-4036-2022-1-69-75. EDN KAIHKC.
6. Шпанев А.М., Смур В.В. Влияние абиотических и антропогенных факторов на формирование урожайности ярового рапса на Северо-Западе Российской Федерации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 3. С. 351-359. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.351-359. EDN XXZCOV.
7. Шишкин А.А., Богатырева А.С., Акманаев Э.Д. Энергетическая оценка способов посева и норм высева в агротехнике ярового рапса в условиях Среднего Предуралья // Пермский аграрный вестник. 2021. № 2(34). С. 63-68. doi: 10.47737/2307-2873\_2021\_34\_63. EDN XYZABI.
8. Gulidova V.A. Kravchenko V.A., Zakharov V.L. Optimization of The Soil Agrophysical Properties for Spring Rape on Leached Black Soil // Amazonia Investiga. 2020. Vol. 9, No. 29. – P. 63-68. doi: 10.34069/AI/2020.29.05.8. EDN VRGOTB.
9. Совершенствование технологии возделывания ярового рапса на маслосемена в условиях юга Нечерноземной зоны / С. А. Девяткин, Т. Ф. Девяткина, Р. Ф. Баторшин и др. // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4 (70). С. 19-22. doi: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-19-22. EDN DKEKJV.
10. Лупова Е.И. Особенности производства ярового рапса на семена по технологии Clearfield при разных сроках посева в условиях Нечерноземья // Вестник КрасГАУ. 2020. № 5(158). С. 62-68. doi: 10.36718/1819-4036-2020-5-62-68. EDN CGPFMQ.
11. Селяков А.А., Богатырева А.С., Акманаев Э.Д. Влияние способа и глубины посева на урожайность маслосемян сортов ярового рапса в Среднем Предуралье // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1(25). С. 62-68. EDN ZOXXGO.
12. Селяков А.А., Богатырева А.С., Акманаев Э.Д. Влияние приемов посева на урожайность и биохимический состав маслосемян сортов ярового рапса в Среднем Предуралье // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 2(53). С. 47-51. doi: 10.12737/article\_5d3e15e176e394.69829005. – EDN VXCVELL.
13. Черкасова Е.А., Рзаева В.В. Влияние нормы высева на урожайность рапса в Северо-Казакстанской области // Вестник КрасГАУ. 2019. № 12(153). С. 17-22. doi: 10.36718/1819-4036-2019-12-17-22. EDN ESIVWC.
14. Вафина Э.Ф., Фатыхов И.Ш., Исламова Ч.М. Сроки посева и нормы высева в технологии возделывания ярового рапса на семена // Пермский аграрный вестник. 2018. № 3(23). С. 42-48. EDN MGTLXS.
15. Тулькубаева С.А., Васин В.Г., Абуова А.Б. Возделывание ярового рапса в системе сберегающего земледелия на севере Казахстана // Земледелие. 2018. № 1. С. 20-23. EDN YMYLWK.
16. Агрономическая, энергетическая и экономическая оценка возделывания гибридов ярового рапса на расчетных фонах минерального питания в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан / И. И. Габбасов, С. Р. Сулейманов, Ф. Н. Сафиоллин и др. // Агрохимический вестник. 2023. № 3. С. 64-69. doi: 10.24412/1029-2551-2023-3-014. EDN APDOMQ.
17. Продуктивность и экономическая эффективность возделывания ярового рапса при различных нормах его высева / В. А. Гущина, Д. А. Уполовников, А. С. Лыкова и др. // Аграрный научный журнал. 2017. № 3. С. 3-8. – EDN YMRDWV.
18. Акманаев Э. Д. Пешина Ю.С. Сравнительная продуктивность звена севооборота "озимая культура - яровой рапс" в зависимости от вида промежуточного посева и нормы высева ярового рапса // Пермский аграрный вестник. 2014. № 4(8). С. 3-11. EDN RGHCIF.
19. Roques S.E., Berry P.M. The yield response of oilseed rape to plant population density. The Journal of Agricultural Science. 2016. Vol. 154(2). P. 305–320. doi: 10.1017/S0021859614001373.
20. French R.J., Seymour M., Malik R.S. Plant density response and optimum crop densities for canola (Brassica napus L.) in Western Australia. Crop and Pasture Science. 2016. Vol. 67. P. 397–408. doi: 10.1071/CP15373.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

#### Сведения об авторах:

Мотавалов Ильнур Флюрович – аспирант кафедры землеустройства и кадастров, e-mail: i.motavalov@avgust.com  
 Сулейманов Салават Разяпович – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой землеустройства и кадастров, e-mail: dusai@mail.ru  
 Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

INFLUENCE OF SEEDING RATE ON YIELD AND OIL OUTPUT OF SPRING RAPESEED HYBRIDS  
CULTIVATED NO-TILL TECHNOLOGY IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

I. F. Motavalov, S. R. Suleymanov

**Abstract.** Influence of seeding rate on yield and oil output of spring rapeseed, cultivated No-Till technology, was assessed in 2023-2025 field experiment, conducted on leached chernozem of Muslyumovskiy District of the Republic of Tatarstan. Kyurri and Kultus hybrids were studied at seeding rates of 500, 600, 700, and 800 thousand viable seeds/ha in a two-factor design with four replicates. Weather conditions during the study years formed a contrasting series in moisture availability and temperature regime, which made it possible to evaluate the stability of technological solutions. The average yield in the experiment increased from 3.22 t/ha in 2023 to 3.42 t/ha in 2024 and 3.90 t/ha in 2025; Kyurri hybrid had an average yield advantage (3.57 t/ha) compared to Kultus (3.46 t/ha). The response to the seeding rate varied: for Kyurri, yield growth was maintained with an increase in the rate to 700-800 thousand seeds/ha, while for Kultus, the maximum was recorded at 600 thousand seeds/ha and decreased at 700-800 thousand seeds/ha. The average seed oil content was higher at 600-700 thousand seeds/ha; for Kyurri, the maximum average value was 600 thousand seeds/ha (44.00%). Gross oil yield as an integral performance criterion (yield × oil content) showed an optimum of 700 thousand viable seeds/ha for Kyurri (1.585 kg/ha) and 600 thousand viable seeds/ha for Kultus (1.545 kg/ha); for Kultus, at 700-800 thousand seeds/ha, a risk of decreased oil yield was identified in some years. The obtained data provide a regionally verified justification for seeding rates for modern rapeseed hybrids in the No-Till system on leached chernozems of the Republic of Tatarstan, with a focus on maximizing oil yield.

**Key words:** rapeseed, hybrids, seeding rate, No-Till, oil content, yield, oil harvest, chernozem, Tatarstan.

**For citation:** Motavalov I.F., Suleymanov S.R. Influence of seeding rate on yield and oil output of spring rapeseed hybrids cultivated No-Till technology in the Republic of Tatarstan. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2026; 1(17). 18-24 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-18-24>

References

1. Vasilev AN, Bogatyreva AS, Akmanaev ED. [Influence of pre-sowing tillage techniques on spring rape yield in the middle Cis-Urals]. *Permskiy agrarnyy vestnik*. 2025; 1(49). 31-37 p. doi: 10.47737/2307-2873\_2025\_49\_31. EDN KOZQMH.
2. Kalabina DV, Lybenko ES, Khlopov AA. [Economic and biological assessment of spring rape varieties and hybrids in Kirov region]. *Sibirskiy vestnik selskokhozyaystvennoy nauki*. 2023; Vol.53. 9. 23-31 p. – doi: 10.26898/0370-8799-2023-9-3. EDN RAFBIB.
3. Prakhova TYa, Chetverikov FP, Letuchiy AV. [Agroecological assessment of spring rapeseed varieties in the forest-steppe conditions of Middle Volga region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2024; 3. 47-54 p. doi: 10.28983/asj.y2024i3pp47-54. EDN MUPCEP.
4. Savenkov VP. [Increasing yield and collection of oil and protein in spring rape by improving primary tillage]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2024; 9. 58-63 p. doi: 10.28983/asj.y2024i9pp58-63. EDN BUEACB.
5. Zubkova TV. [Results of agroecological testing of spring rapeseed varieties in the forest-steppe conditions of Central Black Earth Region and analysis of the quality of oil obtained from its seeds]. *Vestnik KrasGAU*. 2022; 1(178). 69-75 p. doi: 10.36718/1819-4036-2022-1-69-75. EDN KAIHKC.
6. Shpanev AM, Smuk VV. [Influence of abiotic and anthropogenic factors on spring rapeseed yield formation in the North-West of the Russian Federation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2022; Vol.23. 3. 351-359 p. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.351-359. EDN XXZCOV.
7. Shishkin AA, Bogatyreva AS, Akmanaev ED. [Energy assessment of sowing methods and seeding rates in the agricultural technology of spring rape in the conditions of Middle Urals]. *Permskiy agrarnyy vestnik*. 2021; 2(34). 63-68 p. doi: 10.47737/2307-2873\_2021\_34\_63. EDN XYZABI.
8. Gulidova VA, Kravchenko VA, Zakharov VL. Optimization of the soil agrophysical properties for spring rape on leached Black soil. *Amazonia Investiga*. 2020; Vol.9. No.29. 63-68 p. doi: 10.34069/AI/2020.29.05.8. EDN VRGOTB.
9. Devyatkin SA, Devyatkina TF, Batorshin RF. [Improving the spring rape for oilseeds cultivating technology in the south of Non-Chernozem zone]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii*. 2020; 4(70). 19-22 p. doi: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-19-22. EDN DKEJVV.
10. Lupova EI. [Features of spring rapeseed production for seeds using Clearfield technology at different sowing dates in Non-Black Earth Region]. *Vestnik KrasGAU*. 2020; 5(158). 62-68 p. doi: 10.36718/1819-4036-2020-5-62-68. EDN CGPFMQ.
11. Selyakov AA, Bogatyreva AS, Akmanaev ED. [Influence of sowing method and seeding depth on oilseeds yield of spring rape varieties in Middle Urals]. *Permskiy agrarnyy vestnik*. 2019; 1(25). 62-68 p. EDN ZOXXGO.
12. Selyakov AA, Bogatyreva AS, Akmanaev ED. [Influence of sowing methods on yield and biochemical composition of oilseeds of spring rape varieties in Middle Urals]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019; Vol.14. 2(53). 47-51 p. doi: 10.12737/article\_5d3e15e176e394.69829005. – EDN VXCVELL.
13. Cherkasova EA, Rzaeva VV. [Influence of seeding rate on rapeseed yield in the North Kazakhstan region]. *Vestnik KrasGAU*. 2019; 12(153). 17-22 p. doi: 10.36718/1819-4036-2019-12-17-22. EDN ESIVWC.
14. Vafina EF, Fatykhov ISh, Islamova ChM. [Sowing dates and seeding rates in the technology of spring rapeseed cultivation]. *Permskiy agrarnyy vestnik*. 2018; 3(23). 42-48 p. EDN MGTLSX.
15. Tulkubaeva SA, Vasin VG, Abuova AB. [Cultivation of spring rapeseed in the conservation agriculture system in northern Kazakhstan]. *Zemledelie*. 2018; 1. 20-23. EDN YMYLWK.
16. Gabbasov II, Suleymanov SR, Safiollin FN. [Agronomic, energy and economic assessment of spring rapeseed hybrids cultivation on the calculated backgrounds of mineral nutrition in the soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2023; 3. 64-69 p. doi: 10.24412/1029-2551-2023-3-014. EDN APDOMQ.
17. Gushchina VA, Upolovnikov DA, Lykova AS. [Productivity and economic efficiency of spring rapeseed cultivation at different seeding rates]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2017; 3. 3-8 p. – EDN YMRDWV.
18. Akmanaev ED, Peshina YuS. [Comparative productivity of “winter crop - spring rape” crop rotation link depending on the type of intercrop and seeding rate of spring rape]. *Permskiy agrarnyy vestnik*. 2014; 4(8). 3-11 p. EDN RGHCIF.
19. Roques SE, Berry PM. The yield response of oilseed rape to plant population density. *The Journal of Agricultural Science*. 2016; Vol.154(2). 305-320 p. doi: 10.1017/S0021859614001373.
20. French RJ, Seymour M, Malik RS. Plant density response and optimum crop densities for canola (*Brassica napus* L.) in Western Australia. *Crop and Pasture Science*. 2016; Vol.67. 397-408 p. doi: 10.1071/CP15373.

Conflict of interests

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

Authors:

Motavalov Ilmur Flyurovich – post-graduate student of Land Management and Cadastre Department, e-mail: i.motavalov@avgust.com

Suleymanov Salavat Razyapovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Head of Land Management and Cadastre Department, e-mail: dusai@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ВЛИЯНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КОРМОВОЙ КУКУРУЗЫ****Р. М. Стрельцов**

**Реферат.** В статье представлены результаты сравнительного исследования влияния дифференцированного внесения минеральных удобрений на урожайность кормовой кукурузы в условиях 2022 и 2025 годов в производственных условиях Западной Сибири. Актуальность работы обусловлена необходимостью рационального использования удобрений в условиях роста их стоимости и климатической изменчивости. Целью исследования явилась сравнительная оценка эффективности традиционного равномерного и дифференцированного (прецизионного) способов внесения удобрений на основе агрохимического картирования полей. В полевом эксперименте сравнивались три варианта: контроль (без удобрений), традиционное внесение органических и минеральных удобрений и дифференцированное внесение минеральных удобрений с регулировкой доз в зависимости от пространственной неоднородности почвенного плодородия. Установлено, что дифференцированная система обеспечила максимальную относительную прибавку урожая (+36%) в засушливом 2025 году, продемонстрировав высокую адаптивность к стрессовым погодным условиям. Кроме того, данная технология позволила существенно снизить внутриполевую вариабельность урожайности (коэффициент вариации 1,83% против 10,90% на контроле), обеспечив выравненность агрофона. Результаты подтверждают, что дифференцированное внесение удобрений является ресурсосберегающим и экологически ориентированным элементом точного земледелия, способствующим стабилизации производства кормовых культур в условиях изменчивого климата и оптимизации затрат.

**Ключевые слова:** кормовая кукуруза, урожайность, дифференцированное внесение удобрений, минеральные удобрения, прецизионное земледелие, агрохимические показатели, устойчивое земледелие, пространственная неоднородность почв, агроэкологическая эффективность, продуктивность посевов.

**Для цитирования:** Стрельцов Р.М. Влияние дифференцированного внесения удобрений на урожайность кормовой кукурузы // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2026. 1(17). С. 25-31 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-25-31>

**Введение.** Современное сельское хозяйство развивается в условиях усиливающейся необходимости рационального использования природных ресурсов и повышения эффективности земледелия при сохранении устойчивости агроэкосистем. Одним из ключевых направлений интенсификации растениеводства является совершенствование систем питания сельскохозяйственных культур с учетом пространственной неоднородности почвенного покрова и агрохимических свойств. На этом фоне особое значение приобретает внедрение технологий дифференцированного внесения удобрений, основанных на принципах прецизионного земледелия.

Традиционные методы равномерного распределения удобрений по полю не обеспечивают оптимального питания растений, так как не учитывают вариабельность содержания питательных веществ, механического состава и влажности почвы. Это приводит к неравномерности развития растений, снижению коэффициента использования удобрений и, как следствие, к потерям урожайности. Дифференцированный подход, напротив, позволяет дозировать удобрения в соответствии с конкретными условиями отдельных участков поля, что обеспечивает более эффективное использование элементов питания и минимизацию экологических рисков.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях роста цен на минеральные удобрения и необходимости сокращения затрат на их применение, дифференцированные технологии становятся важным инструментом

оптимизации агротехнических процессов. Как отмечают отечественные исследователи (В. А. Монастырский, Я. С. Тищенко и др.), применение систем точного земледелия способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур на 10–25% при одновременном снижении расхода удобрений на 15–30% [1]. Важным является и экологический аспект – сокращение потерь питательных веществ с поверхностным стоком и уменьшение антропогенной нагрузки на почвенные и водные экосистемы [2].

В последние годы интерес к дифференцированному внесению удобрений усиливается и в отечественной аграрной науке. Исследования в различных почвенно-климатических зонах России показывают, что эффективность данного подхода особенно заметна при возделывании культур с высокой отзывчивостью на питание, к числу которых относится кормовая кукуруза [3, 4, 5]. Эта культура отличается значительными требованиями к обеспеченности элементами минерального питания, в особенности азотом, что делает её показательным объектом для оценки агрохимической эффективности различных систем удобрения.

Целью настоящей работы является сравнительная оценка влияния дифференцированного внесения минеральных удобрений на урожайность кормовой кукурузы в условиях 2022 и 2025 годов.

Для достижения поставленной цели в рамках исследования решаются следующие задачи:

- проанализировать теоретические основы и

практические подходы к дифференцированному внесению минеральных удобрений в системах точного земледелия;

- провести сравнительный анализ урожайности кормовой кукурузы при традиционной и дифференцированной системе удобрения;

- определить степень влияния дифференцированных технологий на агрохимические и производственные показатели посевов.

Решение данных задач позволит не только выявить преимущества дифференцированного подхода при возделывании кормовой кукурузы, но и сформулировать практические рекомендации для сельскохозяйственных производителей по оптимизации минерального питания растений с учетом неоднородности почвенного покрова. Полученные результаты имеют прикладное значение для повышения эффективности агротехнологий и обеспечения устойчивого развития земледелия в современных экономических и климатических условиях.

**Условия, материалы и методы.** Исследование влияния дифференцированного внесения минеральных удобрений на урожайность кормовой кукурузы было проведено в производственных условиях АО «Приозерное» на опытном участке № 38, расположенном в зоне лесостепи Западной Сибири. Территория характеризуется высокой межгодовой изменчивостью агрометеорологических факторов, что позволяет объективно оценить адаптивность и устойчивость различных систем удобрения. Полевые наблюдения включали два контрастных по погодным условиям года — 2022 и 2025 годы, различающихся по уровню влагообеспеченности, температурному фону и стрессовым нагрузкам на растения.

Почвенный покров участка представлен чернозёмом южным, отличающимся выраженной пространственной неоднородностью содержания основных элементов питания и свойств гумусового слоя. Перед началом проведения исследований была выполнена комплексная агрохимическая диагностика, включавшая отбор почвенных проб по регулярной сетке с шагом 50 × 50 м. В почвенных образцах определяли содержание подвижных форм нитратного азота ( $N-NO_3$ ) в слое 0–30 см, а также содержание гумуса по общепринятым методикам агрохимического анализа. Содержание нитратного азота определяли Методом Грандвалля-Ляжу, реакцию среды — потенциометрически, содержание гумуса — по методу Тюрина [6, 7].

Анализ обеспеченности почвы нитратным азотом в 2022 году показал значительную внутриполевую вариабельность данного показателя. Перед посевом содержание  $N-NO_3$  в слое 0–30 см колебалось в пределах от 3,1 до 7,1 мг/кг почвы при среднем значении 4,0 мг/кг в контрольном варианте и 9,0–9,1 мг/кг в вариантах с внесением удобрений. В фазу кущения наблюдалось резкое увеличение концентрации нитратного азота, достигавшее в отдельных элементах участка 70,8–76,0 мг/кг, что отражает активизацию

процессов минерализации и поступление азота из удобрений. Перед уборкой содержание  $N-NO_3$  снижалось до 16,5–20,6 мг/кг, что свидетельствует об интенсивном потреблении азота растениями в течение вегетации. Полученные данные были использованы при формировании цифровых карт обеспеченности почвы азотом и разработке карт-заданий для дифференцированного внесения минеральных удобрений.

Агроклиматические показатели фиксировались по данным ближайшей метеорологической станции. Вегетационный период 2022 года (средний вегетационный период в регионе 4,5 месяца (140 дней)) характеризовался близкими к среднемноголетним значениям температуры воздуха (средняя температура за летние месяцы (июнь–август) составила около +20°C) и суммарных осадков (140–180 мм.), равномерным распределением влаги по фазам роста растений и отсутствием продолжительных засушливых периодов, что обеспечило относительно благоприятные условия для формирования урожайности кормовой кукурузы. В 2025 году отмечалось повышение среднесуточных температур воздуха (среднее значение +22,2°C) в период активной вегетации, сокращение количества атмосферных осадков (90 – 130 мм) и их неравномерное распределение, а также дефицит влаги в критические фазы роста и развития кукурузы, включая период формирования вегетативной массы и начала генеративного развития. Указанные особенности агрометеорологических условий обусловили снижение урожайности в контрольном варианте и создали предпосылки для оценки компенсаторных возможностей различных систем питания растений.

Объектом исследования служила кормовая кукуруза среднеспелой группы, сорта Токката, возделываемая по общей технологии хозяйства. Посев осуществлялся пунктирным способом с нормой высева 75 тыс. растений на 1 га. Опыты проводились в зернопропашном севообороте: кукуруза – пшеница – пшеница, повторность 3-х кратная.

В исследование были включены три варианта системы питания растений, различающиеся по характеру и способу внесения удобрений:

- Контрольный вариант предусматривал возделывание кукурузы без внесения удобрений.

- Вариант органические и минеральные удобрения традиционным способом (50/30 кг/га д.в.). Данный вариант включал в себя равномерное внесение органического удобрения по всей площади поля в дозе, принятой в хозяйстве, эквивалентной 4 т/га по плану удобрения.

- Вариант дифференцированного внесения минеральных и органических удобрений (266/30 кг/га д.в.) предусматривал пространственно-ориентированное дозирование азотных удобрений на основе цифровых карт плодородия почв и неоднородности урожайности предыдущих лет с использованием навигационных систем и оборудования прецизионного земледелия. В качестве минеральных

удобрений использовались аммиачная селитра. При дифференцированном внесении нормы NPK (три основных элемента, входящих в состав комплексных минеральных удобрений: азот (N), фосфор (P) и калий (K)) корректировались в зависимости от уровня обеспеченности почвы элементами питания: на участках с низким содержанием элементов питания доза увеличивалась на 20–30% относительно базовой, на участках со средним уровнем обеспеченности применялась базовая расчетная доза, на участках с высоким содержанием элементов питания норма снижалась на 15–25%. Внесение минеральных удобрений осуществлялось сеялкой, оснащённой системой автоматической регулировки нормы и навигационным оборудованием.

Сопоставление дифференцированного внесения минеральных удобрений с традиционной системой, основанной на равномерном внесении органического удобрения, позволило оценить эффективность пространственно-ориентированного управления питанием растений в условиях производственного земледелия.

Учёт урожайности проводился методом прямого обмолота учётных площадей с последующим пересчётом полученных данных на стандартную влажность. Общая площадь опытного участка составляла 82,76 га, площадь учётных делянок — 0,5 га, повторность — трёхкратная, размещение делянок — систематическое с учётом рельефа и неоднородности почвенного покрова.

Оценку эффективности систем питания проводили по показателям биологической урожайности, внутриполевой вариативности урожайности, выраженной коэффициентом вариации, а также относительной прибавки урожая по сравнению с контролем.

Агрохимические показатели почвы определяли в соответствии с действующими нормативными документами: содержание нитратного азота — по ГОСТ 26483–85, реакцию почвенного раствора — по ГОСТ 26423–85, содержание гумуса — по

ГОСТ 26213–91 [8, 9]. Вариативность урожайности и пространственное распределение показателей рассчитывали статистическими методами с использованием программных модулей систем точного земледелия.

Статистическая обработка данных включала расчёт средних значений, стандартных отклонений, коэффициентов вариации и относительных прибавок урожайности, а также сопоставление результатов различных лет для оценки адаптивности применяемых технологий. Анализ выполнялся с применением программного обеспечения Microsoft Excel и специализированных программ для обработки пространственных данных.

**Результаты и обсуждение.** Эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений при возделывании кормовой кукурузы определяется оптимизацией обеспеченности растений элементами питания с учётом пространственной неоднородности почвенного покрова. В отличие от традиционной системы равномерного распределения удобрений дифференцированный подход предполагает варьирование доз питательных веществ в зависимости от агрохимических характеристик отдельных участков поля, что обеспечивает более рациональное использование удобрений, снижает потери элементов питания и способствует выравниванию роста и развития растений, положительно отражаясь на формировании урожайности культуры.

Анализ влияния дифференцированного внесения удобрений на урожайность кормовой кукурузы в условиях 2022 и 2025 гг. показал, что эффективность системы питания во многом определяется степенью соответствия доз минеральных веществ фактической пространственной неоднородности почвенного покрова. По результатам полевых наблюдений, проведённых на производственном участке № 38 АО «Приозерное» (рис. 1), корректировка доз внесения минеральных удобрений в оба года исследований сопровождалась изменением как среднего уровня урожайности, так и показателей её внутриполевой вариативности.



Рис. 1 - Производственный участок №38 АО «Приозерное»

Данные по урожайности кормовой кукурузы и приросту относительно контроля в 2022 и 2025 годы представлены в таблице 1. Для

сопоставимости результатов приведены средние значения урожайности по вариантам опыта за каждый год исследований.

Таблица 1 - Урожайность кормовой кукурузы и прирост относительно контроля (2022 и 2025 годы), т/га

| № | Вариант опыта                                       | Урожайность, т/га (2022) среднее | Урожайность, т/га (2025) среднее | Прирост к контролю 2022, % | Прирост к контролю 2025, % |
|---|-----------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | Контроль (без удобрений)                            | 19,00                            | 16,95                            | –                          | –                          |
| 2 | Органические и минеральные удобрения (традиционное) | 21,75                            | 21,26                            | +14,5                      | +25,4                      |
| 3 | Дифференцированное внесение удобрений               | 20,30                            | 23,05                            | +6,8                       | +36                        |

В 2022 году наибольшая прибавка урожайности по сравнению с контролем была получена при традиционном внесении органического удобрения, тогда как в 2025 году максимальный эффект обеспечил вариант дифференцированного внесения минеральных удобрений. Следует отметить, что в условиях повышенного температурного фона и дефицита влаги 2025 году дифференцированная система питания продемонстрировала более высокую адаптивность, обеспечив прирост урожайности на 36% относительно контроля.

Полученные различия между вариантами превышали величину внутриполевой вариации урожайности, что позволяет рассматривать их как устойчивые в условиях проведённого производственного эксперимента. Статистическая значимость различий оценивалась на основе повторности делянок и расчёта показателей вариабельности.

В целом результаты свидетельствуют о том, что эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений наиболее отчётливо проявляется в стрессовых по влагообеспеченности условиях, когда пространственно-ориентированное управление питанием растений позволяет частично компенсировать неблагоприятное воздействие агрометеорологических факторов.

Так же данные, представленные в таблице 1, позволяют проанализировать влияние различных систем удобрения на продуктивность кормовой кукурузы в двух контрастных по условиям вегетации годах. Сопоставление результатов за 2022 и 2025 годы показывает, что базовый уровень урожайности в варианте без удобрений снизился с 19,00 до 16,95 т/га, что свидетельствует о менее благоприятных условиях вегетации в 2025 году и увеличении вероятности воздействия стрессовых факторов. Это снижение создаёт объективную основу для оценки адаптивных возможностей различных систем удобрения в условиях межгодовой изменчивости.

Наибольшие значения урожайности в 2022 году, как и в 2025 году, были зафиксированы при применении органического удобрения: 21,75 и 21,26 т/га соответственно. Несмотря на некоторое снижение урожайности во второй год, относительное преимущество

органического удобрения по сравнению с контролем увеличилось: если в 2022 году прибавка составляла 14,5%, то в 2025 году она достигла 25,4%. Такое изменение указывает на высокую компенсаторную способность органических удобрений и их роль в снижении чувствительности растений к неблагоприятным факторам среды. Относительное усиление эффекта при снижении контрольной продуктивности отражает стабилизирующее действие органических удобрений и подтверждает их значимость для повышения устойчивости агроценоза [10, 11, 12].

Дифференцированное внесение удобрений также обеспечило рост продуктивности относительно контроля, однако природа эффекта в разные годы проявилась по-разному. В 2022 году урожайность составила 20,30 т/га, что соответствует приросту в 6,8%. В 2025 году данный вариант показал значительное увеличение эффективности: урожайность достигла 23,05 т/га, что на 36,0% выше уровня контроля. На фоне снижения контрольной урожайности столь выраженный рост свидетельствует о высоком адаптивном потенциале системы дифференцированного внесения [13, 14].

Сопоставление двух технологий показывает, что они обеспечивают значительное повышение урожайности относительно контроля, однако различаются по механизмам действия. Органические удобрения формируют максимальные абсолютные значения урожайности, связано с улучшением структуры почвы, повышением её влагоёмкости, а также с постепенным высвобождением элементов питания из органики. В то же время дифференцированное внесение направлено на точное распределение минеральных ресурсов в соответствии с пространственной неоднородностью почвенного покрова и проявляет максимальную эффективность в условиях, когда базовый уровень продуктивности снижен. В 2025 году именно эта технология обеспечила наибольшую прибавку, что подчёркивает её значимость в рамках адаптивного и ресурсосберегающего земледелия.

Таким образом, оценка эффективности систем удобрения должна учитывать как абсолютный уровень урожайности, так и

устойчивость агроценоза к межгодовым флуктуациям условий. Органические удобрения обеспечивают наиболее высокие показатели продуктивности в среднем, тогда как дифференцированное внесение проявляет высокую адаптационную способность в условиях неблагоприятного года и формирует наибольший относительный прирост. Комплексный анализ подтверждает необходимость интеграции обеих технологий в системы адаптивного земледелия.

Особое внимание заслуживает анализ

Таблица 2 – Показатели вариабельности урожайности кормовой кукурузы при различных системах питания (2022 и 2025 годы), %

| № | Вариант                                             | Коэффициент вариации V, % (2022) | Коэффициент вариации V, % (2025) | Изменение V 2022 → 2025, п.п. |
|---|-----------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Контроль                                            | 6,30 %                           | 10,90 %                          | +4,60                         |
| 2 | Органические и минеральные удобрения (традиционное) | 16,64 %                          | 8,61 %                           | –8,03                         |
| 3 | Дифференцированное внесение удобрений               | 10,48 %                          | 1,83 %                           | –8,65                         |

Показатели вариабельности демонстрируют одну из наиболее важных закономерностей исследования – стабилизацию агрофона при внесении удобрений:

- В 2022 году контрольный вариант отличался низким показателем ( $V = 6,30\%$ ).

- При внесении удобрений вариабельность снижалась в 4–7 раз, а в 2025 году её значение стало минимальным: 1,83%.

- Падение V при переходе от 2022 к 2025 году связано с более равномерным ростом растений в условиях стрессового года, когда главным лимитирующим фактором была не неоднородность почвы, а погодные условия.

Таким образом, данные, представленные в таблице 2, подтверждают, что минеральное питание не только повышает урожайность, но и обеспечивает её пространственную выравненность, что является важнейшим критерием эффективности технологий точного земледелия.

Сравнительный анализ двух лет демонстрирует, что система регулируемого внесения минеральных удобрений обеспечивает устойчивый положительный эффект. При общем снижении урожайности в 2025 году разница между контролем и вариантами с удобрениями оставалась значительной, а величина приростов – сопоставимой с 2022 годом. Это свидетельствует о высокой компенсаторной роли минерального питания при стрессовых воздействиях и подтверждает важность применения пространственно-ориентированных технологий в условиях изменчивого климата Западной Сибири [17].

Таким образом, данные полевых исследований демонстрируют, что использование дифференцированных норм внесения минеральных удобрений позволяет не только повысить общий уровень продуктивности кормовой кукурузы, но и значительно снизить внутриполевую вариабельность урожайности. Это обеспечивает более «стабильное» формирование

внутриполевой вариабельности урожайности. Применение минеральных удобрений позволило снизить вариабельность, обеспечив тем самым более равномерное развитие агрофитоценоза [15, 16]. В 2025 году данный эффект проявился ещё более отчетливо: вариабельность при внесении удобрений — 8,60%.

Также необходимо заметить, что применение системы адаптированного питания посевов обеспечило стабилизацию структуры урожая и снижение неоднородности его распределения по полю.

урожая и способствует выравниванию агрофона, что является ключевым условием для эффективного внедрения технологий точного земледелия и повышения ресурсной эффективности агропроизводства» [18].

Дифференцированное внесение удобрений следует рассматривать как ключевой элемент ресурсосберегающего и экологически ориентированного земледелия, обеспечивающий рост урожайности, экономическую эффективность и долгосрочную устойчивость аграрного производства.

**Выводы.** Дифференцированное внесение минеральных удобрений обеспечило максимальную относительную прибавку урожая (+36%) в неблагоприятный 2025 год, характеризовавшийся дефицитом осадков и повышенными температурами. Это доказывает высокую адаптивность данной технологии и её способность частично компенсировать стрессовые агрометеорологические факторы.

Технология прецизионного внесения кардинально снизила внутриполевую вариабельность урожайности. Коэффициент вариации в 2025 году составил всего 1,83% по сравнению с 10,90% на контроле, что обеспечило равномерное развитие агроценоза и является ключевым преимуществом для точного земледелия.

Подход, основанный на цифровых картах плодородия, позволяет варьировать дозы удобрений в соответствии с реальной потребностью разных участков поля. Это ведет к рациональному использованию ресурсов, снижая затраты и минимизируя риски избыточного внесения и связанного с ним загрязнения окружающей среды.

Полученные результаты подтверждают, что внедрение дифференцированных систем является перспективным направлением для устойчивого и ресурсосберегающего земледелия в Западной Сибири. Технология обеспечивает стабильность производства кормовых культур в условиях межгодовой климатической

изменчивости и роста стоимости минеральных удобрений.

Таким образом, применение дифференцированного внесения минеральных удобрений, в частности азота, при возделывании кормовой кукурузы не только обеспечивает устойчивый рост продуктивности, но и способствует оптимизации ресурсопотребления,

улучшению экологического состояния агросистем и развитию современных технологий земледелия. Полученные данные позволяют рассматривать данную технологию как перспективное направление модернизации растениеводства в Западной Сибири и других агроклиматических регионах России.

#### Литература

1. Монастырский В. А., Тищенко Я. С. Применение минеральных и органических удобрений для повышения эффективности возделывания кукурузы на зерно // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 2. С. 242–263. doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-242-263.
2. Семина С. А., Гаврюшина И. В., Палийчук А. С. Влияние минеральных удобрений и густоты растений на параметры фотосинтеза и продуктивность кукурузы // Земледелие. 2017. № 4. С. 34–38. EDN: ZCRFXR.
3. Ерёмин Д. И., Кибук Ю. П. Дифференцированное внесение удобрений как инновационный подход в системе точного земледелия // Вестник КрасГАУ. 2017. № 8. С. 15–21. EDN: ZDUDNP.
4. Шерстобитов С. В. Эффективность дифференцированного внесения азотных удобрений в условиях Западной Сибири // Известия ОГАУ. 2021. № 5 (91). С. 45–51. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-91-5-22-26.
5. Бабичев А. Н., Сидаренко Д. П. Дифференцированное внесение минеральных удобрений при использовании точного земледелия // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2 (78). С. 23–29. EDN: AWGROX.
6. Шушпанников В. Е., Дзю Е. Л. Применение технологий точного земледелия // Теория и практика современной аграрной науки: Сборник VI национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 27 февраля 2023 года. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2023. С. 610–613. EDN: ILROMG.
7. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель, выбывших из активного сельскохозяйственного производства / А. Л. Иванов, А. А. Завалин, М. С. Кузнецов и др. М.: Росинформагротех, 2008. 64 с. EDN: QKZLMF.
8. Методика полевого опыта / под ред. Б. А. Доспехова. 6-е изд. М.: Агропромиздат, 2014. 351 с.
9. Дифференцированное внесение удобрений в системе точного земледелия / В. А. Любич, С. В. Попов, Ф. Г. Бакиров [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 1(33). С. 73–75. EDN: OYEEXF.
10. Научно-обоснованный прогноз развития точного земледелия в России / Е. В. Рудой, М. С. Петухова, С. В. Рюмкин [и др.]. Новосибирск: Золотой колос, 2021. 138 с. ISBN 978-5-94477-295-4. EDN: BLJFAQ.
11. Медведев В. В., Мельник А. И. Неоднородность агрохимических показателей почвы в пространстве и во времени // Агрохимия. 2010. № 1. С. 20–26. EDN: MBWYPZ.
12. Афанасьев Р. А. Агрохимическое обеспечение точного земледелия / Р. А. Афанасьев // Проблемы агрохимии и экологии. 2008. № 3. С. 46–53. EDN: JXDBDF.
13. Пацала С. В., Горошко Н. В. Сельское хозяйство России: глобальные позиции, структурные пропорции и тенденции развития // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2021. Т. 6, № 1(19). С. 96–108. DOI:10.21603/2500-3372-2021-6-1-96-108.
14. Беленков А. И., Кривцов И. В., Холод А. А. Теория и практика современного состояния и развития органического земледелия в России // Агробιοтехнология-2021: Сборник статей международной научной конференции, Москва, 24–25 ноября 2021 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К. А. Тимирязева, 2021. С. 8–12. EDN: ZPYJYG.
15. Родионова, И. А. Точное земледелие – путь к устойчивому развитию сельского хозяйства / И. А. Родионова, Е. В. Бородастова // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства: Сборник статей XI Международной научно-практической конференции, Саратов, 10–14 ноября 2025 года. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, 2025. С. 144–149. EDN: HCLZOQ.
16. Кирюшин В. И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: КолосС, 2011. 442 с. ISBN 978-5-9532-0779-9.
17. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А. В. Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.
18. Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. Минеральное питание растений: учебник для вузов. 4-е изд. М.: Юрайт, 2025. 125 с.

#### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов и нарушении авторских прав третьих лиц.

#### Сведения об авторе:

Стрельцов Роман Михайлович - аспирант, e-mail: streltsov\_rm@mail.ru  
Тюменский государственный университет, Аграрный институт, Тюмень, Россия.

#### IMPACT OF VARIABLE FERTILIZATION ON FORAGE CORN PRODUCTIVITY R. M. Streltsov

**Abstract.** This article presents the results of a comparative study of impact of variable fertilization on forage corn productivity in 2022 and 2025 in the production conditions in Western Siberia. The relevance of this study conditioned by the need for rational fertilizer use in the face of rising fertilizer costs and climate variability. The aim of research was to comparatively evaluate the effectiveness of traditional uniform and variable (precision) fertilizer application methods based on agrochemical field mapping. Three field experiment options compared: control (no fertilizer), traditional application of organic and mineral fertilizers and variable fertilization with dose adjustment based on spatial heterogeneity of soil

fertility. It was found that the differentiated system provided the maximum relative yield increase (+36%) in the drought-prone of 2025, demonstrating high adaptability to stressful weather conditions. Furthermore, this technology significantly reduced within-field yield variability (coefficient of variation 1.83% versus 10.90% in the control), ensuring a more uniform agricultural background. The results confirm that differentiated fertilization is a resource-saving and environmentally friendly element of precision farming, contributing to the stabilization of forage crop production in a variable climate and cost optimization.

**Key words:** forage corn, crop yield, differentiated fertilization, mineral fertilizers, precision farming, agrochemical indicators, sustainable farming, spatial soil heterogeneity, agroecological efficiency, crop productivity.

**For citation:** Streltsov R.M. Impact of variable fertilization on forage corn productivity. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2026; 1(17). 25-31 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-25-31>

## References

1. Monastyrskiy VA, Tishchenko YaS. [Application of mineral and organic fertilizers to improve the efficiency of grain corn cultivation]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*. 2023; Vol.13. 2. 242-263 p. doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-242-263.
2. Semina SA, Gavryushina IV, Paliychuk AS. [Effect of mineral fertilizers and plant density on photosynthesis parameters and corn productivity]. *Zemledelie*. 2017; 4. 34-38 p. EDN: ZCRFXR.
3. Eremin DI, Kibuk YuP. [Differentiated application of fertilizers as an innovative approach in the precision farming system]. *Vestnik KrasGAU*. 2017; 8. 15-21 p. EDN: ZDUDNP.
4. Sherstobitov SV. [Efficiency of differentiated application of nitrogen fertilizers in Western Siberia]. *Izvestiya OGAU*. 2021; 5 (91). 45-51 p. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-91-5-22-26.
5. Babichev AN, Sidarenko DP. [Differentiated application of mineral fertilizers using precision farming]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya*. 2020; 2 (78). 23-29 p. EDN: AWGROX.
6. Shushpannikov VE, Dzyu EL. [Application of precision farming technologies. Theory and practice of modern agricultural science]. *Sbornik VI natsionalnoy (vserossiyskoy) nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Novosibirsk. 27 fevralya 2023 goda. Novosibirsk: ITs NGAU Zolotoy kolos*. 2023; 610-613 p. EDN: ILROMG.
7. Ivanov AL, Zavalin AA, Kuznetsov MS. Agroekologicheskoe sostoyanie i perspektivy ispolzovaniya zemel, vybyvshikh iz aktivnogo selskokhozyaystvennogo proizvodstva. [Agroecological state and prospects for abandoned lands use for active agricultural production]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2008; 64 p. EDN: QKZLMF.
8. Dospekhov BA. Metodika polevogo opyta. [Field experiment methodology]. 6th edition. Moscow: Agropromizdat. 2014; 351 p.
9. Lyubchich VA, Popov SV, Bakirov FG. [Differentiated application of fertilizers in the precision farming system]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012; 1(33). 73-75 p. EDN: OYEEXF.
10. Rudoy EV, Petukhova MS, Ryumkin SV. Nauchno-obosnovannyy prognoz razvitiya tochnogo zemledeliya v Rossii. [Scientifically based forecast for precision farming development in Russia]. Novosibirsk: Zolotoy kolos. 2021; 138 p. ISBN 978-5-94477-295-4. EDN: BLJFAQ.
11. Medvedev VV, Melnik AI. [Heterogeneity of agrochemical parameters of soil in space and time]. *Agrokhimiya*. 2010; 1. 20-26 p. EDN: MBWYPZ.
12. Afanasev RA. [Agrochemical support for precision farming]. *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2008; 3. 46-53 p. EDN: JXDBDF.
13. Patsala SV, Goroshko NV. [Agriculture of Russia: global positions, structural proportions and development trends]. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Politicheskie, sotsiologicheskie i ekonomicheskie nauki*. 2021; Vol.6. 1(19). 96-108 p. DOI: 10.21603/2500-3372-2021-6-1-96-108.
14. Belenkov AI, Krivosov IV, Kholod AA. [Theory and practice of current state and development of organic farming in Russia. Agrobiotechnology-2021]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, Moskva, 24-25 noyabrya 2021 goda*. Moscow: Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet - MSKhA im. K.A. Timiryazeva. 2021; 8-12 p. EDN: ZPYJYG.
15. Rodionova IA, Borodastova EV. [Precision farming is the path to sustainable development of agriculture. Problems and prospects of innovative development of world agriculture]. *Sbornik statey XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Saratov, 10-14 noyabrya 2025 goda*. Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy universitet genetiki, biotekhnologii i inzhenerii im. N.I. Vavilova, 2025; 144-149 p. EDN: HCLZOQ.
16. Kiryushin VI. Teoriya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya i proektirovaniye agrolandshaftov. [Theory of adaptive-landscape farming and design of agricultural landscapes]. Moscow: KolosS. 2011; 442 p. ISBN 978-5-9532-0779-9.
17. Sokolov AV. Agrokhimicheskie metody issledovaniya pochv. [Agrochemical methods of soil research]. Moscow: Nauka. 1975; 656 p.
18. Kuznetsov VV, Dmitrieva GA. Mineralnoe pitaniye rasteniy: uchebnik dlya vuzov. [Mineral nutrition of plants: a textbook for universities]. 4th edition. Moscow: Yurayt. 2025; 125 p.

## Conflict of interests

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

## Author:

Streltsov Roman Mikhaylovich – post-graduate student, e-mail: [streltsov\\_rm@mail.ru](mailto:streltsov_rm@mail.ru)  
Tyumen State University, Agrarian Institute, Tyumen, Russia.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕРНОГО БЕНТОНИТА И СУЛЬФАТА АММОНИЯ В СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ТИПИЧНЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН****И. Д. Тахавиев**

**Реферат.** Исследование проведено на серых лесных почвах Агробιοтехнопарка Республики Татарстан в 2023-2025 годах с целью оценки влияния различных доз серного бентонита на урожайность гибридов подсолнечника Антемис и Террамис в сравнении с сульфатом аммония (100 кг/га) и выявления оптимальной дозы его применения на серых лесных почвах Республики Татарстан. Серный бентонит представляет собой гранулированное серосодержащее удобрение пролонгированного действия с содержанием элементарной серы 90 процентов. Полевые опыты включали шесть вариантов минерального питания: контроль без удобрений, фон азотно-фосфорно-калийных удобрений, фон с добавлением сульфата аммония 100 килограммов на гектар и фон с тремя дозами серного бентонита 50, 100 и 150 килограммов на гектар. Метеорологические условия трех лет исследований существенно различались: 2023 год характеризовался выраженной засухой с гидротермическим коэффициентом 0,84, 2024 год отличался условиями близкими к оптимальным с гидротермическим коэффициентом 0,99, 2025 год характеризовался избыточным увлажнением с гидротермическим коэффициентом 1,27. Максимальная средняя урожайность за три года у гибрида Антемис составила 2,94 тонны на гектар при внесении сульфата аммония 100 килограммов на гектар, у гибрида Террамис данный показатель достиг 2,78 тонны на гектар. Применение серного бентонита в дозе 150 килограммов на гектар обеспечило урожайность 2,80 тонны на гектар у гибрида Антемис и 2,65 тонны на гектар у гибрида Террамис, что сопоставимо с эффективностью сульфата аммония. Гибрид Антемис превосходил гибрид Террамис по урожайности в среднем на 0,23 тонны на гектар. Установлено положительное влияние серосодержащих удобрений на продуктивность подсолнечника в условиях серых лесных почв Республики Татарстан. Серный бентонит может рассматриваться как альтернативное серосодержащее удобрение для возделывания подсолнечника на почвах с дефицитом серы с оптимальной дозой внесения 100-150 килограммов на гектар.

**Ключевые слова:** подсолнечник, сера, серный бентонит, сульфат аммония, азотно-фосфорно-калийный фон, серые лесные почвы, урожайность, гибрид.

**Для цитирования:** Тахавиев И.Д. Эффективность серного бентонита и сульфата аммония в системе питания гибридов подсолнечника на типичных серых лесных почвах Республики Татарстан // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2026. 1(17). С. 32-38 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-32-38>

**Введение.** Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) занимает ведущее положение среди масличных культур мирового земледелия благодаря высокому содержанию растительного масла в семенах и широкой адаптивности к различным почвенно-климатическим условиям. Устойчивый рост мирового производства подсолнечника обусловлен увеличивающимся спросом на растительное масло высокого качества, богатое ненасыщенными жирными кислотами, которые играют важную роль в питании человека [1, 2, 3].

В современных условиях интенсификации сельскохозяйственного производства одним из лимитирующих факторов, сдерживающих реализацию потенциала продуктивности подсолнечника, является недостаточная обеспеченность растений элементами минерального питания, особенно вторичными макроэлементами, к числу которых относится сера. Подсолнечник как масличная культура характеризуется повышенной потребностью в сере по сравнению с зерновыми культурами, что обусловлено физиологической ролью этого элемента в биосинтезе масел, белков и незаменимых аминокислот [4, 5, 6].

Сера является структурным компонентом серосодержащих аминокислот – цистеина (26 процентов серы), метионина (21 процент

серы) и цистина (27 процентов серы), которые выполняют критически важные функции в белковом обмене растений. Этот элемент участвует в формировании дисульфидных мостиков, стабилизирующих третичную структуру белковых молекул, входит в состав коферментов и витаминов группы В (биотин, тиамин), регулирует активность ключевых ферментов фотосинтеза и азотного метаболизма. Сера непосредственно вовлечена в биосинтез жирных кислот через активацию ацетил-КоА-карбоксилазы – фермента, катализирующего лимитирующую стадию образования масла в семенах. Кроме того, адекватное серное питание повышает устойчивость растений подсолнечника к абиотическим стрессам, включая засуху и температурные перепады, усиливая антиоксидантную защиту клеток [7, 8, 9].

На формирование одной тонны масличного сырья подсолнечник выносит из почвы пять килограммов серы, что значительно превышает потребности большинства зерновых культур. Дефицит серы приводит к снижению эффективности использования азотных удобрений, нарушению процессов фотосинтеза и может вызывать потери урожайности до 40 процентов. Визуальная диагностика серного голодания проявляется

в виде хлороза молодых листьев, замедления роста растений, снижения высоты и диаметра корзинок [10, 11].

Серые лесные почвы, широко распространенные в Республике Татарстан и занимающие 37 процентов территории региона (2511,3 тысячи гектаров), характеризуются естественно низким содержанием доступной серы. Эти почвы формируются под широколиственными лесами в условиях периодически промывного водного режима, отличаются невысоким содержанием гумуса (от менее трех процентов у светло-серых до более пяти процентов у темно-серых подтипов) и требуют систематического применения органических и минеральных удобрений для обеспечения оптимального плодородия [12].

Традиционным источником серы в земледелии является сульфат аммония, содержащий 21 процент азота в аммонийной форме и 24 процента серы в сульфатной форме. Это удобрение обеспечивает быстрое поступление серы в растения в легкодоступной сульфатной форме и характеризуется синергетическим эффектом азота и серы. Аммонийная форма азота не вымывается из почвы благодаря фиксации на почвенных коллоидах и обладает пролонгированным действием. Однако высокая растворимость сульфата аммония в условиях промывного водного режима может приводить к потерям серы из корнеобитаемого слоя [13, 14].

В последние годы в мировой практике возрастает интерес к альтернативным формам серосодержащих удобрений пролонгированного действия, среди которых особое место занимает серный бентонит [15, 16]. Серный бентонит представляет собой гранулированное удобрение, содержащее 90 процентов элементарной серы в матрице бентонитовой глины. Механизм действия серного бентонита основан на постепенном поглощении почвенной влаги бентонитом, его набухании и разрушении гранул на мелкие частицы, что увеличивает поверхность контакта с почвенными микроорганизмами. Окисление элементарной серы до сульфатной формы осуществляется тиаобациллами и другими серобактериями, обеспечивая постепенное высвобождение доступной для растений серы в течение вегетационного периода. Такой механизм минимизирует потери серы от вымывания и обеспечивает более равномерное снабжение растений этим элементом питания [17, 18, 19].

Несмотря на накопленные данные об эффективности серосодержащих удобрений на подсолнечнике, вопросы оптимизации доз серного бентонита в многолетних полевых экспериментах в условиях серых лесных почв Республики Татарстан при контрастных метеорологических условиях остаются недостаточно изученными. Межгодовая изменчивость гидротермических условий, характерная для региона, требует комплексной оценки стабильности действия серного бентонита на

различных гибридах подсолнечника в сравнении с традиционным источником серы – сульфатом аммония.

Цель исследований – оценить влияние различных доз серного бентонита (50, 100 и 150 кг/га) на урожайность гибридов подсолнечника Антемис и Террамис в сравнении с сульфатом аммония (100 кг/га) и выявить оптимальные дозы его применения на серых лесных почвах Республики Татарстан.

**Условия, материалы и методы.** Стационарные полевые опыты в 2023-2025 году проводились на базе Агробиотехнопарка (с. Нармонка Лаишевского муниципального района Республики Татарстан). Лабораторные анализы проводились в Центре агроэкологических исследований Казанского ГАУ.

Полевые опыты проводились на типичных серых лесных почвах со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса по Тюрину 3,0%, подвижного фосфора очень высокое (250 мг/кг) и калия повышенное (145 мг/кг по Кирсанову). Реакция почвенной среды была близка к нейтральной (рН 6,6).

Схема опыта:

- Контроль (без удобрений).
- Фон NPK на 2,5 т/га маслосемян ( $N_{111}P_{12}K_{121}$ ).
- Фон NPK + Сульфат аммония, 100 кг/га под предпосевную культивацию (традиционный источник серы).
- Фон NPK + Серный бентонит, 50 кг/га под предпосевную культивацию.
- Фон NPK + Серный бентонит, 100 кг/га под предпосевную культивацию.
- Фон NPK + Серный бентонит, 150 кг/га под предпосевную культивацию.

Объектом исследований были гибриды подсолнечника Антемис и Террамис. Серный бентонит вносили после предпосевной культивации сеялкой на глубину 8-10 см. Площадь опытных делянок – 50 м<sup>2</sup>, учетных площадей – 25 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов в опыте – четырехкратная.

Проведенный анализ метеоданных за период 2023-2025 годы по метеопосту «Агробиотехнопарк» выявил существенную межгодовую изменчивость основных агрометеорологических показателей, критически важных для возделывания подсолнечника.

Годы исследований характеризуются контрастными условиями влаго- и теплообеспеченности относительно среднемноголетних значений. В 2023 году наблюдался выраженный дефицит осадков, особенно экстремальный в июне (6,08 мм, что составляет лишь 10,7% от нормы), а их общая сумма за период май-август (106,38 мм) была в два раза ниже среднемноголетнего уровня (212 мм). Это сочеталось с температурным режимом, превышающим норму на 4,5%, что привело к формированию засушливых условий, о чём свидетельствует гидротермический коэффициент 0,84 и критически низкое его значение в июне (0,12).

Условия 2024 года были несколько мягче,

однако общее количество осадков (153,6 мм) также оставалось ниже нормы, при этом их распределение было неравномерным: холодный и относительно влажный май (52,91 мм, 139,2%) сменился очень тёплым и засушливым июнем (15,81 мм, 27,7%). ГТК 0,99 за вегетационный период указывает на условия, близкие к оптимальным, но дефицит влаги в ключевой месяц оставался лимитирующим фактором.

Кардинально иная ситуация сложилась в 2025 году, который характеризовался избыточным увлажнением. Сумма осадков (282 мм) превысила среднеголетний показатель на 33%, причём в мае и июне выпало 213,1% и 178,9% от нормы соответственно. Температурный режим был наиболее сбалансированным и близким к среднеголетним

значениям. Расчётный гидротермический коэффициент за период (1,27) указывает на достаточное, местами избыточное увлажнение. Таким образом, метеорологические условия трёх лет представляют собой спектр от экстремальной засухи (2023) через умеренный дефицит влаги (2024) до влажного и прохладного вегетационного периода (2025).

**Результаты и обсуждения.** Анализ данных таблицы 1 показывает закономерное увеличение урожайности подсолнечника по годам исследований независимо от варианта опыта, что связано с улучшением условий влагообеспеченности от засушливого 2023 года (гидротермический коэффициент 0,84) к более благоприятным 2024 (гидротермический коэффициент 0,99) и 2025 годам (гидротермический коэффициент 1,27).

Таблица 1 – Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от применения серосодержащих удобрений, т/га (2023-2025 годы)

| Гибрид (фактор А) | Минеральное питание (фактор В)                                                      | 2023 г. | 2024 г. | 2025 г. |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Антеми́с          | Контроль (без удобрений)                                                            | 1,06    | 1,28    | 1,42    |
|                   | Фон NPK на 2,5 т/га маслосемян (N <sub>111</sub> P <sub>12</sub> K <sub>121</sub> ) | 2,04    | 2,35    | 2,51    |
|                   | Фон NPK+ Сульфат аммония, 100 кг/га                                                 | 2,62    | 2,98    | 3,22    |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 50 кг/га                                                  | 2,08    | 2,40    | 2,80    |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 100 кг/га                                                 | 2,19    | 2,70    | 3,10    |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 150 кг/га                                                 | 2,45    | 2,75    | 3,21    |
| Терра́мис         | Контроль (без удобрений)                                                            | 0,78    | 0,97    | 1,04    |
|                   | Фон NPK на 2,5 т/га маслосемян (N <sub>111</sub> P <sub>12</sub> K <sub>121</sub> ) | 1,82    | 2,19    | 2,35    |
|                   | Фон NPK+ Сульфат аммония, 100 кг/га                                                 | 2,38    | 2,80    | 3,17    |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 50 кг/га                                                  | 2,09    | 2,22    | 2,68    |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 100 кг/га                                                 | 2,38    | 2,55    | 2,69    |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 150 кг/га                                                 | 2,39    | 2,75    | 2,81    |
| НСР <sub>05</sub> |                                                                                     |         |         |         |
| А                 |                                                                                     | 0,011   | 0,014   | 0,017   |
| В                 |                                                                                     | 0,039   | 0,045   | 0,050   |
| AB                |                                                                                     | 0,182   | 0,153   | 0,242   |

На контрольном варианте без применения удобрений урожайность гибрида Антеми́с варьировала от 1,06 тонны на гектар в засушливом 2023 году до 1,42 тонны на гектар в условиях достаточного увлажнения 2025 года, что отражает прирост 34 процента. У гибрида Терра́мис диапазон урожайности на контроле составил от 0,78 до 1,04 тонны на гектар, увеличение достигло 33,3 процента. Более низкая базовая урожайность гибрида Терра́мис на контроле (в среднем на 0,32 тонны на гектар ниже, чем у Антеми́са) свидетельствует о его большей требовательности к уровню минерального питания, несмотря на высокую устойчивость к засухе.

Применение фона азотно-фосфорно-калийных удобрений в дозе, рассчитанной на получение 2,5 тонны на гектар маслосемян (N<sub>111</sub>P<sub>12</sub>K<sub>121</sub>), обеспечило существенное увеличение урожайности обоих гибридов. У гибрида Антеми́с урожайность возросла до 2,04-2,51 тонны на гектар в зависимости от года, что на 92-77 процентов выше контроля.

У гибрида Терра́мис прибавка от фона азотно-фосфорно-калийных удобрений составила 133-126 процентов, урожайность достигла 1,82-2,35 тонны на гектар.

Дополнительное внесение сульфата аммония в дозе 100 килограммов на гектар на фоне азотно-фосфорно-калийных удобрений привело к дальнейшему значительному росту урожайности. У гибрида Антеми́с урожайность составила 2,62-3,22 тонны на гектар, что на 28,4-28,3 процента выше варианта с одними азотно-фосфорно-калийными удобрениями и в 2,47-2,27 раза превышало контроль. У гибрида Терра́мис эффект сульфата аммония был еще более выраженным: урожайность достигла 2,38-3,17 тонны на гектар, прибавка относительно фона азотно-фосфорно-калийных удобрений составила 30,8-34,9 процента. Высокая эффективность сульфата аммония объясняется синергетическим действием азота (21 процент) и серы (24 процента) в его составе. Аммонийная форма азота не вымывается из почвы благодаря фиксации на почвенных

коллоидах, обеспечивая пролонгированное питание растений. Сера в сульфатной форме, содержащаяся в сульфате аммония, сразу доступна для растений, улучшает усвоение азота и участвует в формировании белков и масел.

Применение серного бентонита в минимальной дозе 50 килограммов на гектар показало меньшую эффективность по сравнению с сульфатом аммония. У гибрида Антемис урожайность составила 2,08-2,80 тонны на гектар, у Террамиса – 2,09-2,68 тонны на гектар. Прибавка относительно фона азотно-фосфорно-калийных удобрений была незначительной и в большинстве случаев статистически недостоверной по критерию наименьшей существенной разницы. Это указывает на недостаточность дозы серы при внесении 50 килограммов на гектар серного бентонита для полного удовлетворения потребности подсолнечника в этом элементе, учитывая, что на формирование одной тонны масличного сырья культура выносит пять килограммов серы.

Увеличение дозы серного бентонита до 100 килограммов на гектар привело к заметному росту продуктивности. У гибрида Антемис урожайность достигла 2,19-3,10 тонны на гектар, у Террамиса – 2,38-2,69 тонны на гектар. Интересно отметить, что у гибрида Антемис в 2024-2025 годах наблюдалась тенденция к снижению эффективности данной дозы по сравнению с сульфатом аммония, тогда как у Террамиса в 2023 году этот вариант сравнялся по урожайности с сульфатом аммония (2,38 тонны на гектар).

Максимальная доза серного бентонита 150 килограммов на гектар обеспечила наибольшую урожайность среди вариантов с серным бентонитом. У гибрида Антемис урожайность составила 2,45-3,21 тонны на гектар, у Террамиса – 2,39-2,81 тонны на гектар. По эффективности этот вариант приблизился к

сульфату аммония, хотя и не превзошел его. Разница между сульфатом аммония и максимальной дозой серного бентонита у гибрида Антемис составила 0,17 тонны на гектар в 2023 году, 0,23 тонны на гектар в 2024 году и всего 0,01 тонны на гектар в 2025 году. У гибрида Террамис различия были более выраженными: 0,01 (2023), 0,05 (2024) и 0,36 (2025) тонны на гектар в пользу сульфата аммония.

Несколько меньшая эффективность серного бентонита по сравнению с сульфатом аммония может объясняться особенностями механизма высвобождения серы. Серный бентонит содержит элементарную серу (90 процентов), которая должна быть окислена почвенными микроорганизмами до сульфатной формы, доступной для растений. Этот процесс требует времени и зависит от активности тиобацилл и других серобактерий, которая, в свою очередь, определяется температурой, влажностью почвы и содержанием органического вещества. В засушливых условиях 2023 года и при неравномерном распределении осадков в 2024 году микробиологическая трансформация элементарной серы могла протекать менее интенсивно, что ограничивало доступность серы для растений в критические фазы развития. Напротив, сульфат аммония содержит серу в сразу доступной сульфатной форме, что обеспечивает более быстрый отклик растений на внесение удобрения.

Анализ данных таблицы 2 позволяет оценить общую продуктивность изучаемых гибридов в условиях трехлетнего цикла исследований при различных системах минерального питания. Средняя урожайность за три года более объективно характеризует адаптивный потенциал гибридов и стабильность действия удобрений в контрастных метеорологических условиях.

Таблица 2 – Средняя урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от применения серосодержащих удобрений, т/га (2023-2025 годы)

| Гибрид (фактор А) | Минеральное питание (фактор В)                                                      | Средняя урожайность |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Антемис           | Контроль (без удобрений)                                                            | 1,25                |
|                   | Фон NPK на 2,5 т/га маслосемян (N <sub>111</sub> P <sub>12</sub> K <sub>121</sub> ) | 2,30                |
|                   | Фон NPK+ Сульфат аммония, 100 кг/га                                                 | 2,94                |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 50 кг/га                                                  | 2,43                |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 100 кг/га                                                 | 2,66                |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 150 кг/га                                                 | 2,80                |
| Террамис          | Контроль (без удобрений)                                                            | 0,93                |
|                   | Фон NPK на 2,5 т/га маслосемян (N <sub>111</sub> P <sub>12</sub> K <sub>121</sub> ) | 2,12                |
|                   | Фон NPK+ Сульфат аммония, 100 кг/га                                                 | 2,78                |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 50 кг/га                                                  | 2,33                |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 100 кг/га                                                 | 2,54                |
|                   | Фон NPK+ Серный бентонит, 150 кг/га                                                 | 2,65                |

На контрольном варианте без применения удобрений средняя урожайность гибрида Антемис составила 1,25 тонны на гектар, гибрида Террамис – 0,93 тонны на гектар. Разница в 0,32 тонны на гектар (34,4 процента) в пользу Антемиса указывает на его лучшую адаптированность к условиям низкого плодородия

серых лесных почв Республики Татарстан. Это согласуется с характеристиками гибрида Антемис как обладающего высокой толерантностью к стрессовым факторам и адаптивностью к различным типам почв.

Применение фона азотно-фосфорно-калийных удобрений повысило среднюю

урожайность до 2,30 тонны на гектар у Антемиса и 2,12 тонны на гектар у Террамиса. Прибавка относительно контроля составила 1,05 и 1,19 тонны на гектар соответственно, или 84 и 128 процентов. Более высокая относительная прибавка у гибрида Террамис свидетельствует о его большей отзывчивости на улучшение условий минерального питания, хотя абсолютный уровень урожайности остался ниже, чем у Антемиса.

Максимальная средняя урожайность за трехлетний период у обоих гибридов была достигнута при внесении сульфата аммония: 2,94 тонны на гектар у Антемиса и 2,78 тонны на гектар у Террамиса. Преимущество Антемиса сохранилось на уровне 0,16 тонны на гектар (5,8 процента). Эффективность сульфата аммония подтверждается результатами мировых исследований, показавших, что применение серосодержащих удобрений повышает урожайность подсолнечника на 30-68 процентов. В наших исследованиях прибавка от сульфата аммония относительно фона азотно-фосфорно-калийных удобрений составила 0,64 тонны на гектар (27,8 процента) у Антемиса и 0,66 тонны на гектар (31,1 процента) у Террамиса, что хорошо согласуется с международными данными.

Среди вариантов с серным бентонитом наилучшие результаты показала максимальная доза 150 килограммов на гектар: средняя урожайность составила 2,80 тонны на гектар у Антемиса и 2,65 тонны на гектар у Террамиса. Эти показатели незначительно (на 4,8 и 4,7 процента соответственно) уступали варианту с сульфатом аммония, что позволяет рассматривать серный бентонит в дозе 150 килограммов на гектар как эффективную альтернативу традиционному серосодержащему удобрению.

Промежуточные дозы серного бентонита (50 и 100 килограммов на гектар) обеспечили среднюю урожайность 2,43-2,66 тонны на гектар у Антемиса и 2,33-2,54 тонны на гектар у Террамиса. Эти значения превышают урожайность на фоне одних азотно-фосфорно-калийных удобрений, но существенно уступают вариантам с максимальной дозой серного бентонита и сульфатом аммония. Важно отметить, что у гибрида Антемис наблюдалась четкая дозовая зависимость эффекта серного бентонита: увеличение дозы с 50 до 100 и далее до 150 килограммов на гектар приводило к последовательному росту средней урожайности на 0,23 и 0,14 тонны на гектар. У гибрида Террамис дозовая зависимость была менее

выраженной: разница между дозами 100 и 150 килограммов на гектар составила всего 0,11 тонны на гектар, что может указывать на приближение к максимуму отзывчивости данного генотипа на серное питание.

Сравнивая эффективность затрат на удобрения, следует учитывать, что сульфат аммония, помимо серы (24 процента), содержит азот (21 процент), тогда как серный бентонит является практически чистым серным удобрением (90 процентов элементарной серы). При внесении 100 килограммов на гектар сульфата аммония в почву поступает 21 килограмм азота и 24 килограмма серы. В случае серного бентонита в дозе 150 килограммов на гектар растения получают 135 килограммов элементарной серы, что после микробиологического окисления обеспечивает значительно большее поступление серы, но без дополнительного азотного питания. Таким образом, более высокая эффективность сульфата аммония частично обусловлена вкладом дополнительного азота, что особенно важно для подсолнечника – культуры с высокой потребностью в этом элементе (50-60 килограммов азота на тонну семян).

**Выводы.** Установлено, что урожайность подсолнечника на серых лесных почвах в значительной степени лимитируется доступностью серы. Применение серосодержащих удобрений (сульфата аммония или серного бентонита) на фоне NPK является обязательным условием для реализации потенциала продуктивности культуры, обеспечивая прибавку урожайности 27-31% относительно фона без серы.

Наибольшая продуктивность гибридов за три года исследований достигнута при внесении сульфата аммония в дозе 100 кг/га: у гибрида Антемис – 2,94 т/га, у гибрида Террамис – 2,78 т/га.

Выявлено, что серный бентонит в дозе 150 кг/га обеспечивает урожайность (2,80 т/га у гибрида Антемис и 2,65 т/га у гибрида Террамис), сопоставимую с сульфатом аммония (100 кг/га). Данная доза может быть рекомендована в качестве эффективной альтернативы традиционному серосодержащему удобрению. Дозы 50 и 100 кг/га показали меньшую эффективность.

Доказано, что гибрид Антемис характеризуется более высокой стабильностью урожайности по годам и лучшей адаптацией к условиям пониженного плодородия почв, тогда как гибрид Террамис проявляет большую отзывчивость на высокий агрофон.

#### Литература

1. Сулейманов С. Р., Низамов Р. М. Хозяйственный вынос, коэффициенты использования элементов питания подсолнечником в зависимости от применения биопрепаратов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 2(36). С. 151–155. <https://doi.org/10.12737/12558>. EDN VJTKTV.
2. Актуальность разработки экологически безопасных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / А. М. Сабирзянов, С. В. Сочнева, Н. А. Логинов и др. // Зерновое хозяйство России. 2017. № 2(50). С. 26–29. EDN YNUGBP.
3. Горянин О. И., Джангабаев Б. Ж., Щербинина Е. В. Технологии возделывания подсолнечника в засушливых условиях Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 2. С. 55-60. [https://doi.org/10.53859/02352451\\_2022\\_36\\_2\\_55](https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_2_55). EDN CEBQJO.

4. Миннуллин Г. С. Макро- и микроэлементное питание масличных культур. Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та, 2008. 378 с. ISBN 978-5-98180-549-3. – EDN QKZKGR.
5. Низамов Р. М., Сулейманов С. Р., Сафиоллин Ф. Н. Подсолнечник в лесостепи Среднего Поволжья: монография. Казань: Казанский ГАУ, 2019. 242 с. ISBN 978-5-905201-93-6.
6. Биологическая защита растений от стрессов / Л. З. Каримова, В. А. Колесар, Р. И. Сафин и др. Казань: Казанский ГАУ, 2020. 128 с. ISBN 978-5-905201-96-7. – EDN RAMJRW.
7. Прогнозирование влияния физических факторов на жизнеспособность микроорганизмов биопрепаратов для защиты растений / Р. Ф. Сабилов, А. Р. Валиев, Р. И. Сафин и др. // Техника и оборудование для села. 2020. № 4(274). С. 29–33. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-4-29-32>. EDN XQFTEO.
8. Перспективы расширения посевных площадей подсолнечника в Зауралье / Н. В. Степных, Е. В. Нестерова, А. М. Заргарян и др. // Земледелие. 2021. № 6. С. 27–33. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-6-27-33>. EDN IMJXHN.
9. Пигорев И. Я., Кудинов В. А., Бирюков Г. А. Влияние макро и микроудобрений на фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 8. С. 80–89. EDN QTLOJW.
10. Приемы повышения эффективности применения биологических препаратов в растениеводстве / Г. Н. Агиева, Л. С. Нижегородцева, Р. Ж. К. Диабанкана и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. №4(60). С. 5–9. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-5-9>. EDN ILBDIB.
11. Подварко А. Т., Есипенко Л. П., Кустадинчев А. Д. Эффективность биорациональных средств защиты посевов подсолнечника от болезней в условиях Краснодарского края // Земледелие. 2021. № 6. С. 41–44. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-6-41-44>. EDN BCFWUB.
12. Гилязов М. Ю., Лукманов А. А., Муратов М. Р. Длительное применение удобрений и продуктивность пашни. Казань: Изд-во Казанского университета, 2016. 220 с. ISBN 978-5-00019-711-0. EDN NRQVCF.
13. Протравливание семян биологически активными композициями как основной элемент защиты подсолнечника от болезней и почвообитающих вредителей / В. М. Лукомец, В. Т. Пивень, С. А. Семеренко и др. // Защита и карантин растений. 2020. №2. С. 18–23. [https://doi.org/10.47528/1026-8634\\_2020\\_2\\_18](https://doi.org/10.47528/1026-8634_2020_2_18). EDN KMDHRZ.
14. Кузыченко Ю. А., Гаджиумаров Р. Г., Джандаров А. Н. Модернизация элементов технологии strip-till под подсолнечник в зоне Центрального Предкавказья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. №1(61). С. 34–38. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-34-38>. EDN DBCPEB.
15. Низамов Р. М., Сулейманов С. Р., Сафиоллин Ф. Н. Современные биопрепараты и стимуляторы роста в технологии возделывания подсолнечника на маслосемена // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. №1(48). С. 38–40. [https://doi.org/10.12737/article\\_5afbffd02a32e1.51364510](https://doi.org/10.12737/article_5afbffd02a32e1.51364510). EDN UVYO.
16. Prospects of agricultural business in the Republic of Tatarstan / F. N. Mukhametgaliev, L. F. Sitdikova, L. V. Mikhailova, N. M. Asadullin // In: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Re-sources". Kazan: EDP Sciences; 2021. 00083. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700083>. EDN SCGGTM.
17. Перспективы развития регионального производства маслосемян подсолнечника / Н. Р. Александрова, А. К. Субаева, А. Р. Валиев и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1(52). С. 113–119. [https://doi.org/10.12737/article\\_5ccedf732f21b7.08814536](https://doi.org/10.12737/article_5ccedf732f21b7.08814536). EDN BMMDZS.
18. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под подсолнечник на черноземе обыкновенном / А. В. Ващенко, Р. А. Каменев, А. П. Солодовников и др. // Аграрный научный журнал. 2020. № 1. С. 4–8 <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i1pp4-8>. EDN XDFOAU.
19. Агафонов Е.В., Герасименко П.С. Применение бентонита под кукурузу на черноземе южном // Агрохимия. 2012. № 5. С. 9–15. EDN OYXUKX.

#### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

#### Сведения об авторе:

Тахавиев Ильшат Даниярович – агроном-агрохимик<sup>1</sup>, аспирант<sup>2</sup>, e-mail: ilshat6006@mail.ru

<sup>1</sup>ООО «Казань Агрохимсервис», Казань, Россия

<sup>2</sup>Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

#### EFFICIENCY OF SULFUR BENTONITE AND AMMONIUM SULFATE IN THE NUTRITION SYSTEM OF SUNFLOWER HYBRIDS ON TYPICAL GRAY FOREST SOILS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN I. D. Takhaviev

**Abstract.** The study was conducted on gray forest soils of Agrobiotechnopark of the Republic of Tatarstan from 2023 to 2025 in order to assess the effect of different doses of sulfur bentonite on productivity of Antemis and Terramis sunflower hybrids in comparison with ammonium sulfate (100 kg/ha) and to identify the optimal dose for its application on gray forest soils of the Republic of Tatarstan. Sulfur bentonite is a granular, sulfur-containing, prolonged action fertilizer with an elemental sulfur content of 90%. Field experiments included six mineral nutrition options: a control without fertilizers, a background of nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers, a background with the addition of ammonium sulfate at 100 kilograms per hectare and a background with three doses of sulfur bentonite: 50, 100 and 150 kilograms per hectare. Meteorological conditions during these three study years varied significantly: 2023 was characterized by severe drought with a hydrothermal coefficient of 0.84; 2024 was characterized by conditions close to optimal with a hydrothermal coefficient of 0.99 and 2025 was characterized by excess moisture with a hydrothermal coefficient of 1.27. The maximum average yield over three years for Antemis hybrid was 2.94 tons per hectare with an ammonium sulfate application rate of 100 kilograms per hectare, while for Terramis hybrid this figure reached 2.78 tons per hectare. The application of sulfur bentonite at a rate of 150 kilograms per hectare resulted in a yield of 2.80 tons per hectare for Antemis hybrid and 2.65 tons per hectare for Terramis hybrid, which is comparable to the effectiveness of ammonium sulfate. Antemis hybrid outperformed the Terramis in yield by an average of 0.23 tons per hectare. A positive effect of sulfur-containing fertilizers on

sunflower productivity in the gray forest soils of the Republic of Tatarstan was established. Sulfur bentonite can be considered as an alternative sulfur-containing fertilizer for sunflower cultivation on sulfur-deficient soils with an optimal application rate of 100-150 kilograms per hectare.

**Key words:** sunflower, sulfur, sulfur bentonite, ammonium sulfate, nitrogen-phosphorus-potassium background, gray forest soils, yield, hybrid.

**For citation:** Takhaviev I.D. Efficiency of sulfur bentonite and ammonium sulfate in the nutrition system of sunflower hybrids on typical gray forest soils of the Republic of Tatarstan. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2026; 1(17). 32-38 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-32-38>

### References

1. Suleymanov SR, Nizamov RM. [Economic removal, coefficients of nutrient utilization by sunflower depending on the use of biopreparations]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015; Vol.10. 2(36). 151-155 p. <https://doi.org/10.12737/12558>. EDN VJTKTV.
2. Sabirzyanov AM, Sochneva SV, Loginov NA. [Relevance of the development of environmentally friendly technologies for agricultural crops cultivation]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii*. 2017; 2(50). 26-29 p. EDN YNUGBP.
3. Goryanin OI, Dzhangabaev BZh, Shcherbinina EV. [Sunflower cultivation technologies in arid conditions of Volga region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2022; Vol.36. 2. 55-60 p. <https://doi.org/10.53859/02352451> 2022\_36\_2\_55. EDN CEBQJO.
4. Minnullin GS. Makro- i mikroelementnoe pitaniye maslichnykh kultur. [Macro- and microelement nutrition of oilseeds]. Kazan: Izd-vo Kazanskogo gos. un-ta. 2008; 378 p. ISBN 978-5-98180-549-3. – EDN QKZKGR.
5. Nizamov RM, Suleymanov SR, Safiollin FN. *Podsolnechnik v lesostepi Srednego Povolzhya: monografiya*. [Sunflower in the forest-steppe of middle Volga region: monograph]. Kazan: Kazanskiy GAU. 2019; 242 p. ISBN 978-5-905201-93-6.
6. Karimova LZ, Kolesar VA, Safin RI. *Biologicheskaya zashchita rasteniy ot stressov*. [Biological protection of plants from stress]. Kazan: Kazanskiy GAU. 2020; 128 p. ISBN 978-5-905201-96-7. – EDN RAMJRW.
7. Sabirov RF, Valiev AR, Safin RI. [Forecasting the influence of physical factors on the viability of microorganisms of biological products for plant protection]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2020; 4(274). 29-33 p. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-4-29-32>. EDN XQFTEO.
8. Stepnykh NV, Nesterova EV, Zargaryan AM. [Prospects for expanding sunflower acreage in the Trans-Urals]. *Zemledeleye*. 2021; 6. 27-33 p. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-6-27-33>. EDN IMJXHN.
9. Pigorev IYa, Kudinov VA, Biryukov GA. [Influence of macro- and microfertilizers on the phytosanitary state of winter wheat crops]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 8. 80-89 p. EDN QTLOJW.
10. Agieva GN, Nizhegorodtseva LS, Diabankana RZhK. [Methods for increasing the efficiency of using biological products in crop production]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020; Vol.15. 4(60). 5-9 p. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-5-9>. EDN ILBDIB.
11. Podvarko AT, Esipenko LP, Kustadinchev AD. [Efficiency of biorational means of protecting sunflower crops from diseases in Krasnodar Kray]. *Zemledeleye*. 2021; 6. 41-44 p. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-6-41-44>. EDN BCFWUB.
12. Gilyazov MYu, Lukmanov AA, Muratov MR. *Dlitelnoe primeneniye udobreniy i produktivnost pashni*. [Long-term use of fertilizers and arable land productivity]. Kazan: Izd-vo Kazanskogo universiteta. 2016; 220 p. ISBN 978-5-00019-711-0. EDN NRQVCF.
13. Lukomets VM, Piven VT, Semerenko SA. [Seed treatment with biologically active compositions as the main element of sunflower protection from diseases and soil-inhabiting pests]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2020; 2. 18-23 p. [https://doi.org/10.47528/1026-8634\\_2020\\_2\\_18](https://doi.org/10.47528/1026-8634_2020_2_18). EDN KMDHRZ.
14. Kuzychenko YuA, Gadzhumarov RG, Dzhandarov AN. [Modernization of strip-till technology elements for sunflower in the Central Ciscaucasia]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021; Vol.16. 1(61). 34-38 p. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-34-38>. EDN DBCPEB.
15. Nizamov RM, Suleymanov SR, Safiollin FN. [Modern biopreparations and growth stimulants in sunflower cultivation technology for oilseeds]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018; Vol.13. 1(48). 38-40 p. [https://doi.org/10.12737/article\\_5afbfdd02a32e1.51364510](https://doi.org/10.12737/article_5afbfdd02a32e1.51364510). EDN UVYO.
16. Mukhametgaliev FN, Sitdikova LF, Mikhaylova LV, Asadullin NM. Prospects of agricultural business in the Republic of Tatarstan. In: proceedings of International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”. Kazan: EDP Sciences. 2021; 00083 p. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700083>. EDN SCGGTM.
17. Aleksandrova NR, Subaeva AK, Valiev AR. [Prospects for the development of regional production of sunflower oilseeds]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019; Vol.14. 1(52). 113-119 p. [https://doi.org/10.12737/article\\_5ccedf732f21b7.08814536](https://doi.org/10.12737/article_5ccedf732f21b7.08814536). EDN BMMDZS.
18. Vashchenko AV, Kamenev RA, Solodovnikov AP. [Application of mineral fertilizers and bacterial preparations for sunflower on ordinary chernozem]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2020; 1. 4-8 p. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i1pp4-8>. EDN XDFOAU.
19. Agafonov EV, Gerasimenko PS. [Application of bentonite for corn on southern black soil]. *Agrokhiimiya*. 2012; 5. 9-15 p. EDN OYXUKX.

### Conflict of interests

The author declare no conflict of interest. There was no funding for the work.

### Author:

Takhaviev Ilshat Daniyarovich – agronomist-agrochemist<sup>1</sup>, post-graduate student<sup>2</sup>, e-mail: [ilshat6006@mail.ru](mailto:ilshat6006@mail.ru)

<sup>1</sup>LLC Kazan Agrokhimservice, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ ВЕСЕННИХ ТАЛЫХ ВОД В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ АГРОЛАНДШАФТА В УСЛОВИЯХ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ****А. Л. Тойгильдин, М. В. Петров, Р. Б. Шарипова, С. А. Никифорова, Н. Е. Сяпуков**

**Реферат.** Цель исследования заключалась в определении объемов и оценке интенсивности проявления водной эрозии в результате стока весенних талых вод на разных типах агроландшафта в условиях Ульяновской области. Изучение стока и эрозии на водосборе проводились на территории опытной станции «Новоникулинская» Ульяновской области в полевом стационарном опыте. Наибольший ожидаемый приход весенней влаги за счет таяния снега в межполосном пространстве складывается на плакорно-равнинном типе агроландшафта. При проявлении эрозионных процессов в результате весеннего стока количество смытой почвы распределилось по типам агроландшафта: плакорно-равнинный тип – 0,05 т/га; склоново-ложбинный – 0,92 т/га; склоново-овражный – 1,47 т/га. За более чем 50-летний период функционирования противоэрозионных элементов запасы воды в снеге на водосборе возросли на 20,9 мм, а объем стока снизился в три раза (с 9,30 до 3,33 мм). В условиях Ульяновской области вероятность проявления стока и смыва почвы на склоновых землях составляет 56,0% (14 из 25 лет наблюдений). Ежегодный недобор продукции растениеводства в масштабах Ульяновского региона составляет не менее 267,4 тыс. з.ед., при среднем смыве почв 2,07 т/га (в масштабах региона 1,908 млн. т.), потери гумуса оцениваются в 92,4 тыс. т., азота и калия – 2,5 тыс. т., а фосфора – 3,0 тыс. т.

**Ключевые слова:** снежный покров, эрозия почвы, агроландшафт, сток талых вод, смыв почвы, потери почвы.

**Для цитирования:** Оценка эрозионной опасности весенних талых вод в различных типах агроландшафта в условиях Ульяновской области / А.Л. Тойгильдин, М.В. Петров, Р.Б. Шарипова, С.А. Никифорова, Н.Е. Сяпуков // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2026. 1(17). С. 39-45 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-39-45>

**Введение.** В последние годы агропромышленный комплекс Ульяновской области показывает значительные результаты по увеличению производства сельскохозяйственной продукции, так в 2025 году сельхозтоваропроизводителями региона было произведено 2133 тыс. тонн зерна, при рекордной урожайности 34,6 ц/га в области. Между тем биоклиматический потенциал производства продукции растениеводства используется не в полной мере и возможно получать не менее 3,0 млн. тонн зерна [1, 2].

Реализация продуктивного потенциала аграрных культур находится в прямой зависимости от поддержания почвенного плодородия. Тем не менее, данные агрохимической службы и научное сообщество свидетельствуют о прогрессирующей деградации почв, ключевым фактором которой являются эрозионные явления [3, 4, 5].

Развитие эрозии влечет за собой деградацию агрофизических и биологических параметров почвы, что неизбежно провоцирует потери урожайности [6, 7]. Существует прямая корреляция между степенью смытости почв и объемом недобора продукции: на слабо эродированных почвах потери составляют 10-30%, при средней – от 30 до 50%, а на участках сильно эродированных урожайность может сокращаться на 50-70% [8, 9].

Экономический урон от эрозии многогранен: он затрагивает не только аграрный сектор, но и экосистемы в целом [10, 11]. Сокращение пахотных угодий, обеднение почв и падение урожайности (до 70%) сопровождаются ухудшением качественных характеристик сельхозпродукции [12, 13, 14].

Минимизация негативного воздействия

эрозии на почвы и восстановление продуктивности пашни требуют внедрения целостной системы защитных мер. Такой комплекс должен объединять агротехнические приемы, организацию территории, лесные насаждения и гидротехнические сооружения. Ввиду этого оценка отдельных элементов противоэрозионного комплекса представляет собой актуальное научно-практическое направление [15, 16, 17].

Цель исследования – определение объемов и оценка интенсивности проявления водной эрозии в результате стока весенних талых вод на разных типах агроландшафта в условиях Ульяновской области.

**Задачи исследования:**

- оценить накопление снега и запасы воды на полях в межполосном пространстве различных агроландшафтов;
- изучить особенности формирования стока талых вод и смыва почвы в различных типах агроландшафта;
- произвести расчет потерь почвы и элементов минерального питания со стоком талых вод, в т.ч. в масштабах Ульяновской области.

**Условия, материалы и методы.** Исследовательские работы по оценке поверхностного стока и смыва почвы проводились на базе стационарного полевого опыта на опытной станции «Новоникулинская», расположенной в Ульяновской области. Изучаемый ландшафт включает три типа агроландшафта: плакорноравнинный (уклон до 1°), склоново-ложбинный (1-3°) и склоново-овражный (3-5°). В период с 2022 по 2024 год на опытном участке возделывались следующие культуры: озимая пшеница, затем яровая мягкая пшеница и яровая твердая

пшеница. Почвы представлеы выщелоченным тяжело суглинистым чернозёмом средней мощности. Содержание гумуса варьировало от 5,45 до 8,15%, pH находился в пределах 6,5–7,2, гидролитическая кислотность составляла 0,78–1,21 мг-экв/100 г, обеспеченность калием – 65,0–90,0 мг/кг, фосфором – 186,0–203,0 мг/кг.

Наблюдения за снегонакоплением, влагозапасами в снеге, а также за стоком и эрозией выполнялись в межполосных пространствах, ограниченных продольными лесными полосами. Конструкция лесополос ажурная, хорошо продуваемая, они сформированы из берёзы повислой (*Betula pendula*) в пять рядов, с высотой 15-16 метров. Изучение распределения снега проводилось на трёх расстояниях от насаждений – 50, 130 и 260 м – как с наветренной, так и с заветренной стороны.

Перед началом таяния снега фиксировались его высота и плотность. Высоту измеряли переносной металлической рейкой с шагом 5 м, обеспечивая пятикратную повторность для достоверности. Плотность определяли

весовым снегомером ВС-43 через каждые 20 м при трёхкратной повторности измерений.

Для определения глубины промерзания почвы использованы мерзлотомеры Данилина. Поверхностный сток измерялся водосливами с тонкой стенкой (угол выреза 45°). Расход воды определялся согласно методике НИИСХ Юго-востока. После прекращения стока смыв почвы измерялся методом водоройн [18, 19, 20].

Атмосферные осадки принадлежат к числу наиболее изменчивых метеорологических параметров. Сравнительный анализ сельскохозяйственных сезонов показывает, что периоды 2021-2022 и 2023-2024 годов отличались повышенным увлажнением: сумма осадков достигла 310,2 и 304,6 мм соответственно. Эти значения существенно превышают как показатель сезона 2022-2023 годов (249,9 мм), так и среднемноголетнюю норму, составляющую 167,0 мм. При этом количество осадков в 2022–2023 году, хотя и уступает двум другим сезонам, всё же заметно ниже средних многолетних значений (табл. 1).

Таблица 1 – Значение зимних метеорологических показателей и средних нормативных данных за многолетний период

| Показатель                                                | 2021-2022<br>сельскохозяйственный год | 2022-2023<br>сельскохозяйственный год | 2023-2024<br>сельскохозяйственный год | Среднее много-<br>летнее |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Установление<br>снежного покрова                          | 13 ноября                             | 17 ноября                             | 21 ноября                             | 23 ноября                |
| Разрушение снеж-<br>ного покрова                          | 7 апреля                              | 20 марта                              | 11 апреля                             | 3 апреля                 |
| Продолжи-<br>тельность залега-<br>ния снежного<br>покрова | 146 дней                              | 124 дня                               | 142 дня                               | 132 дня                  |
| Количество выпавших зимних осадков, мм                    |                                       |                                       |                                       |                          |
| Ноябрь                                                    | 40,5                                  | 66,1                                  | 20,7                                  | 36,0                     |
| Декабрь                                                   | 33,7                                  | 60,9                                  | 81,7                                  | 36,0                     |
| Январь                                                    | 99,8                                  | 22,0                                  | 96,5                                  | 34,0                     |
| Февраль                                                   | 68,0                                  | 63,9                                  | 49,3                                  | 24,0                     |
| Март                                                      | 19,5                                  | 37,0                                  | 47,1                                  | 27,0                     |
| Апрель                                                    | 48,7                                  | 0,0                                   | 9,3                                   | 10,0                     |
| <b>Сумма:</b>                                             | <b>310,2</b>                          | <b>249,9</b>                          | <b>304,6</b>                          | <b>167,0</b>             |

Формирование и сход снежного покрова относится к числу его важнейших характеристик. Как показывают наблюдения, установлению постоянного снежного покрова предшествует неустойчивый период с частыми оттепелями, проводящими частичное таяние выпавшего снега. Интенсивность этого процесса напрямую зависит от суточных колебаний температуры и активизируется при её падении до -3...-5°C, когда верхний слой почвы промерзает на 2-5 см. Обычно первые снегопады начинаются за 25-35 суток до образования стабильного снежного покрова [19, 20].

Устойчивым принято считать такой снежный покров, который либо сохраняется непрерывно всю зиму, либо имеет перерывы, не превышающие трёх дней за любой тридцатидневный отрезок. Если после весеннего таяния в течение трёх суток вновь выпадает снег

и держится не менее 10 дней, это расценивается как единый период залегания. Перерывы продолжительностью менее трёх дней не разрывают срок устойчивого покрова, а включаются в его общую длительность. В сельскохозяйственном 2021-2022 году продолжительность устойчивого залегания снега составила 146 суток, что превысило среднемноголетний показатель на 14 дней. 2022-2023 сельскохозяйственный год характеризовался ранней датой разрушения снежного покрова и недолгой продолжительностью залегания снежного покрова (124 дня).

**Результаты и обсуждения.** Изучение особенностей снегоотложения выполнялось между продольными лесными насаждениями, которые были размещены перпендикулярно направлению преобладающих метелевых ветров в условиях различных агроландшафтов.

В результате установлено, что интенсивность накопления снега на сельскохозяйственных угодьях варьировала в зависимости от типа агроландшафта, при этом значительную роль в перераспределении снега играли лесные полосы.

В результате наблюдений выявлено, что максимальные запасы снега формировались в зоне, прилегающей к лесным полосам. При этом со стороны господствующих ветров снегонакопление было более интенсивным. На плакорно-равнинном агроландшафте высота снега с наветренной стороны достигла 48,4 см, тогда как с заветренной – 42,9 см. В склоново-ложбинном ландшафте эти значения составили 43,6 и 40,1 см соответственно, а в склоново-овражном – 39,5 см (наветренная) и 36,4 см (заветренная) (рис. 1).

Анализ плотности и мощности снега в междолевых пространствах позволил оценить его

вклад в формирование водного баланса при таянии. Расчеты показали, что максимальные ожидаемые поступления талых вод характерны для плакорно-равнинного агроландшафта. На расстоянии 50 м от наветренной лесополосы запасы влаги составляли 133,3 мм, на 130 м – 119,1 мм; с заветренной стороны на тех же удалениях – 114,5 и 109,7 мм. По мере приближения к центру поля (260 м) влагообеспеченность снижалась до 95,8 мм.

Прослеживалась четкая тенденция уменьшения высоты снега при удалении от насаждений до 130 м. Для плакорно-равнинного типа агроландшафта показатели на этом расстоянии составили 42,0 и 39,3 см, для склоново-ложбинного – 38,9 и 35,2 см, для склоново-овражного – 33,0 и 31,5 см. В центральной части поля (260 м) толщина снега в агроландшафтах достигала лишь 31,6, 29,6 и 26,5 см соответственно.

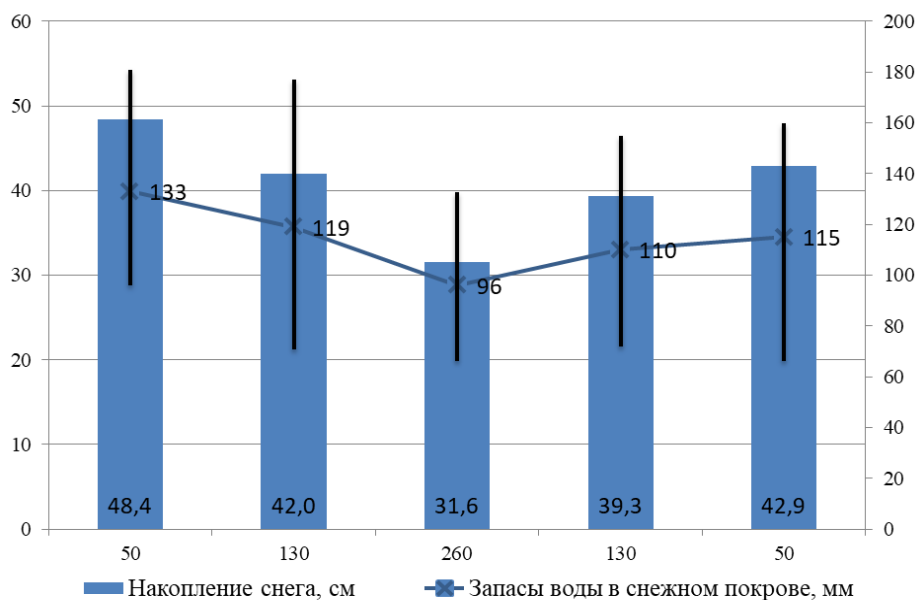


Рис. 1 – Высота снежного покрова и запасы влаги в зависимости от удаленности от лесных насаждений в плакорно-равнинном типе агроландшафта, 2022-2024 годы

В результате исследований выявлена обратная зависимость между крутизной склона и мощностью снежного покрова. На плакорно-равнинном агроландшафте средняя высота снега достигала 41,1 см. При переходе к склоново-ложбинному ландшафту этот параметр уменьшался на 3,2 см, а на склоново-овражном – на 8,0 см относительно плакора.

Лесные полосы влияли не только на перераспределение снега, но и на его плотность. Установлено, что на расстоянии 50 и 130 м от насаждений плотность снега во всех типах ландшафта колебалась незначительно – в интервале 0,25-0,31 г/см<sup>3</sup>. В центральной же части поля (260 м) фиксировалось уплотнение снега: показатели варьировали от 0,27 до 0,33 г/см<sup>3</sup>. Аналогичные тенденции прослеживались в склоново-ложбинном и склоново-овражном

агроландшафтах. При этом на склонах крутизной 3-5° прогнозируемые влагозапасы в снеге снижались до 105,5 и 96,4 мм соответственно.

Наблюдения показали, что формирование стока и смыва почвы определялось совокупностью факторов и не всегда напрямую зависело от высоты снега. Так, в 2022 году, несмотря на значительные влагозапасы в снеге, сток отсутствовал. Причиной послужил затяжной характер снеготаяния, вызванный чередованием положительных и отрицательных температур в этот период (табл. 2).

Иная ситуация сложилась в 2023 году, когда аномально низкий снежный покров (всего 25,6 см) привёл к глубокому промерзанию почвы – до 40 см. Это спровоцировало интенсивный весенний сток (6,3 мм) и эрозию почвы (6,65 т/га), которые достигли максимальных значений за период наблюдений.

Таблица 2 – Сток и эрозия почвенного покрова на опытном поле

| Годы    | Показатели                    |                          |                               |          |                  |                   |
|---------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------|------------------|-------------------|
|         | максимальная высота снега, см | запасы влаги в снегу, мм | глубина промерзания почвы, см | сток, мм | смыв почвы, т/га | коэффициент стока |
| 2022 г. | 38,1                          | 101,7                    | 20                            | 0,00     | 0,00             | 0,00              |
| 2023 г. | 25,6                          | 69,6                     | 40                            | 6,30     | 6,65             | 0,09              |
| 2024 г. | 48,1                          | 145,1                    | 12                            | 0,09     | 0,67             | 0,00              |
| среднее | 37,3                          | 105,5                    | 24                            | 2,13     | 2,44             | 0,02              |

Наиболее мощный снежный покров зафиксирован в 2024 году, когда его высота достигла 48,1 см. В этих условиях глубина промерзания почвы сократилась до 12 см. Несмотря на постепенный характер снеготаяния и относительно небольшое промерзание грунта, объём стока оказался минимальным и составил всего 0,09 мм. Определённую роль в этом сыграли и значительные влагозапасы, аккумулированные в снеге (145,1 мм).

Иная ситуация сложилась в 2023 году, когда интенсивный сток и эрозия наблюдались во всех типах агроландшафта. Это было вызвано сильным промерзанием почвы и резким таянием снега. Осенью предшествующего года на участке проводилась минимальная обработка почвы поперёк склона на глубину 10-12 см. После окончания стокового периода выполнены замеры смыва методом водоройн (табл. 3).

Таблица 3 – Смыв почвы в зависимости от типа ландшафта за 2022-2024 годы

| Тип агроландшафта         | Смыв почвы, т/га |         |         |       |         |
|---------------------------|------------------|---------|---------|-------|---------|
|                           | 2022 г.          | 2023 г. | 2024 г. | сумма | среднее |
| Плакорно-равнинный (0-1°) | 0                | 0,15    | 0       | 0,15  | 0,05    |
| Склоново-ложбинный (1-3°) | 0                | 2,60    | 0,17    | 2,77  | 0,92    |
| Склоново-овражный (3-5°)  | 0                | 3,90    | 0,50    | 4,40  | 1,47    |
| итого                     | 0                | 6,65    | 0,67    | 6,72  | 2,44    |

Результаты исследований позволили количественно оценить интенсивность эрозионных процессов в различных агроландшафтах. Минимальный смыв почвы зафиксирован на плакорно-равнинном участке – 0,15 т/га. На склоново-ложбинном ландшафте этот показатель оказался существенно выше – 2,77 т/га. Максимальная интенсивность смыва отмечена в нижней части водосбора, в склоново-овражном агроландшафте, где величина достигла 4,40 т/га.

Многолетние наблюдения за стоком талых вод на склоновых участках противоэрозионного комплекса «Новоникулинский» подтвердили высокую результативность применяемых почвозащитных мероприятий.

Согласно данным Ульяновского филиала ФГБУ «РосАгрохимслужба» (на 01.01.2025 г.), площадь деградированных сельхозугодий, подверженных эрозии и дефляции на территории Ульяновской области, достигает 922 тыс. га (табл. 4).

Таблица 4 – Некомпенсированные потери с деградированных земель в среднем за год (на примере Ульяновской области)

| Основные показатели                            | Всего |
|------------------------------------------------|-------|
| Площади смытых и дефлированных земель, тыс. га | 922   |
| Недобор продукции, з.е. с 1 га                 | 0,29  |
| Недобор продукции в регионе, тыс. з.ед.        | 267,4 |
| Ежегодные потери почвы, т/га                   | 2,44  |
| Потери гумуса с мелкоземом, тыс. т.            | 92,4  |
| Потери азота (2,7 кг/га), тыс. т.              | 2,50  |
| Потери фосфора (3,3 кг/га), тыс. т.            | 3,00  |
| Потери калия (2,7 кг/га), тыс. т.              | 2,50  |

По расчётным оценкам, недополученная продукция растениеводства в масштабах региона составляет не менее 267,4 тыс. з. е. При среднегодовом смыве почвы 2,44 т/га потери гумуса достигают 92,4 тыс. т, азота и калия – по 2,5 тыс. т, фосфора – 3,0 тыс. т.

**Выводы.** Наибольший ожидаемый приход весенней влаги за счет таяния снега в межполосном пространстве складывался на

плакорно-равнинном типе агроландшафта. На расстоянии 50 м от наветренной лесополосы запасы влаги составляли 133,3 мм, на 130 м – 119,1 мм; с заветренной стороны на тех же удалениях – 114,5 и 109,7 мм. По мере приближения к центру поля (260 м) влагообеспеченность снижалась до 95,8 мм.

Интенсивность эрозионных потерь также

варьировала в зависимости от типа агроландшафта. На плакорно-равнинном типе агроландшафта смыв почвы оказался минимальным – 0,05 т/га. В склоново-ложбинном агроландшафте потери возросли до 0,92 т/га, а максимальные значения отмечены в склоново-овражном агроландшафте – 1,47 т/га.

В масштабах Ульяновской области ежегодный недобор растениеводческой продукции оценивается не менее чем в 267,4 тыс. з. е. При среднем смыве почвы

2,44 т/га суммарные потери почвы достигают 2,2 млн. т. Это сопровождается выносом значительного количества элементов питания: гумуса – 92,4 тыс. т, азота и калия – по 2,5 тыс. т, фосфора – 3,0 тыс. т.

**Сведения о финансировании.** Работа выполнена сотрудниками отдела земледелия и технологии возделывания сельскохозяйственных культур Ульяновского НИИСХ-филиала СамНЦ РАН в рамках государственного задания Минобрнауки России для СамНЦ РАН по теме FMRW-2025-0040.

#### Литература

1. Тойгильдин А. Л., Семенкин М. И., Тойгильдина И. А. Программирование урожайности зерновых культур и ее обеспечение в земледелии Ульяновской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(60). С. 71-76. doi: 10.18286/1816-4501-2022-4-71-76. – EDN NLBAKF.
2. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года / К. Н. Кулик, А. Л. Иванов, А. С. Рулев и др. – 2-е издание, дополненное и переработанное. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. 36 с.
3. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2021 году. – Москва: Росинформагротех, 2022. 356 с.
4. Soil Fertility: Factors Affecting Soil Fertility, and Biodiversity Responsible for Soil Fertility / A. Javed, E. Ali, Kh. Binte Afzal [et al.] // International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. 2022. Vol. 12. №. 01. – doi:10.26502/ijpaes.202129.
5. Причины и последствия эрозии почвенного покрова в различных климатических зонах России / Д. А. Матюхин, О. П. Крутских, И. Д. Проняев и др. // Аграрная история. 2024. № 18. С. 49-58. doi: 10.5281/zenodo.11655506.
6. Гаевая Э. А. Баланс гумуса в севооборотах с короткой ротацией на эрозионно-опасных склонах // Живые и биокосные системы. 2018. № 24. С. 2. – EDN WMATGV.
7. Гидромелиоративная роль агролесоландшафтного комплекса на склонах / С. А. Тарасов, А. А. Тарасов, И. В. Подлесных и др. // Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 6 (402). С. 708-712. doi: 10.55186/25876740\_2024\_6\_708.
8. Брыжко В. Г., Тарасов Т. В. Организация работ по борьбе с эрозией почв // Актуальные проблемы экономики, социологии и права. 2019. № 4-2. С. 29-31. – EDN OHDFWB.
9. Skuodienė R. Soil Seed Bank in a Pre-Erosion Cereal-Grass Crop Rotation / R. Skuodienė, V. Matyžiūtė // Plants. 2022. Vol. 11, No. 19. P. 2636. – doi:10.3390/plants11192636.
10. Устроев А. А., Мурзаев Е. А. Посев сидеральных культур как прием разуплотнения почв в условиях пастбищной эрозии // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2020. № 2 (103). С. 57-64. doi: 10.24411/0131-5226-2020-10241.
11. Солдат И. Е. Снижение негативного влияния эрозии почв в Белгородской области внедрением адаптивно-ландшафтной системы земледелия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 182-190. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-182-190.
12. Дзюин Г. П., Дзюин А. Г. Типизация агроландшафтов для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Удмуртской республике // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 6. С. 38-40. – EDN QIPWIF.
13. Сытин Г.О., Беляков А.М. Влияние полевых защитных лесных полос на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зоне каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 323-329. doi: 10.32786/2071-9485-2023-02-37.
14. Baude M., Meyer B.C., Schindewolf M. Land use change in an agricultural landscape causing degradation of soil based ecosystem services // Science of the Total Environment. 2019. Vol. 659. P. 1526-1536. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.12.455.
15. Чекмарев П.А. Воспроизводство плодородия – залог стабильного развития агропромышленного комплекса России // Плодородие. 2018. № 1(100). С. 4-7. – EDN YPKXUP.
16. Сытин Г.О., Беляков А.М. Влияние полевых защитных лесных полос на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зоне каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 323-329. doi: 10.32786/2071-9485-2023-02-37.
17. Турусов В.И., Чевердин Ю.И., Гармашов В.М. Агротехнологические основы оптимизации почвенной среды в адаптивно-ландшафтных системах земледелия ЦЧЗ // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6(80). С. 26-31. – EDN RCXMSZ.
18. Сурмач Г.П. Методика изучения водорегулирующей и противоэрозионной эффективности лесных полос и агротехнических приемов // Волгоград. 1967. 35 с.
19. Никитин С. Н., Шарипова Р. Б. Оценка изменения агроклиматического потенциала Ульяновской области на производство продукции растениеводства // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(59). С. 36-42. doi: 10.18286/1816-4501-2022-3-36-42. – EDN LSBPDS.
20. Немцев С. Н., Шарипова Р. Б. Агроклиматические ресурсы, их изменение и экологические ограничения вегетационного периода Ульяновской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 3. С. 10-14. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10302. – EDN RPFOLW.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Сведения об авторах:

Тойгильдин Александр Леонидович - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, e-mail: atoigildin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7713-5283>  
Петров Максим Вячеславович – научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, e-mail: maxim120198@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-1895-7819>  
Шарипова Разида Бариевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник, e-mail: rezedasharipova63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5147-2257>  
Никифорова Светлана Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, e-mail: nikiforova11@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4923-1646>  
Сяпуков Никита Евгеньевич – аспирант, e-mail: nikitasiapukov@yandex.ru  
Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.С. Немцева – филиал СамНЦ РАН, Ульяновск, Россия.

ASSESSMENT OF EROSION HAZARD OF SPRING MELTWATER IN VARIOUS AGROLANDSCAPE TYPES IN ULYANOVSK REGION

A. L. Toygildin, M. V. Petrov, R. B. Sharipova, S. A. Nikiforova, N. E. Syapukov

**Abstract.** The aim of the study was to determine the volume and assess the intensity of water erosion resulting from spring meltwater runoff in different agrolandscape types in Ulyanovsk region. The runoff and erosion study in the catchment area was conducted at Novonikulinskaya experimental station in Ulyanovsk region during a field experiment. The greatest expected spring moisture gain due to snowmelt in the space between strips occurs in the upland-plain agricultural landscape type. When erosion processes occurred as a result of spring runoff, the amount of washed away soil was distributed among the agricultural landscape types: upland-plain type - 0.05 t/ha; slope-hollow - 0.92 t/ha; slope-new-ravine - 1.47 t/ha. Over a more than 50-year period of anti-erosion elements operation, the water reserves in the snow increased by 20.9 mm and the volume of runoff decreased threefold (from 9.30 to 3.33 mm). The probability of runoff and soil erosion on sloping lands is 56.0% (14 out of 25 years of observations) in Ulyanovsk region. Annual crop production shortfall in Ulyanovsk region amounts to at least 267.400 hectares, with an average soil loss of 2.07 t/ha (1.908 million tons regional-ly). Humus losses are estimated at 92.400 tons, nitrogen and potassium at 2.500 tons, and phosphorus at 3.000 tons.

**Key words:** snow cover, soil erosion, agricultural landscape, meltwater runoff, soil loss, soil loss.

**For citation:** Assessment of erosion hazard of spring meltwater in various agrolandscape types in Ulyanovsk region. Toygildin A.L., Petrov M.V., Sharipova R.B., Nikiforova S.A., Syapukov N.E. Agrobiotechnologies and digital farming. 2026; 1(17). 39-45 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-39-45>

References

1. Toygildin AL, Semengin MI, Toygildina IA. [Programming of grain crop productivity and its provision in agricultural of Ulyanovsk region]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2022; 4(60). 71-76 p. doi: 10.18286/1816-4501-2022-4-71-76. – EDN NLBAKF.
2. Kulik KN, Ivanov AL, Rulev AS. [Strategy for protective afforestation development in the Russian Federation through 2025]. 2-e izdanie, dopolnennoe i pererabotannoe. Volgograd: FNTs agroekologii RAN. 2018; 36 p.
3. Doklad o sostoyanii i ispolzovanii zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya Rossiyskoy Federatsii v 2021 godu. [Report on agricultural lands status and use in the Russian Federation in 2021]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2022; 356 p.
4. Javed A, Ali E, Binte Afzal Kh. Soil fertility: factors affecting soil fertility, and biodiversity responsible for soil fertility. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. 2022; Vol.12. 01. – doi:10.26502/ijpaes.202129.
5. Matyukhin DA, Krutskikh OP, Pronyaev ID. [Causes and consequences of soil erosion in different climatic zones of Russia]. Agrarnaya istoriya. 2024; 18. 49-58 p. doi: 10.5281/zenodo.11655506.
6. Gaevaya EA. [Humus balance in crop rotations with short rotation on erosion-hazardous slopes]. Zhivye i biokosnye sistemy. 2018; 24. 2 p. – EDN WMATGV.
7. Tarasov SA, Tarasov AA, Podlesnykh IV. [Irrigation and reclamation role of agroforest landscape complex on slopes]. Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal. 2024; 6 (402). 708-712 p. doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_6\_708.
8. Bryzhko VG, Tarasov TV. [Organization of works to combat soil erosion]. Aktualnye problemy ekonomiki, sotsiologii i prava. 2019; 4-2. 29-31 p. – EDN OHDWFB.
9. Skuodienė R, Matyziute V. Soil seed bank in a pre-erosion cereal-grass crop rotation. Plants. 2022; Vol.11. No.19. 2636 p. – doi:10.3390/plants11192636.
10. Ustroeв AA, Murzaev EA. [Sowing green manure crops as a method of soil decompaction under conditions of pasture erosion]. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2020; 2 (103). 57-64 p. doi: 10.24411/0131-5226-2020-10241.
11. Soldat IE. [Reducing negative impact of soil erosion in Belgorod region by introducing an adaptive-landscape farming system]. Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. 2020; Vol.15. 2. 182-190 p. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-182-190.
12. Dzyuin GP, Dzyuin AG. [Typification of agrolandscapes for the development of adaptive-landscape farming systems in Udmurt Republic]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2013; 6. 38-40 p. – EDN QIPWIF.
13. Sytin GO, Belyakov AM. [Influence of forest shelterbelts on productivity and grain quality of winter wheat in the chestnut soil zone of Volgograd region]. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2023; 2 (70). 323-329 p. doi: 10.32786/2071-9485-2023-02-37.
14. Baude M, Meyer BC, Schindewolf M. Land use change in an agricultural landscape causing degradation of soil-based ecosystem services. Science of the Total Environment. 2019; Vol.659. 1526-1536 p. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.12.455.
15. Chekmarev PA. [Fertility restoration is the key to stable development of Russian agro-industrial complex]. Plodородie. 2018; 1(100). 4-7 p. – EDN YPKXUP.
16. Sytin GO, Belyakov AM. [Influence of forest shelterbelts on productivity and grain quality of winter wheat in the chestnut soil zone of Volgograd region]. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee

professionalnoe obrazovanie. 2023; 2 (70). 323-329 p. doi: 10.32786/2071-9485-2023-02-37.

17. Turusov VI, Cheverdin Yul, Garmashov VM. [Agrotechnological foundations for soil environment optimization in adaptive landscape farming systems of Central Chernozem region]. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; 6(80). 26-31 p. – EDN RCXMSZ.

18. Surmach GP. [Methodology for studying the water-regulating and anti-erosion efficiency of forest belts and agro-technical techniques]. Volgograd. 1967; 35 p.

19. Nikitin SN, Sharipova RB. [Assessment of agroclimatic potential changes of Ulyanovsk region for crop production]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2022; 3(59). 36-42 p. doi: 10.18286/1816-4501-2022-3-36-42. – EDN LSBPDS.

20. Nemtsev SN, Sharipova RB. [Agroclimatic resources, their change and environmental restrictions of growing season in Ulyanovsk region]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021; Vol.35. 3. 10-14 p. doi:10.24411/0235-2451-2021-10302. – EDN RPFOLW.

#### Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

#### Authors:

Toygildin Aleksandr Leonidovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director, e-mail: atoigildin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7713-5283>

Petrov Maksim Vyacheslavovich – researcher of Agriculture and Crop Cultivation Technologies Department, e-mail: maxim120198@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-1895-7819>

Sharipova Razide Barievna – Ph.D. of Geographical Sciences, senior researcher, e-mail: rezedasharipova63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5147-2257>

Nikiforova Svetlana Aleksandrovna - Ph.D. of Agricultural Sciences, senior researcher, e-mail: nikiforova11@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4923-1646>

Syapukov Nikita Evgenevich – post-graduate student, e-mail: nikitasiapukov@yandex.ru

Samara Federal Research Center of Russian Academy of Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named after. N.S.Nemtseva – branch of Samara Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ulyanovsk, Russia.

**РОЛЬ СОРТА И ФОНА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ  
ВЫСОКИХ УРОЖАЕВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM*) НА  
СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ ПРЕДКАМСКОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Гараев, И. З. Ногуманов, А. Р. Сержанова**

**Реферат.** В статье изложены результаты исследований (2024-2025 годы) по выявлению роли сорта, уровня минерального питания в получении высокого урожая зерна яровой пшеницы соответствующего для хлебопечения. Объектами изучения в исследованиях были сорта яровой мягкой пшеницы отечественной селекции районированных в Республике Татарстан. Сорт Йолдыз (стандарт); Альварис; Бурлак; Хаят; Ульяновская 105 и Экада 214. Схема опыта включала два фактора: А – фон питания (без удобрений – контроль), удобренный фон –  $N_{123}P_{130}K_{89}$  кг/д.в. расчет на 4 т зерна с 1 га. На каждом фоне питания испытывались вышеперечисленные сорта яровой пшеницы – фактор В. Почва серая лесная с содержанием гумуса 3,0-3,2% (по Тюрину), подвижного фосфора 66,0-73,0 и обменного калия 98,0-102,0 мг/кг почвы (по Кирсанову),  $pH_{сол.}$  – 5,0-5,5. В условиях вегетации 2024 года (гидротермический коэффициент ГТК – 0,71), прибавка урожая зерна на удобренном фоне по сравнению с контролем по сорту Хаят составила 0,2 т/га, по сорту Альварис – 0,65 т/га, более благоприятном по метеоусловиям в 2025 году 0,78-1,11 т/га соответственно. Установлено, что сорта яровой пшеницы Альварис, Бурлак и Экада 214 проявляют наибольшую отзывчивость на минеральные удобрения в условиях серой лесной почвы, обеспечивает не только прибавку урожая до 0,88 т/га, но и улучшение качества зерна, которое соответствует 3 классу по ГОСТ Р52554-2006.

**Ключевые слова:** яровая пшеница (*Triticum aestivum*), сорт, фон питания, урожай, белок, клейковина.

**Для цитирования:** Роль сорта и фона минерального питания при возделывании высоких урожаев яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) на серой лесной почве Предкамской зоны Республики Татарстан / Ф.Ш. Шайхутдинов, И.М. Сержанов, Р.И. Гараев, И.З. Ногуманов, А.Р. Сержанова // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2026. 1(17). С. 46-51 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-46-51>

**Введение.** При сопоставлении урожаев, полученных на госсортоучастках и в производственных условиях видно, какие резервы имеются для повышения урожая яровой пшеницы. В одном и этом же районе урожай этой культуры на сортоучастках получают вдвое больше, чем в хозяйствах [1, 2, 3].

В последние годы внедряются новые интенсивные сорта мягкой яровой пшеницы, которые призваны сыграть важную роль в увеличении производства зерна. Однако, приемы повышения урожайности и улучшения качества зерна этих сортов изучено недостаточно [4, 5, 6].

Агротехника выращивания яровой пшеницы в засушливых условиях среднего Поволжья должна сводиться в основном к улучшению влагообеспеченности весенне-летний период и регулированию питательного режима минеральными удобрениями [7, 8, 9].

В связи с расширением посевных площадей яровой пшеницы и большим разнообразием почвенно-климатических условий вопрос о подборе сортов, предшественников и разработке правильной системы агротехники для каждой зоны является неременным условием получения высоких урожаев этой ценной продовольственной культуры [10, 11, 12].

Основной задачей сельскохозяйственного производства является не только повышение урожайности яровой пшеницы, но и значительное улучшение его качества [13, 14, 15].

При хорошей агротехнике сорта яровой пшеницы дают зерно с высокими технологическими и хлебопекарными качествами [16].

Между тем результаты обследования многих партий зерна на основных хлебоприемных пунктах региона показывают, что заготавливаемое государством зерно по качеству не всегда отвечает требованиям стандартов. Определенное влияние на качество продукции оказывают погодно-климатические условия в период вегетации пшеницы. Практика передовых хозяйств и научные исследования свидетельствуют о том, что при высокой культуре земледелия можно получать урожаи пшеницы с высоким качеством [17, 18, 19].

Данные обстоятельства являются важным аргументом необходимости изучения отзывчивости сортов на удобрения в зависимости от их генетического потенциала и метеоусловий вегетационного периода.

Цель исследований – обоснование приемов формирования урожайности различных сортов яровой пшеницы отечественной селекции на различном фоне питания в почвенно-климатических условиях Предкамья Республики Татарстан.

**Условия, материалы и методы.** В течение 2024-2025 годов опыты проводились на полях ООО «Труд» Балтасинского муниципального района Республики Татарстан с шестью сортами яровой пшеницы, включенными в госреестр по 7 региону Российской Федерации. Почвы под опытами среднесуглинистыми серо-лесные. В агрохимическом отношении пахотный слой почвы по годам опыта характеризовался следующими показателями:  $pH_{сол.}$  – от 5,0 до 5,5; гумуса (по Тюрину) – от 3,0 до 3,2%;  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Кирсанову)

соответственно от 66,0 до 73,0 и от 98,0 до 102,0 мг/кг. Агрохимические свойства почв были определены в татарском филиале ФГБУ «Агрохимическая служба России» общепринятыми методами в агрохимической службе: ГОСТ 26213-91 (содержание гумуса), ГОСТ 26207-91 (подвижных форм фосфора и обменного калия), ГОСТ 26484-85 (рН<sub>сол.</sub>).

Опыты закладывали по методике конкурсного сортоиспытания. Проводились фенологические наблюдения, подсчеты густоты стояния растений [20]. Ежегодно после уборки проводился физический анализ зерна по определению содержания белка (ГОСТ10846-91), массовой доли клейковины (ГОСТ Р544478-2011), натуры зерна (ГОСТ 10840-2017).

Статистическая обработка полученных данных проведена по Б.А. Доспехову, 1985. – 351 с.

Схема опыта включала два фактора: А – фон питания (без удобрений – контроль); удобренный фон – доза удобрений на 4 т зерна с 1 га N<sub>123</sub>P<sub>130</sub>K<sub>89</sub> кг/д.в., которые вносились под предпосевную культивацию. На каждом фоне питания испытывались 6 сортов яровой мягкой пшеницы (сорт Йолдыз – стандарт; Альварис; Бурлак; Хаят; Ульяновская 105 и Экада 214 (фактор В)).

В опытах применяли аммиачную селитру, двойной суперфосфат и калийную соль. Площадь учетных делянок – 130 м<sup>2</sup> при четырехкратной повторности, расположение делянок рендомизированное. Опыты размещались в севообороте по предшественнику озимая пшеница, после чистого пара. Агротехника включала в себя лущение стерни, отвальная вспашка, закрытие влаги путем боронования и предпосевная культивация на глубину 6 см. Посев

проводился сеялкой СЗ-3,6 обычным рядовым способом с нормой высева 6 млн. всхожих семян на гектар для всех изучаемых сортов. Уборка опытов проводилась поделочно при полной спелости зерна комбайном Дон-1500.

Во время вегетации яровой пшеницы в 2024 году общее количество выпавших осадков составило 68,3 мм, что на 56,5% меньше средне-многолетних значений. Среднесуточная температура воздуха в мае составила 11,8°C, что на 2,2°C ниже средних значений, в июне 21,7°C, выше на 3,4°C среднемноголетних данных и в июле – 21,8°C с превышением на 1,3°C средних значений. Среднее значение гидротермического коэффициента (ГТК за вегетацию составил 0,71).

Весна 2025 года была необычайно ранней и теплой. Летний период отличался обилием осадков, за май-август выпало 289 мм, на 67 мм больше средних значений и что очень важно, в период налива зерна сложился оптимальный режим температуры 21,7°C и осадков 14 мм. Среднее значение ГТК за вегетацию составило 1,51.

**Результаты и обсуждения.** Погодно-климатических условиях вегетации 2024 года эффективность минеральных удобрений значительна и урожайность различных сортов яровой пшеницы колебалась в диапазоне от 2,30 т/га у сорта Хаят до 2,89 т/га у сорта Альварис, что на 0,2-0,65 т/га больше, чем на контроле. Более благоприятном по метеусловиям в 2025 году урожайность у изучаемых сортов колебалась в пределах 3,92 т/га у сорта стандарта Йолдыз и 4,69 т/га у сорта Альварис. Превышение прибавки урожая по сравнению с безудобренным фоном составила 0,78-1,11 т/га (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние уровня питания на урожай разных сортов яровой мягкой пшеницы

| Уровень питания (А)          | Сорта (В)         | Урожай, т/га |         |                   | Прибавка, т/га |                    |
|------------------------------|-------------------|--------------|---------|-------------------|----------------|--------------------|
|                              |                   | 2024 г.      | 2025 г. | среднее за 2 года | от удобрений   | от сорта стандарта |
| Без удобрений (контроль)     | Йолдыз (стандарт) | 2,09         | 3,14    | 2,62              | -              | -                  |
|                              | Альварис          | 2,24         | 3,58    | 2,91              | -              | 0,29               |
|                              | Бурлак            | 2,17         | 3,39    | 2,78              | -              | 0,16               |
|                              | Хаят              | 2,10         | 3,12    | 2,61              | -              | -                  |
|                              | Ульяновская 105   | 2,14         | 3,26    | 2,70              | -              | 0,08               |
|                              | Экада 214         | 2,21         | 3,43    | 2,82              | -              | 0,20               |
| НРК расчет на 4 т зерна с га | Йолдыз (стандарт) | 2,33         | 3,92    | 3,13              | 0,51           | -                  |
|                              | Альварис          | 2,89         | 4,69    | 3,79              | 0,88           | 0,66               |
|                              | Бурлак            | 2,78         | 4,37    | 3,56              | 0,78           | 0,49               |
|                              | Хаят              | 2,30         | 4,09    | 3,20              | 0,59           | 0,07               |
|                              | Ульяновская 105   | 2,53         | 4,24    | 3,39              | 0,69           | 0,26               |
|                              | Экада 214         | 2,68         | 4,55    | 3,62              | 0,80           | 0,49               |
| НСР <sub>05</sub>            | А                 | 0,015        | 0,03    |                   |                |                    |
|                              | В                 | 0,016        | 0,08    |                   |                |                    |
|                              | АВ                | 0,016        | 0,08    |                   |                |                    |

В годы исследований на урожай яровой пшеницы большое влияние оказали удобрения. Даже при засушливой погоде, летом в 2024 году урожай яровой пшеницы на удобренном фоне варьировал по сортам

в диапазоне 2,33-2,89 т/га, что на 0,24-0,65 т больше чем на контроле. В среднем за два года (2024-2025 года) на серой лесной почве наивысший урожай зерна – 3,62-3,79 т/га получен при внесении

удобрений из расчета  $N_{123}P_{130}K_{89}$  кг действующего вещества на гектар. Прибавка урожая зерна от использования удобрений варьировала по сортам в пределах 0,51-0,88 т/га. Значительную прибавку урожая по сравнению сортом Йолдыз (стандарт) на удобренном фоне обеспечили сорта Альварис – 0,37 т/га, Экада 214 – 0,29 т/га и Бурлак – 0,27 т/га.

Изучаемые сорта в опыте показали, что они имеют разную реакцию на изменение уровня питания. На естественном

фоне более урожайными оказались сорт Бурлак – 2,78 т/га, прибавка к сорту стандарт – 0,16 т/га, Экада 214 – 2,82 т/га, прибавка – 0,20 т/га и Альварис – 2,9 т/га и прибавка – 0,29 т/га. На фоне с удобрениями – 3,56; 3,62 и 3,79 т/га и прибавка – 0,49 – 0,66 т/га соответственно.

Эффективность минеральных удобрений определяется не только прибавками урожая, получаемых от их внесения, но и действием последних на технологические показатели качества зерна (табл. 2).

Таблица 2 – Качество зерна различных сортов яровой мягкой пшеницы от внесения минеральных удобрений (среднее за 2024-2025 годы, ООО «Труд» Балтасинского района Республики Татарстан)

| Уровень питания (А)          | Сорта (В)         | Натура (г/л) | Содержание белка, % | Массовая доля клейковины, % | Качество клейковины       |                                   |
|------------------------------|-------------------|--------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
|                              |                   |              |                     |                             | по единице прибора ИДК-1М | группа качества по прибору ИДК-1М |
| Без удобрений (контроль)     | Йолдыз (стандарт) | 738          | 12,6                | 21,2                        | 85                        | II                                |
|                              | Альварис          | 744          | 13,0                | 20,9                        | 86                        | II                                |
|                              | Бурлак            | 745          | 12,4                | 22,0                        | 82                        | II                                |
|                              | Хаят              | 740          | 12,1                | 20,7                        | 88                        | II                                |
|                              | Ульяновская 105   | 742          | 12,9                | 22,4                        | 79                        | II                                |
|                              | Экада 214         | 745          | 13,4                | 22,7                        | 80                        | II                                |
| NPK расчет на 4 т зерна с га | Йолдыз (стандарт) | 741          | 12,9                | 23,4                        | 83                        | II                                |
|                              | Альварис          | 747          | 13,5                | 22,6                        | 86                        | II                                |
|                              | Бурлак            | 748          | 12,7                | 24,1                        | 80                        | II                                |
|                              | Хаят              | 743          | 12,4                | 21,5                        | 86                        | II                                |
|                              | Ульяновская 105   | 745          | 13,3                | 24,9                        | 79                        | II                                |
|                              | Экада 214         | 748          | 13,7                | 25,2                        | 79                        | II                                |
| HCP <sub>05</sub>            | A                 | 2,189        | 0,320               | 0,339                       |                           |                                   |
|                              | B                 | 2,102        | 0,214               | 0,238                       |                           |                                   |
|                              | AB                | 2,102        | 0,214               | 0,238                       |                           |                                   |

Результаты исследований технологических свойств яровой пшеницы на светло-серой лесной почве показали, что минеральные удобрения, на всех испытывавшихся сортах оказывают влияние на натуральный вес, на содержание массовой доли сырой клейковины и белка в зерне.

Натуральный вес зерна у испытываемых сортов от применения удобрений изменялся незначительно. Более высокие показатели натуры зерна на удобренном варианте имели такие сорта, как Альварис – 747 г/л, Бурлак и Экада 214-748 г/л, что на 6-7 г/л больше, чем у стандартного сорта Йолдыз.

Лучший результат по содержанию белка был получен у сорта Экада 214 – 13,4% на неудобренном и 13,7 % на удобренном варианте, что на 0,8% больше по сравнению со стандартом. Сравнительно лучший показатель, чем у стандартного сорта, по содержанию белка в зерне имели сорта Ульяновская 105 и Альварис – 13,3-13,5% или на 0,4-0,6% больше контроля (без удобрений).

Применение удобрений повысило содержание в зерне массовой доли клейковины на 0,8-2,5% по сравнению с контролем. Среди изучаемых сортов более высокое содержание клейковины на обоих фонах питания были отмечены у сорта Ульяновская 105 (22,4-24,9%) и Экада 214 (22,7-25,2%), что на 1,2-1,5 и 1,5-1,8% больше стандартного сорта Йолдыз.

**Выводы.** В условиях серой лесной почвы Предкамской зоны Республики Татарстан изменение фона питания позволило выявить разную реакцию сортов на удобрения. Более отзывчивыми на внесение минеральных удобрений оказались сорта Бурлак – прибавка 0,78 т/га, Экада 214 – 0,80 т/га и Альварис – 0,88 т/га, что на 0,27; 0,29 и 0,37 т/га больше, чем у стандартного сорта Йолдыз.

Среди испытываемых в эксперименте сортов яровой пшеницы, при возделывании на удобренном фоне соответствовали 3 классу по ГОСТ Р 52554-2006 такие сорта как Бурлак, Ульяновская 105 и Экада 214.

#### Литература

1. Оценка сортообразцов яровой мягкой пшеницы по показателям качества зерна в изменяющихся условиях Средневолжского региона / Т.Ю. Таранова, С.Е. Роменская, Е.А. Демина, А.И. Кинчаров // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 2(74). С. 25-31. doi: 10.12737/2073-0462-2024-25-31. EDN CPKVJW.
2. Лукманова А.А., Кадырова Ф.З., Сафин Р.И. Оценка пригодности различных сортов яровой пшеницы для карбонового земледелия // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 1 (5). С. 27 - 33.

doi: 10.12737/2782-490X-2023-27-33. EDN FNJXBP.

3. Отзывчивость сортов пшеницы полбы на расчетные дозы и сочетание макроэлементов в условиях Предкамья Республики Татарстан / М.Ф. Амиров, П.Г. Семенов, Г.С. Миннуллин, М.Ю. Гилязов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 2(74). С. 5-11. doi: 10.12737/2073-0462-2024-5-11. EDN BCDULE.

4. Влияние элементов технологии на урожайность и качество зерна яровой пшеницы на черноземных почвах Предволжья Республики Татарстан / И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов, А.Р. Сержанова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 3(67). С. 36-44. doi: 10.12737/2073-0462-2022-38-46. EDN DOSDMW.

5. Качество зерна сортов яровой пшеницы в связи с применением минеральных удобрений и защиты растений в условиях Предволжья Республики Татарстан / Р.Р. Залялов, И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов [и др.] // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 3(3). С. 33-37. doi: 10.12737/2782-490X-2022-33-37. EDN LCUNJY.

6. Продуктивность и адаптивность сортов яровой пшеницы компании KBC в условиях Предкамья Республики Татарстан / М.Ф. Амиров, Р.И. Гараев, А.В. Желтухин, П. Г. Семенов // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 3(3). С. 12-19. doi: 10.12737/2782-490X-2022-12-19. EDN SVHPXK.

7. Сабитов М. М. Влияние предпосевной обработки почвы на урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 3(67). С. 31-35. doi: 10.12737/2073-0462-2022-32-37. EDN BDEUTT.

8. Сравнительная продуктивность различных видов яровой пшеницы на серой лесной почве Республики Татарстан / П. Г. Семенов, М. Ф. Амиров, И. М. Сержанов [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2. С. 12-20. doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-2-12-20. EDN KCMGSK.

9. Совершенствование системы обработки почвы в агроландшафтах среднего Поволжья / Р. В. Миникаев, Ф. Ш. Шайхутдинов, И. Г. Манюкова [и др.]. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. 400 с. ISBN 978-5-6044926-7-3. EDN DVNNLS.

10. Агрохимические факторы интенсификации земледелия и калийный режим почв Предволжья Республики Татарстан / А. А. Лукманов, М. Ю. Гилязов, Р. М. Гайнуллин [и др.] // Агрохимический вестник. 2025. № 1. С. 44-49. doi: 10.24412/1029-2551-2025-1-009. EDN LCLVHK.

11. 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. doi: 10.12737/2073-0462-2023-38-44. EDN HNZXKC.

12. Сабитов М. М., Науметов Р. В. Влияние засоренности посевов овсягом и осотом желтым на урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1 (79). С. 70-76. doi: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-70-76. EDN YMZNLC.

13. Эффективность азотных удобрений при возделывании яровой пшеницы на супесчаных почвах / П.В. Лекомцев, Т.С. Рутковская, А.В. Пасынков, Ю.В. Хомяков // Плодородие. 2022. № 1(124). С. 9-13. doi: 10.25680/S19948603.2022.124.03. EDN VMXJCU.

14. Давлятшин И. Д., Лукманов А.А. Агрохимические факторы, атмосферные осадки и урожайность яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья (на примере Пестречинского муниципального района Республики Татарстан). Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2016. 198 с. ISBN 978-5-00019-746-2. EDN RLCKVQ.

15. Давлятшин И.Д., Миникаев Р.В., Сайфиева Г.С. Связь между элементами питания и урожайностью яровой пшеницы // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 3. С. 8-11. EDN RATNNJ.

16. Система земледелия Республики Татарстан / А.Р. Валиев, И.Х. Габдрахманов, Р. И. Сафин, Б. Г. Зиганшин. Том Часть 3. Казань: ООО «Центр инновационных технологий», 2014. 280 с. EDN GQOYHV.

17. Продуктивность и показатели качества зерна озимой пшеницы при разных схемах применения микроудобрений и стимуляторов роста в условиях среднего Поволжья / В.Н. Фомин, А.М. Козин, И.И. Мардиев, Р.Г. Хуснутдинов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 4(68). С. 56-62. doi: 10.12737/2073-0462-2023-56-62. EDN QVBVTY.

18. Microfertilizer Mixture Megamix Application On Spring Wheat / V. G. Vasin, A. N. Burunov, A. V. Vasin [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9, No. 5. P. 1248-1260. EDN UXJFRA.

19. Quality of wheat grains harvested with different moisture contents and stored in hermetic and conventional system / MA Scariot, LL Radünz, RG Dionello, JR Toni // Journal of Stored Products Research. 2018. Vol. 75. P.29-37. doi: 10.1016/j.jspr.2017.11.005.

20. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Госсорткомиссия, 2019. Вып.1. 329 с.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

#### Сведения об авторах:

Шайхутдинов Фарит Шарипович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства и плодоовощеводства, e-mail: faritshay@kazgau.com, <https://orcid.org/0009-0006-1423-4846>

Сержанов Игорь Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства и плодоовощеводства, директор Института агробиотехнологии и землепользования, e-mail: igor.serzhanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1758-0622>

Гараев Разиль Ильсурович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и плодоовощеводства, e-mail: rass112@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-7774-6553>

Ногуманов Ильяс Захитович – аспирант, e-mail: zakhitovich99@mail.ru

Сержанова Альбина Рафаиловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: serzhanovaalbina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7468-5423>  
Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

# THE ROLE OF VARIETY AND MINERAL NUTRITION BACKGROUND IN HIGH-YIELD CULTIVATION OF SPRING SOFT WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM*) ON GRAY FOREST SOIL OF KAMA ZONE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

F. Sh. Shaykhutdinov, I. M. Serzhanov, R. I. Garaev, I. Z. Nogumanov, A. R. Serzhanova

**Abstract.** The article presents the results of research (2024-2025) to identify the role of variety and mineral nutrition in obtaining high grain yields of spring wheat suitable for breadmaking. Objects of study were spring soft wheat varieties of domestic selection zoned in the Republic of Tatarstan. Yoldyz variety (standard); Alvaris; Burlak; Khayat; Ulyanovskaya 105 and Ekada 214. The experimental scheme included two factors: A – nutrition background (without fertilizers – control), fertilized background – N123P130K89 kg/active ingredient calculated for 4 tons of grain per 1 ha; factor B – the above-mentioned spring wheat varieties were tested on each nutrition background. Gray forest soil with a humus content of 3.0-3.2% (according to Tyurin), mobile phosphorus 66.0-73.0 and exchangeable potassium 98.0-102.0 mg/kg of soil (according to Kirsanov), pHsalt - 5.0-5.5. In 2024 growing season conditions (hydrothermal coefficient (HTC) of 0.71), the grain yield increase under fertilized conditions compared to the control was 0.2 t/ha for Khayat variety, 0.65 t/ha for the Alvaris variety and 0.78-1.11 t/ha, respectively, under more favorable weather conditions in 2025. It was found that spring wheat varieties Alvaris, Burlak and Ekada 214 exhibit the greatest responsiveness to mineral fertilizers in gray forest soil conditions, providing not only a yield increase of up to 0.88 t/ha, but also improved grain quality, which corresponds to Class 3 according to GOST R 52554-2006.

**Key words:** spring wheat (*Triticum aestivum*), variety, nutritional background, yield, protein, gluten.

**For citation:** The role of variety and mineral nutrition background in high-yield cultivation of spring soft wheat (*Triticum aestivum*) on gray forest soil of Kama zone of the Republic of Tatarstan. Shaykhutdinov F.Sh., Serzhanov I.M., Garaev R.I., Nogumanov I.Z., Serzhanova A.R. Agrobiotechnologies and digital farming 2026; 1(17). 46-51 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-46-51>

## References

1. Taranova TYu, Romenskaya SE, Demina EA, Kincharov AI. [Evaluation of spring soft wheat varieties by grain quality indicators under changing conditions of Middle Volga region]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.19. 2(74). 25-31 p. doi: 10.12737/2073-0462-2024-25-31. EDN CPKVJW.
2. Lukmanova AA, Kadyrova FZ, Safin RI. [Evaluation of the suitability of different spring wheat varieties for carbon farming]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2023; 1(5). 27-33 p. doi: 10.12737/2782-490X-2023-27-33. EDN FNJXBP.
3. Amirov MF, Semenov PG, Minnullin GS, Gilyazov MYu. [Responsiveness of emmer wheat varieties to calculated doses and combination of macronutrients in the conditions of Kama region of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.19. 2(74). 5-11 p. doi: 10.12737/2073-0462-2024-5-11. EDN BCDULE.
4. Serzhanov IM, Shaykhutdinov FSh, Serzhanova AR. [Influence of technological elements on the yield and grain quality of spring wheat on chernozem soils of Volga region of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 3(67). 36-44 p. doi: 10.12737/2073-0462-2022-38-46. EDN DOSDMW.
5. Zalyalov RR, Serzhanov IM, Shaykhutdinov FSh. [Grain quality of spring wheat varieties in connection with the use of mineral fertilizers and plant protection in the conditions of Volga region of the Republic of Tatarstan]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2022; 3(3). 33-37 p. doi: 10.12737/2782-490X-2022-33-37. EDN LCUNJY.
6. Amirov MF, Garaev RI, Zheltukhin AV, Semenov PG. [Productivity and adaptability of KVS spring wheat varieties in the conditions of Kama region of the Republic of Tatarstan]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2022; 3(3). 12-19 p. doi: 10.12737/2782-490X-2022-12-19. EDN SVHPXK.
7. Sabitov MM. [Effect of pre-sowing soil cultivation on the yield of spring wheat in the forest-steppe of Volga region]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 3(67). 31-35 p. doi: 10.12737/2073-0462-2022-32-37. EDN BDEUTT.
8. Semenov PG, Amirov MF, Serzhanov IM. [Comparative productivity of different types of spring wheat on gray forest soil of the Republic of Tatarstan]. Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2024; 2. 12-20 p. doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-2-12-20. EDN KCMGSK.
9. Minikaev RV, Shaykhutdinov FSh, Manyukova IG. Sovershenstvovanie sistemy obrabotki pochvy v agrolandshaftakh srednego Povolzhya. [Improving the soil cultivation system in agro-landscapes of Middle Volga region]. Kazanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 2021; 400 p. ISBN 978-5-6044926-7-3. EDN DVNNSL.
10. Lukmanov AA, Gilyazov MYu, Gaynullin RM. [Agrochemical factors of intensification of agriculture and potassium regime of soils in Volga region of the Republic of Tatarstan]. Agrokhimicheskiy vestnik. 2025; 1. 44-49 p. doi: 10.24412/1029-2551-2025-1-009. EDN LCLVHK.
11. Serzhanova AR, Gilyazov MYu, Shaykhutdinov FSh. [Changes in thermal resources during the growing season and yield of spring wheat in the conditions of Middle Volga region]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 1(69). 38-44 p. doi: 10.12737/2073-0462-2023-38-44. EDN HNZXKC.
12. Sabitov MM, Naumetov RV. [Influence of crops' contamination by wild oat and yellow sow on spring wheat productivity in the forest-steppe conditions of Middle Volga region]. Zernovoe khozyaystvo Rossii. 2022; 1(79). 70-76 p. doi: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-70-76. EDN YMNZLC.
13. Lekomtsev PV, Rutkovskaya TS, Pasyukov AV, Khomyakov YuV. [Efficiency of nitrogen fertilizers in spring wheat cultivation on sandy loam soils]. Plodородie. 2022; 1(124). 9-13 p. doi: 10.25680/S19948603.2022.124.03. EDN VMXJCU.
14. Davlyatshin ID, Lukmanov AA. Agrokhimicheskie faktory, atmosferynye osadki i urozhainost yarovoy pshenitsy v lesostepi Srednego Povolzhya (na primere Pestrechinskogo munitsipalnogo rayona Respubliki Tatarstan). [Agrochemical factors, precipitation and spring wheat yield in the forest-steppe of Middle Volga region (on the example of the Pestrechinskiy municipal district of the Republic of Tatarstan)]. Kazan: Kazanskiy (Privolzhskiy) federalnyy universitet. 2016; 198 p. ISBN 978-5-00019-746-2. EDN RLCKVQ.
15. Davlyatshin ID, Minikaev RV, Sayfiyeva GS. [Relationship between nutrients and spring wheat yield]. Vestnik Rossiyskoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk. 2012; 3. 8-11 p. EDN PATNNJ.

16. Valiev AR, Gabdrakhmanov IKh, Safin RI, Ziganshin BG. Sistema zemledeliya Respubliki Tatarstan. [Agriculture system of the Republic of Tatarstan]. Vol.3. Kazan: OOO Tsentri innovatsionnykh tekhnologiy. 2014; 280 p. EDN GQOYHV.
17. Fomin VN, Kozin AM, Mardiev II, Khusnutdinov RG. [Productivity and grain quality indicators of winter wheat with different schemes of microfertilizers and growth stimulants application in the conditions of Middle Volga region]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 4(68). 56-62 p. doi: 10.12737/2073-0462-2023-56-62. EDN QVBVTY.
18. Vasin VG, Burunov AN, Vasin AV. Microfertilizer mixture Megamix application on spring wheat. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018; Vol.9. No.5. 1248-1260 p. EDN UXJFRA.
19. Scariot MA, Radunz LL, Dionello RG, Toni JR. Quality of wheat grains harvested with different moisture contents and stored in hermetic and conventional system. Journal of Stored Products Research. 2018; Vol.75. 29-37 p. doi: 10.1016/j.jspr.2017.11.005.
20. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kultur. [Methodology for state variety testing of agricultural crops]. Moscow: Gosortkomissiya. 2019; issue 1. 329 p.

#### Conflict of interests

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

#### Authors:

Shaykhutdinov Farit Sharipovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Plant Growing and Horticulture Department, e-mail: faritshay@kazgau.com, <https://orcid.org/0009-0006-1423-4846>  
 Serzhanov Igor Mikhaylovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Plant Growing and Horticulture Department, Director of Institute of Agrobiotechnology and Land Management, e-mail: igor.serzhanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1758-0622>  
 Garaev Razil Ilsurovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Plant Growing and Horticulture Department, e-mail: rass112@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-7774-6553>  
 Nogumanov Ilyas Zakhitovich – post-graduate student, e-mail: zakhitovich99@mail.ru  
 Serzhanova Albina Rafailevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: serzhanovaalbina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7468-5423>  
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

# ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БИОСТИМУЛЯТОРОВ В ОТКОРМЕ ГОЛШТИНСКИХ БЫЧКОВ

Е. В. Егорова, Е. П. Симурзина, В. Г. Семенов

**Резюме.** Цель данного исследования – оценить влияние биостимулятора FortiGest и пробиотика BIOXYMIN IFEED на мясную продуктивность голштинских бычков. Исследование проведено с 2024 по 2025 года на базе АО «Чурачикское». Сформированы 4 группы голштинских бычков по 10 голов: контрольная, 1-я (FortiGest), 2-я (BIOXYMIN IFEED), 3-я (FortiGest+BIOXYMIN IFEED) опытные. FortiGest вводили внутримышечно трехкратно по 3,0 мл, BIOXYMIN IFEED – ежедневно с рационом по 15 г/гол. Наблюдение велось с рождения до убоя (14 мес.), оценивались зоотехнические и убойные характеристики. Комплексное применение FortiGest и BIOXYMIN IFEED (3-я группа) значительно улучшило мясную продуктивность. Убойная масса бычков 3-й группы составила 254,42 кг, на 15,49 кг (6,48%,  $P<0,001$ ) превысив контроль, при убойном выходе 52,72% (+1,4%). Масса охлажденной туши достигла 242,10 кг (+14,5 кг, 6,4%,  $P<0,01$ ). Масса мякоти увеличилась до 194,20 кг (+15,2 кг, 8,5%,  $P<0,01$ ), ее выход составил 80,25% (контроль 78,67%), при этом масса мякоти высшего сорта достигла 46,8 кг (+15,84%,  $P<0,01$ ), первого сорта – 98,9 кг (+15,13%). Индекс мясности вырос до 4,63 (контроль 4,41,  $P<0,05$ ). Отмечен рост массы ценных отрубов: спинногрудного на 6,22 кг (+9,13%), поясничного на 3,37 кг (+14,63%), тазобедренного на 5,70 кг (+7,67%). Применение FortiGest и BIOXYMIN IFEED эффективно повышает мясную продуктивность голштинских бычков, улучшая убойные качества, морфологический состав туш и сортность мякоти.

**Ключевые слова:** бычки, голштинская порода, биостимулятор, пробиотик, мясная продуктивность, убойные качества, морфологический состав туш, сортность мякоти.

**Для цитирования:** Егорова Е.В., Симурзина Е.П., Семенов В.Г. Применение отечественных биостимуляторов в откорме голштинских бычков // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2026. 1(17). С. 52-57 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-52-57>

**Введение.** Ежегодно возрастает роль молочных пород в обеспечении мясного рынка качественным сырьем. Несмотря на узкую молочную специализацию, голштинский скот обладает значительным генетическим потенциалом для производства говядины, что подтверждается многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых [1, 2, 3]. В условиях интенсификации производства изучение химического состава и физико-химических свойств мяса данного генотипа становится приоритетной задачей для оценки его биологической и пищевой ценности.

В последние два десятилетия вклад быков молочных пород в общее производство говядины значительно возрос, увеличившись с 5% до 17%. Эта тенденция обусловлена, с одной стороны, сокращением поголовья мясных коров, а с другой – расширенным применением сексированной спермы молочных пород, что позволяет получать генетически превосходных ремонтных телок от лучших молочных коров [4, 5, 6].

Использование молочного скота для производства говядины сопряжено как с уникальными возможностями, так и с определенными трудностями по сравнению с откормом мясных пород. «Молочные» быки демонстрируют предсказуемые и однородные показатели откорма (среднесуточный прирост, потребление сухого вещества, конверсия корма) и в среднем обладают более желательными характеристиками по сравнению с мясными быками [7, 8, 9]. Однако их туши характеризуются более

низким убойным выходом и на 2-12% меньшим выходом красного мяса. Это объясняется более высоким соотношением костей к мышцам, большим объемом внутреннего жира, размером органов и массой желудочно-кишечного тракта. Кроме того, особенности туш молочных пород (например, более длинные туши голштинских быков или меньший вес туш джерсейских быков) могут создавать технологические сложности для мясоперерабатывающей промышленности [10, 11, 12].

В связи с этим на некоторых молочных фермах активно внедряются стратегии скрещивания мясных пород с молочными, что позволяет увеличить доход от продажи телят и потенциально повысить общий объем производства говядины в молочном стаде [13, 14]. Однако эта альтернативная модель производства говядины из молочного стада сопряжена с определенными трудностями и пока демонстрирует неоднозначные результаты. Успех внедрения скрещивания мясных и молочных пород будет зависеть от тщательного отбора мясных производителей, обладающих такими качествами, как легкость отела, высокие темпы роста, развитая мускулатура и хорошая мраморность, которые будут эффективно дополнять генетический потенциал молочных пород в контексте производства говядины [15, 16, 17].

Современные исследования в области ветеринарной фармакологии и кормления животных активно исследуют возможности применения биопрепаратов и кормовых добавок для улучшения продуктивных

показателей. Биостимуляторы, являясь натуральными или синтетическими веществами, способными активировать физиологические процессы в организме, могут оказывать положительное влияние на обмен веществ, усвояемость кормов, иммунный статус и, как следствие, на скорость роста и мясные качества животных [18, 19, 20].

Цель настоящей работы – оценка влияния отечественного биостимулятора FortiGest и пробиотика BIOXYMIN IFEED на мясную продуктивность голштинских бычков.

**Условия, материалы и методы.** Исследование проведено в период с мая 2024 по август 2025 года в условиях ведущего скотоводческого предприятия АО «Чурачикское» Чебоксарского муниципального округа Чувашской Республики. Для проведения эксперимента были сформированы 4 группы бычков голштинской породы по 10 голов в каждой: контрольная (без биопрепарата и пробиотика), 1-я опытная (FortiGest), 2-я опытная (BIOXYMIN IFEED), 3-я опытная (FortiGest+ BIOXYMIN IFEED). Препарат FortiGest вводили внутримышечно по 3,0 мл трехкратно на 1-3, 13-15 и 28-30 сутки жизни, пробиотик BIOXYMIN IFEED вводился в рацион из расчета по 15 г/гол. Наблюдение вели с рождения до убоя (14 мес.).

Оценка зоотехнических показателей включала ежемесячное взвешивание для определения динамики живой массы и среднесуточного прироста. Линейный рост и особенности телосложения изучались по экстерьерным промерам: мерной палкой Лидтина измеряли высоту в холке, ширину и

глубину груди, косую длину туловища, ширину зада в маклоках; мерной лентой – обхваты груди и пясти. Оценку мясного потенциала и убойных характеристик бычков проводили контрольным убоем (по 10 голов из каждой группы) на 420 сутки по стандартным протоколам. Фиксировали предубойную живую массу, вес парных и охлажденных туш, относительный и убойный выход. После 24-часового охлаждения туши взвешивали и обваливали, определяя содержание мякоти, жира, костей, сухожилий, а также индекс мясности и выход мякоти на 100 кг живого веса. Дополнительно была проведена анатомическая разделка туш на пять основных отрубов (шейный, плечелопаточный, спиногрудной, поясничный и тазобедренный) с последующим анализом их весовых характеристик и сортового состава.

Весь полученный цифровой материал подвергался статистической обработке методом вариационной статистики для определения достоверности различий между сравниваемыми показателями ( $P < 0,05-0,001$ ) с использованием программного комплекса Microsoft Office Excel (по программе А. Гунина).

**Результаты и обсуждения.** Анализ контрольного убоя голштинских бычков (табл. 1) выявил значительное превосходство опытных групп над контрольной по всем ключевым параметрам, особенно в 3-й группе, получавшей FortiGest и пробиотик BIOXYMIN IFEED.

Таблица 1 – Показатели контрольного убоя бычков

| Показатель                           | Подопытные группы  |                              |                               |                                   |
|--------------------------------------|--------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
|                                      | контрольная группа | 1-я опытная группа FortiGest | 2-я опытная группа Про-биотик | 3-я опытная FortiGest + Пробиотик |
| Живая масса при снятии с откорма, кг | 478,5±3,87         | 486,3±3,57                   | 484,6±7,73                    | 493,4±4,08*                       |
| Предубойная живая масса, кг          | 465,6±2,51         | 475,7±3,43*                  | 472,2±7,81                    | 482,5±3,97**                      |
| Масса парной туши, кг                | 231,5±1,53         | 236,3±2,35                   | 238,2±5,14                    | 246,4±2,83**                      |
| Выход туши, %                        | 49,72              | 49,67                        | 50,42                         | 51,06                             |
| Масса внутреннего жира, кг           | 7,43±0,19          | 7,71±0,22                    | 8,10±0,31                     | 8,02±0,18*                        |
| Убойная масса, кг                    | 238,9±1,44         | 244,0±2,36                   | 246,3±5,03                    | 254,4±2,92***                     |
| Убойный выход, %                     | 51,32              | 51,29                        | 52,14                         | 52,72                             |

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$

Масса парной туши достигла 246,4 кг, что на 14,9 кг (6,44%,  $P < 0,01$ ) больше, чем в контроле, с увеличением выхода туши до 51,06% (+1,34%). Масса внутреннего жира также значительно возросла в 3-й группе до 8,02 кг (+0,59 кг, 7,94%,  $P < 0,05$ ), что указывает на улучшение энергетического обмена. Общая убойная масса в 3-й группе составила 254,42 кг (+15,49 кг, 6,48%,  $P < 0,001$ ), а убойный выход – 52,72% (+1,4%). Этот синергетический эффект FortiGest и пробиотика, улучшающих обмен веществ и микрофлору кишечника, значительно повышает мясные качества

бычков, обеспечивая тяжеловесные туши и высокий убойный выход.

В таблице 2 приведены результаты определения морфологического состава туш. Масса охлажденной туши в контрольной группе составляла 227,60±1,38 кг. Применение FortiGest или пробиотика по отдельности увеличило массу туши, но без статистической значимости. Однако в третьей группе зафиксировано существенное и статистически достоверное увеличение массы туши до 242,10±2,63 кг ( $P < 0,01$ ), что на 14,5 кг больше, чем в контроле (прирост 6,4%).

Таблица 2 – Морфологический состав туш бычков

| Показатель                                     | Подопытные группы  |                              |                              |                                   |
|------------------------------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
|                                                | контрольная группа | 1-я опытная группа FortiGest | 2-я опытная группа Пробиотик | 3-я опытная FortiGest + Пробиотик |
| Масса охлажденной туши, кг                     | 227,60±1,38        | 232,60±2,36                  | 235,00±4,62                  | 242,10±2,63**                     |
| Масса мякоти, кг                               | 179,00±1,14        | 185,40±1,51**                | 187,80±3,15*                 | 194,20±1,67**                     |
| Выход мякоти, %                                | 78,67              | 79,75                        | 79,97                        | 80,25                             |
| Масса сухожилий, кг                            | 8,39±0,18          | 8,54±0,15                    | 8,74±0,20                    | 9,02±0,17*                        |
| Выход сухожилий, %                             | 3,69               | 3,68                         | 3,74                         | 3,73                              |
| Масса костей, кг                               | 40,70±0,65         | 41,20±0,42                   | 41,60±0,45                   | 42,00±0,45                        |
| Выход костей, %                                | 17,89              | 17,73                        | 17,75                        | 17,36                             |
| Выход мякоти на 100 кг предубойной живой массы | 38,45±0,30         | 38,99±0,35                   | 39,79±0,40*                  | 40,25±0,24***                     |
| Индекс мясности                                | 4,41±0,07          | 4,51±0,07                    | 4,52±0,07                    | 4,63±0,04*                        |

\* P≤0,05, \*\* P≤0,01, \*\*\* P≤0,001

Масса мякоти в контроле составляла 179,00±1,14 кг. Все опытные группы превзошли контроль, при этом наиболее значительный прирост, достигающий 15,2 кг (+8,5%, P<0,01), наблюдался в третьей группе (194,20±1,67 кг), что указывает на стимулирующее действие добавок на развитие мышечной ткани.

Выход мякоти в процентах от массы туши постепенно возрастает от 78,67% в контроле до 80,25% в третьей группе. Индекс мясности, составлявший 4,41±0,07 в контроле, достоверно вырос в третьей группе до 4,63±0,04 (P<0,05), свидетельствуя о более благоприятном соотношении мышечной и костной

тканей. Аналогичная тенденция прослеживается и в показателе выхода мякоти на 100 кг предубойной живой массы. В контроле этот показатель был равен 38,45±0,30 кг. В третьей группе выход мякоти составил 40,25±0,24 кг (+4,7% относительно контроля, P<0,001), подчеркивая эффективность комбинированного применения добавок.

При этом, в шейном и плечелопаточном отрубях наблюдалась тенденция к незначительному снижению массы (например, шейный отруб в 1-й группе снизился на 0,75 кг, - 3,46%), что может указывать на перераспределение питательных веществ в пользу более ценных сегментов туши (табл. 3).

Таблица 3 – Масса и выход отрубов

| Показатель                   | Подопытные группы  |                              |                              |                                   |
|------------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
|                              | контрольная группа | 1-я опытная группа FortiGest | 2-я опытная группа Пробиотик | 3-я опытная FortiGest + Пробиотик |
| Масса охлажденной туши, кг   | 227,60±1,38        | 232,60±2,36                  | 235,00±4,62                  | 242,10±2,63**                     |
| в том числе отруба:          |                    |                              |                              |                                   |
| <i>Шейный отруб</i>          |                    |                              |                              |                                   |
| кг                           | 21,65±0,46         | 20,90±0,41                   | 21,33±0,43                   | 21,02±0,49                        |
| %                            | 9,51               | 8,98                         | 9,09                         | 8,69                              |
| <i>Плечелопаточный отруб</i> |                    |                              |                              |                                   |
| кг                           | 40,44±0,66         | 39,38±0,51                   | 40,38±0,71                   | 40,28±0,51                        |
| %                            | 17,78              | 16,94                        | 17,23                        | 16,65                             |
| <i>Спиногрудной отруб</i>    |                    |                              |                              |                                   |
| кг                           | 68,12±0,70         | 70,77±0,95*                  | 72,94±0,97**                 | 74,34±0,81**                      |
| %                            | 29,93              | 30,48                        | 31,14                        | 30,74                             |
| <i>Поясничный отруб</i>      |                    |                              |                              |                                   |
| кг                           | 23,03±0,62         | 24,84±0,32*                  | 25,76±0,58**                 | 26,40±0,51**                      |
| %                            | 10,12              | 10,69                        | 10,97                        | 10,91                             |
| <i>Тазобедренный отруб</i>   |                    |                              |                              |                                   |
| кг                           | 74,36±1,78         | 76,71±1,75                   | 74,59±1,96                   | 80,06±1,15*                       |
| %                            | 32,66              | 32,91                        | 31,56                        | 33,01                             |

\* P≤0,05, \*\* P≤0,01, \*\*\* P≤0,001

Наиболее ценные отрубы показали устойчивый и статистически значимый рост. Спиногрудной отруб увеличился на 6,22 кг (+9,13%) в 3-й группе, поясничный – на 3,37 кг (+14,63%). Тазобедренный отруб, один из самых дорогих, продемонстрировал статистически значимый прирост на 5,70 кг (+7,67%) также в 3-й опытной группе.

Применение биостимуляторов оказало

выраженное положительное влияние на мясные качества голштинских бычков (табл. 4). Наиболее значительное улучшение зафиксировано в общей массе мякоти: если в контрольной группе она составляла 179,00 кг, то в 3-й опытной группе (FortiGest + Пробиотик) этот показатель достиг 194,20 кг, что на 15,20 кг (+8,50%) больше.

Таблица 4 – Сортность мякоти туш бычков

| Показатель                     | Подопытные группы  |                              |                              |                                   |
|--------------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
|                                | контрольная группа | 1-я опытная группа FortiGest | 2-я опытная группа Пробиотик | 3-я опытная FortiGest + Пробиотик |
| Масса мякоти, кг               | 179,00±1,14        | 185,40±1,51**                | 187,80±3,15*                 | 194,20±1,67**                     |
| Масса мякоти высшего сорта, кг | 40,4±0,69          | 42,7±0,80*                   | 43,9±0,84**                  | 46,8±0,83**                       |
| Масса мякоти высшего сорта, %  | 22,57              | 23,03                        | 23,44                        | 24,11                             |
| Масса мякоти первого сорта, кг | 85,9±1,10          | 89,6±1,52                    | 92,9±2,07**                  | 98,9±1,60**                       |
| Масса мякоти первого сорта, %  | 47,99              | 48,33                        | 49,46                        | 50,91                             |
| Масса мякоти второго сорта, кг | 52,7±1,17          | 53,1±1,42                    | 51,0±1,92                    | 48,5±1,50*                        |
| Масса мякоти второго сорта, %  | 29,44              | 28,64                        | 27,10                        | 24,98                             |

\* P≤0,05, \*\* P≤0,01, \*\*\* P≤0,001

Показатели мякоти высшего и первого сортов также демонстрируют существенный рост. Масса мякоти высшего сорта увеличилась с 40,4 кг в контроле до 46,8 кг (+15,84%) в 3-й группе, а ее доля возросла до 24,11%. Аналогично, масса мякоти первого сорта в 3-й группе достигла 98,9 кг (+15,13%) по сравнению с 85,9 кг в контроле, составив 50,91% от общей массы мякоти.

Одновременно наблюдалась желательная тенденция к снижению массы мякоти второго сорта. В 3-й опытной группе она уменьшилась до 48,5 кг (меньше чем в контроле на 7,97%), а ее процентное содержание снизилось до 24,98%. Это указывает на повышение общего качества мясной продукции. Таким образом, комбинированное применение биопрепарата и пробиотика максимально и статистически значимо увеличивает общую массу мякоти, способствует росту доли высококачественных сортов и уменьшению менее ценных частей, подтверждая потенциал добавок для улучшения как количественных, так и качественных характеристик мясной продукции.

**Выводы.** Проведенное исследование убедительно демонстрирует, что комплексное

применение биопрепарата FortiGest и пробиотика BIOXYMIN IFEEED в технологии выращивания бычков голштинской породы обеспечивает значительное повышение их мясной продуктивности, улучшение убойных качеств и морфологического состава туш. Преимущества комплексного подхода проявились многогранно. Это выразилось в существенном увеличении предубойной живой массы, массы парной туши, а также повышении выхода туши и массы внутреннего жира. Более того, анализ морфологического состава туш показал, что масса охлажденной туши возросла. При этом значительно улучшились качественные характеристики: выход мякоти, индекс мясности и выход мякоти высшего сорта. Что особенно важно, именно в 3-й опытной группе были зафиксированы высокие выходы наиболее ценных отрубов по сравнению с контролем. Таким образом, комплексное применение биостимулятора и пробиотика представляет собой высокоэффективное решение для оптимизации мясного животноводства, способствуя не только количественному увеличению продуктивности, но и значительному улучшению качественных характеристик мясной продукции.

#### Литература

1. Откормочные и мясные качества потомков голштинских быков селекции разных стран / Н. В. Сивкин, А. У. Абдулаев, В. Ф. Жуков [и др.] // Зоотехния. 2018. № 8. С. 20-24. EDN UXQHBC.
2. Оценка быков-производителей голштинской породы в условиях крупного молочного комплекса / А. А. Бахарев, О. М. Шевелева, В. О. Цыганок [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 100. С. 199-204. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-100-199-204>. EDN KSIANW.
3. Взаимосвязь хозяйственно-полезных признаков коров голштинской породы при разных сочетаниях подбора / О. А. Басонов, А. С. Кулаткова, Р. В. Гинойн [и др.] // Аграрный научный журнал. 2025. № 9. С. 59-64. <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i9pp59-64>. EDN NAXUQI.
4. Beef production of black-and-white breed depending on the degree of fattening / M. R. Kudrin, S. N. Izhboldina, K. L. Shklyayev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 315. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 72028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/7/072028>. EDN DBPZZZ.
5. Результаты внедрения сексированного семени в молочном скотоводстве Кубани / А. В. Лихоман, В. В. Усенко, Р. Д. Литвинов [и др.] // Ветеринария Кубани. 2014. № 6. С. 17-19. EDN SYJZGH.
6. Использование цеолитов для повышения откормочных качеств животных / И. М. Донник, О. П. Неворова, О. В. Горелик [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2015. № 9(139). С. 41-47. EDN UMKXDL.
7. Современные технологии производства говядины на откормочных площадках круглогодочного действия (по материалам Республики Башкортостан): практическое руководство / Р. С. Гизатуллин, Т. А. Седых, А. А. Катков [и др.]; Башкирский государственный аграрный университет. Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2018. 52 с. ISBN 9875745605772. EDN XNSYDB.
8. Мясная продуктивность бычков черно-пестрой породы в зависимости от типа телосложения / С. Д. Батанов, О. С. Старостина, Л. В. Корнилова [и др.] // Инновационные решения стратегических задач агропромышленного комплекса: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Удмуртского ГАУ. Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2023.

C. 144-149. EDN ICWUCN.

9. Карамаяев С. В., Карамаяева А. С., Газеев И. Р. Интенсивность весового роста бычков молочных и мясных пород, получавших в рационе сенаж с биоконсервантом «Гринграс 3×3» // Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной продукции сельского хозяйства: Материалы XIV Международной научно-практической конференции. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2025. С. 11-14. EDN QZVGNТ.

10. Продуктивность и мясные качества бычков голштинской породы на фоне изменения концентрации жира в их рационах / О. Ю. Петров, В. Г. Семенов, Ф. А. Мусаев [и др.] // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2023. № 3(26). С. 120-127. <https://doi.org/10.48612/vch/t31t-k91b-6zm4>. EDN QSFXXKI.

11. Пищевая и энергетическая ценность мясной продукции тёлочек разных генотипов / В. И. Косилов, А. В. Харламов, Е. А. Никонова [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 101-109. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-101>. EDN CHISTE.

12. Технологические и генетические аспекты производства высококачественной говядины: по материалам Республики Башкортостан / Т. А. Седых, Л. А. Калашникова, Р. С. Гизатуллин [и др.]. // Уфа: Башкирский НИИ сельского хозяйства УФИЦ РАН, БГПУ им. М. Акмуллы, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 2024. 250 с. ISBN 978-5-605-17008-2. EDN HSLLRМ.

13. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы / И. М. Дунин, С. Е. Тяпугин, Р. К. Мещеров [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 2-7. <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.40.30.001>. EDN TRIWMS.

14. Современное состояние и перспективы увеличения поголовья крупного рогатого скота на уровне региона / Р. М. Мударисов, М. А. Шаймухаметов, И. Н. Хакимов [и др.] // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2024. № 2(29). С. 112-118. <https://doi.org/10.48612/vch/xe8n-fm3u-72tt>. EDN IDFIPIR.

15. Стрекозов Н. И. Оценка быков по качеству потомства и геному - основа успеха разведения пород молочного скота // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 6. С. 10-12. EDN YMNХНН.

16. Совершенствование стада при использовании голштинских быков селекции разных стран / А. У. Абдулаев, В. Ф. Жуков, А. П. Пыжов [и др.] // Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения. Подольск, 2019. С. 78-85. EDN XBWBNN.

17. Стратегические основы производства говядины в России: монография / Х. А. Амерханов, А. И. Клименко, В. В. Кулинцев [и др.]. Ставрополь: АГРУС, 2025. 260 с. ISBN 978-5-9596-2058-5. EDN QWRENQ.

18. Biologically active additives for cows as a factor in the production of environmentally friendly products in animal husbandry / Т. V. Boyko, E. A. Chaunina, N. A. Buzmakova, et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City, Western Siberia. Omsk City, Western Siberia, 2021. P. 012063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012063>. EDN OKBTPA.

19. Пробиотики: роль и значение для животноводства и ветеринарии : Монография / И. И. Кочиш, А. Д. Забережный, П. А. Красочко [и др.]. г.о. Лосино-Петровский : Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности, 2025. 440 с.

20. Семенов В., Симурзина Е., Леонтьева И. Профилактика заболеваемости и обеспечение сохранности животных // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2021. № 12. С. 39-42. EDN MOYUWB.

#### Конфликт интересов

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

#### Сведения об авторах:

Егорова Елена Владимировна - соискатель кафедры морфологии, акушерства и терапии, e-mail: vladimirovna123@mail.ru

Симурзина Елена Павловна - кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры морфологии, акушерства и терапии, e-mail: simurzina.el@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3539-7808>

Семенов Владимир Григорьевич - доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, e-mail: semenov\_v.g@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0349-5825>

Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия.

#### APPLICATION OF DOMESTIC BIOSTIMULANTS IN HOLSTEIN BULL FATTENING

E. V. Egorova, E. P. Simurzina, V. G. Semenov

**Abstract.** The aim of this study was to evaluate the effect of FortiGest biostimulant and BIOXYMIN IFEED probiotic on meat productivity of Holstein bulls. The study was conducted from 2024 to 2025 at JSC Churachikskoe. Four groups of Holstein bulls, each with 10 animals, were formed: control, 1st (FortiGest), 2nd (BIOXYMIN IFEED) and 3rd (FortiGest + BIOXYMIN IFEED) experimental groups. FortiGest was administered intramuscularly three times at 3.0 ml, and BIOXYMIN IFEED was administered daily with the diet at 15 g/head. The animals were observed from birth to slaughter (14 months) and their zootechnical and slaughter characteristics were assessed. The combined use of FortiGest and BIOXYMIN IFEED (Group 3) significantly improved meat productivity. The slaughter weight of Group 3 bulls was 254.42 kg, exceeding the control by 15.49 kg (6.48%,  $P < 0.001$ ), with a slaughter yield of 52.72% (+1.4%). The chilled carcass weight reached 242.10 kg (+14.5 kg, 6.4%,  $P < 0.01$ ). The pulp weight increased to 194.20 kg (+15.2 kg, 8.5%,  $P < 0.01$ ), its yield was 80.25% (control 78.67%), while the weight of premium grade pulp reached 46.8 kg (+15.84%,  $P < 0.01$ ), first grade – 98.9 kg (+15.13%). The meatiness index increased to 4.63 (control 4.41,  $P < 0.05$ ). An increase in the weight of valuable cuts was noted: back breast by 6.22 kg (+9.13%), loin by 3.37 kg (+14.63%), hip by 5.70 kg (+7.67%). The use of FortiGest and BIOXYMIN IFEED effectively increases meat productivity of Holstein bulls, improving slaughter quality, carcass morphology and meat grade.

**Key words:** bulls, Holstein breed, biostimulant, probiotic, meat productivity, slaughter quality, carcass morphology, meat grade.

**For citation:** Egorova E.V., Simurzina E.P., Semenov V.G. Application of domestic biostimulants in Holstein bull fattening. Agrobiotechnologies and digital farming. 2026; 1(17). 52-57 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-52-57>

# References

1. Sivkin NV, Abdulaev AU, Zhukov VF. [Fattening and meat qualities of descendants of Holstein bulls bred in different countries]. *Zootekhnika*. 2018; 8. 20-24 p. EDN UXQHBC.
2. Bakharev AA, Sheveleva OM, Tsyganok VO. [Evaluation of Holstein breeding bulls in a large dairy complex]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022; 100. 199-204 p. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-100-199-204>. EDN KSIANW.
3. Basonov OA, Kulatkova AS, Ginoyan RV. [The relationship between economically useful traits of Holstein cows under different selection combinations]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2025; 9. 59-64 p. <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i9pp59-64>. EDN NAXUQI.
4. Kudrin MR, Izholdina SN, Shklyayev KL. Beef production of black-and-white breed depending on the degree of fattening. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol.315. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. 2019; 72028 p. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/7/072028>. EDN DBPZZZ.
5. Likhoman AV, Usenko VV, Litvinov RD. [Results of introducing sexed semen in dairy cattle breeding of Kuban]. *Veterinariya Kubani*. 2014; 6. 17-19 p. EDN SYJZGH.
6. Donnik IM, Neverova OP, Gorelik OV. [Use of zeolites to improve the fattening qualities of animals]. *Agrarnyy vestnik Urala*. 2015; 9(139). 41-47 p. EDN UMKXDL.
7. Gizatullin RS, Sedykh TA, Katkov AA. *Sovremennye tekhnologii proizvodstva govyadiny na otkormochnykh ploshchadkakh kruglogodovogo deystviya (po materialam Respubliki Bashkortostan): prakticheskoe rukovodstvo*. [Modern technologies for beef production on year-round feedlots (based on proceedings of the Republic of Bashkortostan): a practical guide]. Ufa: Bashkirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 2018; 52 p. ISBN 9875745605772. EDN XNSYDB.
8. Batanov SD, Starostina OS, Kornilova LV. [Meat productivity of Black-and-White bulls depending on their body type. Innovative solutions to strategic problems of agro-industrial complex]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu Udmurtskogo GAU*. Izhevsk: Udmurtskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 2023; 144-149 p. EDN ICWUCN.
9. Karamaev SV, Karamaeva AS, Gazeev IR. [Intensity of weight growth of dairy and beef bulls fed silage with "Greengrass 3x3" biological preservative in their diet. Status and prospects for increasing the production of high-quality agricultural products]. *Materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Novosibirsk: ITs NGAU "Zolotoy kolos". 2025; 11-14 p. EDN QZVGNT.
10. Petrov OYu, Semenov VG, Musaev FA. [Productivity and meat qualities of Holstein bulls against the background of fat concentration changes in their diets]. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; 3(26). 120-127 p. <https://doi.org/10.48612/vch/t31t-k91b-6zm4>. EDN QSFXXI.
11. Kosilov VI, Kharlamov AV, Nikonova EA. [Nutritional and energy value of meat products of heifers of different genotypes]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2023; Vol.106. 1. 101-109 p. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-101>. EDN CHISTE.
12. Sedykh TA, Kalashnikova LA, Gizatullin RS. [Technological and genetic aspects of high-quality beef production: based on proceedings of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: Bashkirskiy NII selskogo khozyaystva UFITS RAN, BGPU im.M.Akmully, FGBOU VO Bashkirskiy GAU. 2024; 250 p. ISBN 978-5-605-17008-2. EDN HSLLRM.
13. Dunin IM, Tyapugin SE, Meshcherov RK. [The state of beef cattle breeding in the Russian Federation: realities and prospects]. *Molochnoe i myasnnoe skotovodstvo*. 2020; 2. 2-7 p. <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.40.30.001>. EDN TPIWMS.
14. Mudarisov RM, Shaymukhametov MA, Khakimov IN. [Current status and prospects for increasing the cattle population at the regional level]. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024; 2(29). 112-118 p. <https://doi.org/10.48612/vch/xe8n-fm3u-72tt>. EDN IDIFPR.
15. Strekozov NI. [Evaluation of bulls by offspring quality and genome - the basis for successful breeding of dairy cattle breeds]. *Molochnoe i myasnnoe skotovodstvo*. 2018; 6. 10-12 p. EDN YMNXHN.
16. Abdulaev AU, Zhukov VF, Pyzhov AP. *Sovershenstvovanie stada pri ispolzovanii Golshhtinskikh bykov selektsii raznykh stran. Povyshenie konkurentosposobnosti zhivotnovodstva i zadachi kadrovogo obespecheniya*. [Herd improvement using Holstein bulls selected from different countries. Increasing the competitiveness of livestock farming and tasks of staffing]. Podolsk. 2019; 78-85 p. EDN XBWBNI.
17. Amerkhanov KhA, Klimenko AI, Kulintsev VV. *Strategicheskie osnovy proizvodstva govyadiny v Rossii: monografiya*. [Strategic foundations of beef production in Russia: monograph]. Stavropol: AGRUS. 2025; 260 p. ISBN 978-5-9596-2058-5. EDN QWRENQ.
18. Boyko TV, Chaunina EA, Buzmakova NA. Biologically active additives for cows as a factor in the production of environmentally friendly products in animal husbandry. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Omsk city, Western Siberia. 2021; 012063 p. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012063>. EDN OKVTRA.
19. Kochish II, Zaberezhnyy AD, Krasochko PA. *Probiotiki: rol i znachenie dlya zhivotnovodstva i veterinarii: monografiya*. [Probiotics: role and importance for animal husbandry and veterinary medicine: monograph]. g.o.Losino-Petrovskiy: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy i tekhnologicheskii institut biologicheskoy promyshlennosti. 2025; 440 p.
20. Semenov V, Simurzina E, Leonteva I. [Prevention of diseases and ensuring the safety of animals]. *Veterinariya selskokhozyaystvennykh zhivotnykh*. 2021; 12. 39-42 p. EDN MOYUWB.

## Conflict of interests

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

## Authors:

Egorova Elena Vladimirovna – an applicant of Morphology, Obstetrics and Therapy Department, e-mail: vladimirovna123@mail.ru  
 Simurzina Elena Pavlovna – Ph.D. of Veterinary Sciences, Associate Professor of Morphology, Obstetrics and Therapy Department, e-mail: simurzina.el@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3539-7808>  
 Semenov Vladimir Grigorevich - Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Morphology, Obstetrics and Therapy Department, e-mail: se-menov\_v.g@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0349-5825>  
 Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia.

# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ ПО ЭКСТЕРЬЕРНЫМ ПРИЗНАКАМ У ЛОШАДЕЙ ТАТАРСКОЙ ПОРОДЫ

Г. И. Феткуллова, Р. А. Хаертдинов, М. А. Сушенцова, И. Н. Камалдинов,  
Г. М. Закирова

**Реферат.** Изучение основных селекционных признаков в целом по популяции лошадей татарской породы и по ее четырем субпопуляциям позволило установить, основные недостатки, требующие исправления при селекции, связаны преимущественно с параметрами крупа и шеи. Исследования проводились у лошадей татарской породы в ООО Племярепродуктор «Гиниятуллина С.Ш.» Тюлячинского района, КФХ «Гарипов И.Ф.» Сабинского района, ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» Лениногорского района и КФХ «Бакиров Ф.Р.» Алькеевского района Республики Татарстан в количестве 200 голов с целью изучения основных селекционных признаков. Для получения результатов провели глазомерную и соматометрическую оценку, а также дисперсионный анализ. Соматометрическая оценка экстерьера выявила сравнительно небольшие отклонения от модельного типа по обхвату груди и пясти (1,1-1,6% у кобыл и 0,5-1,0% у жеребцов). Дальнейшие негативные изменения в этих промерах могут привести к снижению выносливости и приспособленности лошадей к табунному содержанию, что для породы крайне нежелательно. Эти недостатки у лошадей татарской породы необходимо устранить путем направленной селекции. Основное маточное поголовье татарской породы имеет типичный упряжной склад, приближенный к верховому типу характер телосложения имеет только одна субпопуляция лошадей. Жеребцы-производители, использующиеся в настоящее время для воспроизводства, отличаются повышенным индексом костистости (13,8-14,1%), что, вероятно, связано с табунным способом содержания лошадей. В связи с тем, что наследуемость контролируемых промеров и индексов телосложения очень низкая и степень влияния матерей не превышает 4,4%, отбор кобыл даже желательного типа не будет иметь высокого селекционного эффекта. Полученные предварительные положительные результаты изучения взаимосвязи основных промеров и индексов телосложения с частотой встречаемости аллелей в отдельных локусах микросателлитной ДНК позволяют надеяться на успешное использование этого метода при селекции на улучшение экстерьерных признаков.

**Ключевые слова:** коневодство, татарская порода, экстерьер, промеры, селекция.

**Для цитирования:** Основные направления селекции по экстерьерным признакам у лошадей татарской породы / Г.И. Феткуллова, Р.А. Хаертдинов, М.А. Сушенцова, И.Н. Камалдинов, Г.М. Закирова // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2026. 1(17). С. 58-63 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-58-63>

**Введение.** Создание татарской породы в 2019 году является новым селекционным достижением, характеризующийся необходимостью формирования устойчивого генетического фонда [1, 2]. Для успешного развития данной породы важно не только закрепить отдельные специфические признаки, определяющие её уникальность, но и расширить спектр генетической вариативности, способствующий дальнейшему совершенствованию племенных качеств. Татарские лошади имеют хорошую племенную кондицию, у них живая масса высокая, телосложение и масть типичные для данной породы [3]. Данная порода обладает универсальностью, позволяющей проводить целенаправленную селекционную работу одновременно в нескольких направлениях: повышение продуктивности, развитие спортивных способностей и улучшение рабочих характеристик. Такая многофункциональность обуславливает необходимость выбора оптимальных селекционных признаков, варьирующихся в зависимости от конкретных задач и условий разведения [4, 5, 6].

Эффективность селекционного процесса существенно зависит от детального изучения уровня проявления отдельных показателей продуктивности, работоспособности и спортивной пригодности у каждого животного и формируемых племенных групп [7, 8, 9].

Это предполагает проведение масштабных исследований, направленных на выявление изменчивости изучаемых признаков, установление корреляций между ними и определение степени влияния факторов внешней среды и внутренних особенностей организма на их проявление, то есть наследственности. Только обладая полной информацией о характере наследования и взаимодействии различных селекционных признаков, специалисты смогут проводить селекционную работу по улучшению селекционных признаков у татарской породы лошадей.

Современный уровень развития биотехнологий открывает новые возможности для повышения точности прогнозирования результатов селекции [10, 11]. Применение методов молекулярной генетики и анализа ДНК позволяет значительно сократить сроки достижения поставленных целей путем выявления и отбора особей с наиболее ценными генами [12, 13]. ДНК-технология в селекции животных используются для определения генетической структуры, контроля происхождения, а также для диагностики наследственных заболеваний [14, 15]. В современном мире по ряду маркеров можно вести селекцию по хозяйственно-полезным признакам: определить масть, работоспособность, выявить связь генотипа с продуктивными качествами

животного [16, 17, 18]. Интеграция достижений науки и практики обеспечит дальнейшее успешное развитие татарской породы лошадей, гарантируя сохранение, селекцию её уникальных свойств и потенциала для удовлетворения потребностей современного животноводства.

Целью проводимых исследований является изучение основных селекционных признаков у лошадей татарской породы разных популяций. Основные задачи исследования – это провести глазомерную оценку экстерьера и оценить основные промеры лошадей татарской породы в разных хозяйствах.

**Условия, материалы и методы.** Исследование проведено на основании материалов оценки лошадей экспертной комиссией селекционного центра по разведению татарской породы Республики Татарстан в 2025 году. Для сравнительного анализа использованы результаты глазомерной оценки экстерьера лошадей татарской породы четырёх субпопуляций, сложившихся в разных природно-климатических зонах республики – ООО Племпредупродуктор «Гиниятуллина С.Ш.» Тюлячинского района, КФХ «Гарипов И.Ф.» Сабинского района, ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» Лениногорского района и КФХ «Бакиров Ф.Р.» Алькеевского района Республики Татарстан в количестве 200 голов.

По результатам соматометрической оценки лошадей, рассчитаны средние значения четырех основных промеров (высота в холке, косая длина туловища, обхват груди, обхват пясти), определены границы их изменчивости в разных хозяйствах и соответствие их минимальным требованиям породы. Оценку проводили согласно «Инструкция по бонитировке лошадей татарской породы» (Казань, 2023).

На основании промеров рассчитаны четыре индекса телосложения (растянутости, широкотелости, массивности и костистости) и определен тип телосложения татарской лошади в разных хозяйствах.

Расчет индекса телосложения проводили по следующим формулам:

1. Индекс костистости =  $\frac{\text{обхват пясти}}{\text{высота в холке}} \times 100 \%$ ;
2. Индекс растянутости (формата) =  $\frac{\text{косая}}$

$\frac{\text{длина туловища}}{\text{высота в холке}} \times 100\%$ ;

3. Индекс широкотелости =  $\frac{\text{обхват груди}}{\text{высота в холке}} \times 100\%$ ;

4. Индекс массивности =  $\frac{\text{обхват груди}}{\text{косая длина туловища}} \times 100\%$ .

Наследуемость контролируемых промеров и индексов телосложения определяли методом дисперсионного анализа. Для генетического анализа использовали 17 известных локусов микросателлитной ДНК: АНТ4, АНТ5, ASB17, ASB2, ASB23, CA425, HMSI, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7, HTG10, HTG4, HTG6, HTG7, LEX3, VHL20 рекомендованным ISAG. При расчете взаимосвязи промеров и индексов с частотой эффективных аллелей использовали метод ранговой корреляции Спирмена.

**Результаты и обсуждения.** Для проведения дальнейшей селекции с учетом выраженности желательного типа лошадей татарской породы в хозяйствах-оригинаторах выделено поголовье кобыл и жеребцов, которые составили основу популяции племенных лошадей. К основным признакам, подлежащим оценке, на этом этапе работы с поголовьем относились глазомерная и соматометрическая оценка экстерьера, а также оценка телосложения по индексам.

По результатам глазомерной оценки экстерьера можно отметить, что лошади татарской породы во всех хозяйствах соответствуют желательному типу. Их экстерьер характеризуется пропорциональной небольшой головой, отличительными чертами которой являются широкий лоб, профиль от прямого до слегка горбоносого, выразительные глаза темных или светлых оттенков, а также широкие ганаши. У большинства лошадей длинная, средне поставленная и хорошо омускуленная шея. Линия спины и поясницы ровная, относительно короткая, широкая и прямая. Круп, как правило, отличается достаточной длиной, шириной, прямой по наклону, овальной формой и мускулистостью. Грудная клетка широкая, имеет хорошие показатели длины и глубины. Грудные конечности демонстрируют правильную постановку, с хорошо развитыми суставами и четко очерченными суставами. Копыта правильной формы, с прочным роговым слоем (рис. 1).



Рис. 1 – Кобыла татарской породы в КФХ «Бакиров Ф.Р.»

По основному селекционному признаку масти лошади татарской породы достаточно однородны, основная часть кобыл имеет светло-соловую масть, удельный вес кобыл светло-буланой масти не превышает 10,8%, отметины встречаются на голове, их удельный вес не превышает 5,4%, а отметины на конечностях встречаются редко. Лошади демонстрируют спокойствие, легко контактируют, но избегают прямого тактильного контакта с людьми. В расколе все ещё наблюдается беспокойство у некоторых лошадей, а также ограниченное число агрессивных лошадей, по сравнению с предыдущими наблюдениями. Из этого следует, что

необходимо продолжение селекции на формирование добронравного характера лошадей татарской породы, а также при формировании племенного состава стада следует отдавать предпочтение особям с энергичным темпераментом.

Известно, что для сохранения желательных признаков и достижения стабильной однородности поголовья при отборе лошадей в основное стадо следует стремиться к соблюдению минимальных требований или, как мы называем, стандарта породы. Анализ показывает, что в целом по популяции величина основных промеров кобыл и жеребцов соответствует минимальным требованиям (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты оценки промеров лошадей татарской породы, см

| Промер, см           | ООО Племярепродуктор «Гиниятуллина С.Ш.» | КФХ «Гарипов И.Ф.» | ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» | КФХ «Бакиров Ф.Р.» | В среднем  |
|----------------------|------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------|
| <i>Кобылы</i>        |                                          |                    |                          |                    |            |
| Высота в холке       | 143,4±0,20                               | 139,8±1,26         | 145,8±0,69               | 147,5±0,84         | 143,9±0,26 |
| Косая длина туловища | 158,4±0,26                               | 156,9±2,17         | 162,7±1,38               | 155,6±1,13         | 158,3±0,36 |
| Обхват груди         | 186,6±0,29                               | 167,1±2,10         | 172,4±1,20               | 168,8±0,67         | 180,5±0,58 |
| Обхват пясти         | 21,4±0,04                                | 18,0±0,11          | 18,6±0,13                | 18,3±0,08          | 20,3±0,09  |
| <i>Жеребцы</i>       |                                          |                    |                          |                    |            |
| Высота в холке       | 144,7±0,61                               | 136,7±3,89         | 146,4±0,91               | 153,3±2,48         | 145,3±1,44 |
| Косая длина туловища | 158,8±2,66                               | 157,3±3,27         | 164,6±2,08               | 170,3±7,76         | 162,3±1,87 |
| Обхват груди         | 187,3±3,39                               | 163,0±2,12         | 174,0±1,87               | 191,7±8,38         | 179,9±3,07 |
| Обхват пясти         | 21,2±0,18                                | 19,0±0,71          | 19,3±0,22                | 20,3±0,20          | 20,1±0,26  |

Так, при минимальном значении высоты в холке у кобыл на уровне 143 см, а у жеребцов 145 см средние значения этого промера у лошадей находятся в названных пределах. В то же время нужно отметить, что в отдельных субпопуляциях, сформированных в разных природно-климатических зонах республики, величина промера высоты в холке значительно различается. Более крупным ростом отличаются кобылы в КФХ «Бакиров Ф.Р.» и в ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.», наиболее мелкими являются кобылы КФХ «Гарипов И.Ф.». Оценка жеребцов показала, что у коневладельца КФХ «Гарипов И.Ф.» они мелковаты, так как уступают лошадям оцененной популяции на 8,6 см.

В то же время, анализ показывает, что, если в среднем по популяции 13,3% кобыл по росту не соответствуют минимальным требованиям, субпопуляции различаются значительно различаются по этому показателю. Так, в КФХ «Бакиров Ф.Р.» таких кобыл 18,6%, в ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» - 15,2%, в КФХ «Гарипов И.Ф.» - 6,3 % и в ООО «Племярепродуктор Гиниятуллина С.Ш.» - 4,1%. Отбор молодняка в основное стадо должен сопровождаться соблюдением минимальных границ, то есть минимальная высота в холке для кобылок 2,5 лет должна быть на уровне 139 см, 3,5 лет - 141 см, для жеребчиков 2,5 лет – 142 см, 3,5 лет – 144 см.

Максимальная величина промера косой длины туловища для полновозрастных кобыл должна составлять 151 см, для жеребцов –

154 см, в среднем длина туловища по популяции у кобыл составляет 158,3 см, а у жеребцов – 162,3 см. При отборе молодняка максимальная граница отбора по длине туловища для кобылок 2,5 лет должна составлять 144 см, 3,5 лет – 147 см, для жеребчиков 2,5 лет – 147 см, 3,5 лет 150 см.

Максимальное значение признака обхвата груди татарской породы у жеребцов 179 см, кобыл 175 см, средняя величина обхвата груди составляет 179,9 см у жеребцов и 180,5 см у кобыл. Жеребцы коневладельца КФХ «Бакирова Ф.Р.» достоверно превосходят по обхвату груди в сравнении с другими популяциями.

Минимальная величина показателя обхвата пясти у кобыл 19 см, он в среднем по популяции составляет 20,3 см, а при минимальном значении у жеребцов 20 см, он в среднем составляет 20,1 см. В субпопуляциях КФХ «Гарипов И.Ф.» и ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» жеребцы оказались относительно тонкокостными и по обхвату пясти соответственно на 1,1 см и 0,8 см уступали среднему значению по популяции.

Однако около 27% кобыл татарской породы имеют величину обхвата пясти менее минимальной границы, а по отдельным субпопуляциям удельный вес кобыл с нежелательной величиной промера колеблется от 57,6 до 90%.

Дисперсионный анализ показал, что степень влияния матерей на выраженность основных контролируемых промеров не превышает 4,4%, поэтому отбор кобыл в

основное стадо с желательным фенотипическими признаками, не будет иметь высокого селекционного эффекта. Степень влияния отцов более высокая (36,4-51,3%), за исключением промера высота в холке (3,3%), поэтому проводимая работа по закладке линий и оценка жеребцов по качеству потомства будет способствовать получению желательных результатов. Отбор маточного поголовья не

должен строиться на использовании только классических методов, а проводиться с привлечением новых, возможно, основанных на генетическом анализе.

Оценка лошадей по типу телосложения показала, что наиболее близки к верховому типу только кобылы субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.», но и они относительно растянуты (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты оценки телосложения лошадей татарской породы, %

| Индекс, %      | ООО Племярепродуктор «Гиниятуллина С.Ш.» | КФХ «Гарипов И.Ф.» | ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» | КФХ «Бакиров Ф.Р.» | В среднем  |
|----------------|------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------|
| <i>Кобылы</i>  |                                          |                    |                          |                    |            |
| Растянутости   | 110,5±0,22                               | 121,1±0,37         | 111,6±0,99               | 105,6±0,92         | 110,1±0,26 |
| Широкотелости  | 130,2±0,25                               | 119,5±0,97         | 118,2±0,78               | 114,6±0,70         | 125,6±0,43 |
| Массивности    | 117,9±0,22                               | 106,7±0,81         | 106,1±0,90               | 108,7±0,076        | 114,1±0,37 |
| Костистости    | 14,9±0,03                                | 12,9±0,09          | 12,7±0,08                | 12,4±0,08          | 14,1±0,07  |
| <i>Жеребцы</i> |                                          |                    |                          |                    |            |
| Растянутости   | 109,8±1,54                               | 115,2±3,17         | 112,5±1,78               | 111,0±3,49         | 111,7±1,01 |
| Широкотелости  | 129,5±1,85                               | 119,3±2,29         | 118,9±0,88               | 124,9±3,96         | 123,8±1,48 |
| Массивности    | 118,0±1,75                               | 103,6±1,20         | 105,8±1,83               | 112,5±0,93         | 110,9±1,70 |
| Костистости    | 14,6±0,19                                | 13,9±0,23          | 13,2±0,14                | 13,3±0,13          | 13,8±0,18  |

Повышенный индекс костистости можно отнести к особенностям телосложения лошадей татарской породы, так как при преимущественном табунном способе содержания требования к прочности костяка повышены.

Поскольку модельный тип татарской лошади предусматривает индекс растянутости у кобыл на уровне 104,3%, кобылы субпопуляций КФХ «Гарипов И.Ф.» и ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» слишком растянуты и по индексу формата превосходят критерии для тяжелоупряжных пород. Кобылы субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» к тому же еще относительно узкотелы и маломассивны. В этой связи на базе КФХ «Бакиров Ф.Р.» можно применить целеаправленный отбор на выраженность спортивного верхового типа, а на базе КФХ «Гарипов И.Ф.» – на выраженность продуктивного, более широкотелого и массивного, типа.

Жеребцы-производители всех субпопуляций отличаются растянутостью и ближе всего к модельному типу приближены лошади КФХ «Гарипов И.Ф.». Практически во всех хозяйствах жеребцы маломассивны, уступая модельному типу, а жеребцы субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» еще и относительно узкотелы.

Изучение взаимосвязи промеров и индексов телосложения с частотой встречаемости отдельных аллелей в локусах микросателлитной ДНК в популяции лошадей татарской породы показало, что по отдельным из них установилась различная по направлению корреляция. Результаты показали, что такая связь установлена по высоте в холке в локусах АНТ4 и НТГ7 при величине коэффициентов корреляции  $0,212 \pm 0,0980$  и  $0,199 \pm 0,0985$  ( $P < 0,05$ ); по косой длине туловища – в локусах АНТ5 и НМС3 при коэффициентах корреляции  $0,270 \pm 0,0951$  и  $-0,221 \pm 0,0976$  ( $P < 0,01$  и  $0,05$ ); по обхвату груди

в локусе НТГ7 при коэффициенте  $0,224 \pm 0,0974$  ( $P < 0,05$ ), по обхвату пясти в четырех локусах (ASB17, НМС3, НМС7, НТГ7) при вариабельности коэффициента корреляции от  $-0,218 \pm 0,0977$  до  $0,249 \pm 0,0962$  ( $P < 0,05$ ). То есть отбор лошадей по эффективным аллелям в обозначенных локусах может сопровождаться увеличением признака в случае положительной корреляции или уменьшением его в случае отрицательной корреляции.

**Выводы.** Глазомерная оценка экстерьера лошадей татарской породы в целом и отдельных субпопуляциях показала, что основные недостатки, требующие исправления при селекции, связаны преимущественно с параметрами крупа и шеи.

Соматометрическая оценка экстерьера лошадей татарской породы свидетельствует о том, что нежелательные отклонения от модельного типа наблюдаются по обхвату груди и пясти (1,1-1,6% у кобыл и 0,5-1,0% у жеребцов). Дальнейшие негативные изменения в этих промерах могут привести к снижению выносливости и приспособленности лошадей к табунному содержанию, что для породы крайне нежелательно.

Лошади татарской породы преимущественно имеют типичный упряжной склад, приближенный к верховому типу, характер телосложения имеет только субпопуляция лошадей Ф.Р. Бакирова.

Жеребцы-производители, использующиеся в настоящее время для воспроизводства, отличаются повышенным индексом костистости (13,8-14,1%), что, возможно, связано с табунным способом содержания лошадей.

В связи с тем, что наследуемость контролируемых промеров и индексов телосложения очень низкая и степень влияния матерей не превышает 4,4%, отбор кобыл даже желательного типа не будет иметь высокого селекционного эффекта.

Предварительные положительные результаты изучения взаимосвязи основных промеров и индексов телосложения с частотой встречаемости аллелей в отдельных

локусах микросателлитной ДНК позволяют надеяться на повышение эффективности отбора при использовании в селекции этого метода.

#### Литература

1. Возрождение татарской породы лошадей / Р. А. Хаертдинов, М. А. Сушенцова, И. Н. Камалдинов [и др.] // Зоотехния. 2023. № 1. С. 22-25. <https://doi.org/10.25708/ZT.2022.33.52.006>. EDN W1HBGD.
2. Итоги первой бонитировки лошадей татарской породы в Республике Татарстан / Р. А. Хаертдинов, М. А. Сушенцова, И. Н. Камалдинов [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 250. № 2. С. 254-260. [https://doi.org/10.31588/2413\\_4201\\_1883\\_2\\_250\\_254](https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_250_254). EDN LLWJBA.
3. Достоинства и недостатки экстерьерных признаков у лошадей татарской породы / Р. А. Хаертдинов, М. А. Сушенцова, И. Н. Камалдинов [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2024. Т. 258. № 2. С. 202-207. [https://doi.org/10.31588/2413\\_4201\\_1883\\_2\\_258\\_202](https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_258_202). EDN SEKUOQ.
4. Антипова Д. В. Адаптация лошадей основных линий чистокровной верховой породы в разных зонах республики Татарстан // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2023. Т. 255. № 3. С. 29-33. [https://doi.org/10.31588/2413\\_4201\\_1883\\_2\\_255\\_29](https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_255_29). EDN TDZUFJ.
5. Дубровин А. В. Взаимосвязь основных селекционных признаков лошадей новоалтайской породы // Коневодство и конный спорт. 2023. № 3. С. 23-26. <https://doi.org/10.25727/HS.2023.3.60764>. EDN YVMEBI.
6. Калашников Р. В., Калашников В. В. Развитие табунного коневодства в России // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 9. С. 8-11. EDN OGBSTB.
7. Монгуш Б. М., Юлдашбаев Ю. А. Некоторые особенности экстерьера тувинских лошадей, выступающих в национальных видах конного спорта Республики Тыва // Вестник КрасГАУ. 2016. № 5(116). С. 181-186. EDN VWDGCZ.
8. Гаряев Б. Е. Племенное животноводство - стратегия успеха // Зоотехния. 2010. № 5. С. 11-12. EDN MNHSXV.
9. Blohina N. V., Khrabrova L. A., Sorokin S. I. Analysis of the MtDNA Haplogroup Variability in Horses of Native Russian Breeds // Russian Journal of Genetics. 2025. Vol. 61, No. 12. P. 1643-1650. <https://doi.org/10.1134/S1022795425701194>. EDN BGWUDL.
10. Изменение биохимического статуса лошадей, выполняющих кратковременную нагрузку в условиях повышенной температуры воздуха / Н. Б. Цыплакова, С. С. Маркин, С. А. Зиновьева, С. А. Козлов // Коневодство и конный спорт. 2022. № 6. С. 30-32. <https://doi.org/10.25727/HS.2022.6.60415>. EDN UWLPKE.
11. Волков Д. А., Бондаренко О. В., Даншин В. А. Современные подходы к генетической оценке спортивных лошадей // Зоотехния. 2006. № 5. С. 9-11. EDN JWTVJT.
12. Блохина Н. В., Храброва Л. А. Генетическая характеристика лошадей местных пород по локусам микросателлитов ДНК // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2025. Т. 29. № 1. С. 113-121. <https://doi.org/10.18699/vjgb-25-13>. EDN KFSNKN.
13. Анализ ассоциаций полиморфных вариантов генов MSTN, CAST, PRLR с хозяйственно-полезными качествами лошадей вятской породы / Н. Ф. Белоусова, С. П. Басс, С. А. Зиновьева [и др.] // Международный вестник ветеринарии. 2023. № 1. С. 234-247. <http://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.1.234>. EDN Z1HTFU.
14. Изучение полиморфизма миостатина MSTN у орловских рысаков с разными дистанционными способностями / Г. В. Калинкина, С. И. Сорокин, Ю. А. Орлова [и др.] // Коневодство и конный спорт. 2017. № 1. С. 13-15. EDN XXRMYF.
15. Современные вызовы в коневодстве России и биотехнологические методы в селекции лошадей / продолжение / В. В. Калашников, Л. Ф. Лебедева, А. М. Зайцев [и др.] // Коневодство и конный спорт. 2023. № 5. С. 4-9. <https://doi.org/10.25727/HS.2023.5.60148>. – EDN HWHKCY.
16. Оценка генетических маркеров при анализе встречаемости мастей и отметин у лошадей вятской породы / Н. Ф. Белоусова, С. П. Басс, С. И. Сорокин, А. Н. Гуляева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 3. С. 89-94. <http://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/3/89-94>. EDN QQUJLJ.
17. Зиновьева С. А., Храброва Л. А., Маркин С. С. Ассоциация полиморфизмов в гене ACTN3 с работоспособностью чистокровных верховых лошадей // Генетика. 2025. Т. 61. № 8. С. 121-125. <http://doi.org/10.31857/S0016675825080101>. EDN SDLWTN.
18. Калинкова Л. В., Купцова Н. А. Генетическая характеристика российской популяции немецких классических пони по STR-локусам и генам, влияющим на масть // Сельскохозяйственная биология. 2024. Т. 59. № 6. С. 1108-1117. <http://doi.org/10.15389/agrobiology.2024.6.1108rus>. EDN LEKVOG.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

#### Сведения об авторах:

Феткуллова Гульназ Иршатовна – ассистент кафедры хирургии, акушерства и патологии мелких животных, e-mail: [gulnaz.fetkullova@yandex.ru](mailto:gulnaz.fetkullova@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0005-1390-2323>

Хаертдинов Равиль Анварович – доктор биологических наук, профессор кафедры биологии, генетики, общей и биологической химии, e-mail: [gmz.kzn@mail.ru](mailto:gmz.kzn@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5538-6727>

Сушенцова Марина Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии животноводства, кормления и зоогигиены, e-mail: [msushencova@yandex.ru](mailto:msushencova@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5006-5919>

Камалдинов Ильнур Наилевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, генетики, общей и биологической химии, e-mail: [ilnur.kamalidinov@mail.ru](mailto:ilnur.kamalidinov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9468-5949>

Закирова Галима Мухтаровна - кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, генетики, общей и биологической химии, e-mail: [gmz.kzn@mail.ru](mailto:gmz.kzn@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7709-9526>

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

MAIN DIRECTIONS OF SELECTION FOR EXTERIOR TRAITS IN TATAR BREED HORSES

G. I. Fetkullova, R. A. Khaertdinov, M. A. Sushentsova, I. N. Kamaldinov, G. M. Zakirova

**Abstract.** The study of the main breeding characteristics for the overall Tatar horse population and its four subpopulations revealed that the main deficiencies requiring correction during selection are mainly related to croup and neck parameters. The research was carried out on 200 horses of Tatar breed at LLC Breeding Company "Giniyatullin S.Sh." in Tyulyachinskiy district, at "Garipov I.F." peasant farm in Sabinskiy district, at "Nabiullin S.F." peasant farm in Leninogorsk district and at "Bakirov F.R." peasant farm in Alkeevskiy district of the Republic of Tatarstan in order to study the main selection characteristics. Results were obtained through visual and somatometric assessment, as well as variance analysis. Somatometric assessment of exterior revealed relatively small deviations from the model type for chest and metacarpal girth (1.1-1.6% in mares and 0.5-1.0% in stallions). Further negative changes in these measurements may lead to decreased endurance and adaptability to herd management, which is highly undesirable for the breed. These deficiencies in Tatar horses must be eliminated through targeted selection. The main breeding stock of Tatar breed has a typical harness conformation; only one subpopulation of horses has a conformation close to the riding type. Stallions currently used for breeding are distinguished by an increased bone index (13.8-14.1%), which is likely due to the herd management of horses. Since the heritability of controlled measurements and body conformation indices is very low and the maternal influence does not exceed 4.4%, selection of mares even of the desired type will not have a high selection effect. The preliminary positive results obtained in studying the relationship between the main measurements and body conformation indices and the allele frequency at individual microsatellite DNA loci suggest the successful use of this method in breeding for improved conformation traits.

**Key words:** horse breeding, Tatar breed, exterior, measurements, selection.

**For citation:** Main directions of selection for exterior traits in Tatar breed horses. Fetkullova G.I., Khaertdinov R.A., Sushentsova M.A., Kamaldinov I.N., Zakirova G.M. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2026; 1(17). 58-63 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-58-63>

References

1. Khaertdinov RA, Sushentsova MA, Kamaldinov IN. [Revival of Tatar breed horse]. *Zootekhnika*. 2023; 1. 22-25 p. <https://doi.org/10.25708/ZT.2022.33.52.006>. EDN WIIHBDG.
2. Khaertdinov RA, Sushentsova MA, Kamaldinov IN. [Results of the first bonitation of Tatar horses in the Republic of Tatarstan]. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman*. 2022; Vol.250. 2. 254-260 p. [https://doi.org/10.31588/2413\\_4201\\_1883\\_2\\_250\\_254](https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_250_254). EDN LLWJBA.
3. Khaertdinov RA, Sushentsova MA, Kamaldinov IN. [Advantages and disadvantages of exterior traits in Tatar breed horses]. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman*. 2024; Vol.258. 2. 202-207 p. [https://doi.org/10.31588/2413\\_4201\\_1883\\_2\\_258\\_202](https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_258_202). EDN CEKUOQ.
4. Antipova DV. [Adaptation of horses of the main lines of thoroughbred riding breed in different zones of the Republic of Tatarstan]. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman*. 2023; Vol.255. 3. 29-33 p. [https://doi.org/10.31588/2413\\_4201\\_1883\\_2\\_255\\_29](https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_255_29). EDN TDZUFJ.
5. Dubrov AV. [Interrelationship of the main selection traits of Novosibirsk horses]. *Konevodstvo i konnyy sport*. 2023; 3. 23-26 p. <https://doi.org/10.25727/HS.2023.3.60764>. EDN YVMEBI.
6. Kalashnikov RV, Kalashnikov VV. [Development of herd horse breeding in Russia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2011; 9. 8-11 p. EDN OGBSTB.
7. Mongush BM, Yuldashbaev YuA. [Some features of exterior of Tuvan horses performing in the national types of equestrian sports of the Republic of Tyva]. *Vestnik KrasGAU*. 2016; 5(116). 181-186 p. EDN VWDGCG.
8. Garaev BE. [Breeding livestock - a strategy for success]. *Zootekhnika*. 2010; 5. 11-12 p. EDN MNHSXV.
9. Blokhina NV, Khrabrova LA, Sorokin SI. Analysis of the MtDNA Haplogroup variability in horses of native Russian breeds. *Russian Journal of Genetics*. 2025; Vol.61. No.12. 1643-1650 p. <https://doi.org/10.1134/S1022795425701194>. EDN BGWUDL.
10. Tsyplakova NB, Markin SS, Zinoveva SA, Kozlov SA. [Changes in the biochemical status of horses performing short-term exercise in conditions of elevated air temperature]. *Konevodstvo i konnyy sport*. 2022; 6. 30-32 p. <https://doi.org/10.25727/HS.2022.6.60415>. EDN UWLPKE.
11. Volkov DA, Bondarenko OV, Danshin VA. [Modern approaches to the genetic evaluation of sport horses]. *Zootekhnika*. 2006; 5. 9-11 p. EDN JWTVJT.
12. Blokhina NV, Khrabrova LA. [Genetic characteristics of local horse breeds by DNA microsatellite loci]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*. 2025; Vol.29. 1. 113-121 p. <https://doi.org/10.18699/vjgb-25-13>. EDN KFSNKN.
13. Belousova NF, Bass SP, Zinoveva SA. [Analysis of associations of polymorphic variants of MSTN, CAST, PRLR genes with economically useful qualities of Vyatka horses]. *Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii*. 2023; 1. 234-247 p. <http://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.1.234>. EDN ZIHFTU.
14. Kalinkina GV, Sorokin SI, Orlova YuA. [Study of myostatin MSTN polymorphism in Orlov trotters with different distance abilities]. *Konevodstvo i konnyy sport*. 2017; 1. 13-15 p. EDN XXRMVF.
15. Kalashnikov VV, Lebedeva LF, Zaytsev AM. [Modern challenges in horse breeding in Russia and biotechnological methods in horse selection]. *Konevodstvo i konnyy sport*. 2023; 5. 4-9 p. <https://doi.org/10.25727/HS.2023.5.60148>. EDN HWHKCY.
16. Belousova NF, Bass SP, Sorokin SI, Gulyaeva AN. [Evaluation of genetic markers in the analysis of colors and markings occurrence in Vyatka horses]. *Vestnik rossiyskoy selskokhozyaystvennoy nauki*. 2023; 3. 89-94 p. <http://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/3/89-94>. EDN QQUJLJ.
17. Zinoveva SA, Khrabrova LA, Markin SS. [Association of polymorphisms in ACTN3 gene with the performance of thoroughbred riding horses]. *Genetika*. 2025; Vol.61. 8. 121-125 p. <http://doi.org/10.31857/S0016675825080101>. EDN SDLWTN.
18. Kalinkova LV, Kuptsova NA. [Genetic characteristics of Russian population of German classic ponies based on STR loci and genes affecting color]. *Selskokhozyaystvennaya biologiya*. 2024; Vol.59. 6. 1108-1117 p. <http://doi.org/10.15389/agrobiol.2024.6.1108rus>. EDN LEKVOG.

Conflict of interests

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

Authors:

Fetkullova Gulnaz Irshatovna – assistant of Surgery, Obstetrics and Small Animal Pathology Department, e-mail: [gulnaz.fetkullova@yandex.ru](mailto:gulnaz.fetkullova@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0005-1390-2323>  
 Khaertdinov Ravil Anvarovich – Doctor of Biological Sciences, Professor of Biology, Genetics, General and Biological Chemistry Department, e-mail: [gmz.kzn@mail.ru](mailto:gmz.kzn@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5538-6727>  
 Sushentsova Marina Anatolevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Department of Animal Husbandry Technology, Feeding and Zoohygiene, e-mail: [msushencova@yandex.ru](mailto:msushencova@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5006-5919>  
 Kamaldinov Ilnur Nailevich – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of Biology, Genetics, General and Biological Chemistry Department, e-mail: [ilnur.kamaldinov@mail.ru](mailto:ilnur.kamaldinov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9468-5949>  
 Zakirova Galima Mukhtarovna – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of Biology, Genetics, General and Biological Chemistry Department, e-mail: [gmz.kzn@mail.ru](mailto:gmz.kzn@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7709-9526>  
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

# СОВМЕСТИМОСТЬ АГЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ *PSEUDOMONAS PUTIDA* PCL1760 И *TRICHODERMA ASPERELLUM* T302

Ш. З. Валидов

**Реферат.** Биологическая защита растений рассматривается как безопасная альтернатива химическим пестицидам, однако эффективность биопрепаратов нередко варьирует в зависимости от условий применения. Комбинирование различных агентов биологической защиты может повысить стабильность защитного эффекта, но требует предварительной оценки их совместимости. Целью исследования была оценка совместимости штаммов *Pseudomonas putida* PCL1760 и *Trichoderma asperellum* T302 при совместном применении в условиях *in vitro*, в гнотобиотической системе и при биологическом контроле фузариозной корневой гнили томатов. В опытах *in vitro* взаимного антагонизма между штаммами не выявлено. В гнотобиотической системе при совместной инокуляции со штаммом *T. asperellum* T302 численность *P. putida* PCL1760 на апикальной части корня томата возрастала с  $1,4 \times 10^6$  до  $11,5 \times 10^6$  клеток на 1 см корня, то есть в 8,2 раза по сравнению с инокуляцией только штаммом PCL1760. При этом присутствие штамма PCL1760 статистически значимо не влияло на колонизацию корней томата штаммом T302. При раздельном и совместном применении оба штамма сохраняли биозащитный эффект против фузариозной корневой гнили томатов, снижая индекс заболевания с 0,68 до 0,13 – 0,26 без статистически значимой разницы между вариантами, обработанными агентами биологической защиты. Совместное применение этих двух штаммов также позволяло эффективно контролировать развитие корневых гнилей, снижая индекс заболевания до 0,23. Полученные результаты свидетельствуют о совместимости штаммов *P. putida* PCL1760 и *T. asperellum* T302 и подтверждают перспективность их комбинированного использования для защиты томатов от корневых гнилей.

**Ключевые слова:** биологическая защита растений, *Pseudomonas putida*, *Trichoderma asperellum*, *Fusarium oxysporum*, совместимость штаммов, корневая гниль, колонизация ризосферы.

**Для цитирования:** Валидов Ш.З. Совместимость агентов биологической защиты растений *Pseudomonas putida* PCL1760 и *Trichoderma asperellum* T302 // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2026. 1(17). С. 64-71 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-64-71>

**Введение.** Продовольственная безопасность является ключевым компонентом устойчивого развития Российской Федерации, в связи с чем увеличение продуктивности растениеводства и повышение качества продукции остаются приоритетными задачами сельскохозяйственной биологии. Химические пестициды, обеспечившие значительный рост производительности в XX веке, имеют серьезные недостатки: накопление в продуктах питания и окружающей среде, прямой вред здоровью при применении [1, 2]. Тем не менее полный отказ от химических средств защиты может привести к дефициту продуктов питания, поэтому поиск безопасных альтернатив актуален.

Биологические препараты на основе непатогенных микроорганизмов представляют собой перспективную альтернативу химическим пестицидам [1, 2]. Конкурируя с патогенами, полезные микроорганизмы подавляют развитие заболеваний растений [3, 4]. Биологические средства защиты безопасны для окружающей среды, их метаболиты не накапливаются в конечной продукции растениеводства [5]. Однако многие биопрепараты менее эффективны, чем химические пестициды, особенно в полевых условиях. Меняющиеся условия окружающей среды оказывают значительное влияние на активность полезных микроорганизмов, что снижает эффективность биологических препаратов [6, 7].

Одним из способов повышения эффективности биопрепаратов является их комбинирование с биостимуляторами [8] или химическими пестицидами [9]. Намечившийся в последнее

время интерес к созданию консорциумов или сочетанию биопестицидов, направлен на увеличение эффективности биологических средств защиты растений. При сочетании отдельных штаммов или совместном применении биопрепаратов на их основе необходимо учитывать совместимость агентов биологической защиты, поскольку многие микроорганизмы защищают растения путем вытеснения других колонизаторов, включая фитопатогены [10, 11]. Исследования показывают, что применение смеси *Trichoderma gamsii* и *Pseudomonas azotoformans* обеспечивало стабильную супрессию фузариоза пшеницы [12].

В России биопрепараты на основе штаммов *Pseudomonas* и *Trichoderma* широко применяются в тепличных хозяйствах. Штамм *Pseudomonas putida* PCL1760, выделенный из ризосферы авокадо, проявляет биозащитные свойства против корневых патогенов [13]. Штамм *Trichoderma asperellum* T302, выделенный из погребенных почв [14], по нашим данным также демонстрирует антагонистическую активность против фитопатогенов.

Целью настоящей работы являлась оценка совместимости агентов биологической защиты растений *Pseudomonas putida* PCL1760 и *Trichoderma asperellum* T302 при совместном применении в условиях *in vitro*, в гнотобиотической системе и при биологическом контроле фузариозной корневой гнили томатов, вызванной штаммом *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* ZUM2407.

**Условия, материалы и методы.** Используемые в работе штаммы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Штаммы микроорганизмов, использованные в работе

| Штамм                                                              | Описание                                                                                                                                                        | Источник, ссылка                                                              |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Pseudomonas putida</i> PCL1760                                  | Агент биологической защиты растений, активный колонизатор корней растений, действующий посредством механизма конкурентной колонизации, выделен с корней авокадо | Депонирован в ВКПМ под как <i>Pseudomonas plecoglossicida</i> B-13802 [13,15] |
| <i>Pseudomonas aureofaciens</i> 30-84                              | Агент биологической защиты растений, продуцент антибиотиков окси-феназинов                                                                                      | [16]                                                                          |
| <i>Trichoderma asperellum</i> T302                                 | Выделен из почвы Мурзихинского II могильника (Республика Татарстан, Россия), продуцент вторичных метаболитов                                                    | Депонирован в ВКПМ под как <i>Trichoderma asperellum</i> F-1087 [14]          |
| <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-lycopersici</i> ZUM2407 | Модельный фитопатоген, вызывающий корневые гнили томатов                                                                                                        | [17]                                                                          |

Для культивирования штаммов использовали среду LB (триптон 10 г/л, дрожжевой экстракт 5 г/л, NaCl 10 г/л, агар 20 г/л). Штаммы грибов поддерживали на среде Чапека следующего состава: сахароза 30 г/л, NaNO<sub>3</sub> 2 г/л, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1 г/л, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0,5 г/л, KCl 0,5 г/л, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0,01 г/л, CaCO<sub>3</sub> 3 г/л, агар 20 г/л). Семена томатов сорта Белый налив 241 (ООО «НПО «ГАВРИШ, Москва, Россия) использовались для экспериментов по колонизации и биологической защите.

Определение антагонистической активности. Штаммы высевали на среду LB или Чапека. Для оценки влияния бактериальных метаболитов на развитие гриба агар с мицелием штамма T302 выкладывали в центр чашки Петри, бактерии высевали на расстоянии 2-3 см от центра. Для оценки влияния грибных метаболитов супернатант штамма T302 (после 96 ч культивации в LB-бульоне) помещали в лунку на газоне PCL1760. Результаты фиксировали после 48 – 96 ч инкубации при 28°C.

Метаболическое профилирование. Для тестов использовали микропланшеты Biolog FF и GENIII (Biolog Inc., США) с 95 источниками углерода. При определении влияния метаболитов штамма *P. putida* PCL1760 на рост штамма *T. asperellum* T302 50 мкл культуральной жидкости ночной культуры штамма PCL1760, стерилизованной фильтрацией через нейлоновый фильтр 0,22 мкм ( ), добавляли в лунки планшета FF, после чего в лунки добавляли 105 спор штамма T302. При тестировании влияния метаболитов штамма *T. asperellum* T302 на рост штамма *P. putida* PCL1760 50 мкл культуральной жидкости 72-часовой культуры штамма T302, стерилизованной фильтрацией через нейлоновый фильтр 0,22 мкм, добавляли в лунки планшета GENIII, после чего в лунки добавляли 10 мкл культуры PCL1760 с оптической плотностью ОП600=0,1. В контрольных вариантах инокуляцию спор штамма *T. asperellum* T302 и культуры *P. putida* PCL1760 проводили в планшеты FF и GENIII, соответственно с добавлением 50 мкл фосфатно-солевого буфера (ООО «Компания Хеликон, Москва, Россия). Все планшеты инкубировали при 28°C; оптическую плотность измеряли при 490 и 750 нм

каждые 24 ч с помощью Biolog MicroStation (Biolog Inc., США). В соответствии с рекомендациями производителя микропланшет считали положительным при OD<sub>490</sub> выше 0,4. Стимуляцией считали рост культуры обеспечивающий наличие как минимум двух лунок с оптической плотностью OD<sub>490</sub>>0,4 [18].

Конкурентная колонизация корней. Семена томатов стерилизовали в 70% этаноле (5 мин), затем в 1% растворе гипохлорита натрия с 0,1% додецилсульфата натрия (15 мин), промывали стерильной водой в течение 1 ч, после чего семена выкладывали на поверхность агара, приготовленного на основе питательного растительного раствора (ПРР) как описано в работе [19]. Стерильные проклюнувшиеся семена (длина корешка <5 мм) инокулировали суспензией спор штамма T302 или/и клеток штамма PCL1760, высевали в стерильные трубки с песком, смоченным (ПРР). Растения выращивали при 21-24°C с 16-часовым световым днем в течение 7 суток. Численность PCL1760 на 1 см кончика корня определяли высевом на агар и подсчетом колоний.

Определение количества *T. asperellum* T302 в корнях томатов. Корни томатов извлекали из песка после выращивания в гнотобиотической системе, отделяли от верхней части растений и перемалывали в жидком азоте. Всего были анализированы по 15 растений из каждого варианта обработки (PCL1760, T302, PCL1760+T302), каждый вариант был поделен на группы по 5 растений (корней). Далее ДНК из корней выделяли ранее описанным методом [20]. Для детекции ДНК *T. asperellum* T302 использовали праймеры специфичные к b-актину грибов АСТ-512F 5'-ATGTGCAAGGCCGGTTTCGC-3' и АСТ-783R 5'-TACGAGTCCTTCTGGCCCAT-3' [21] и смесь для количественного ПЦР 5X qPCRmix-HS SYBR (ЗАО Евроген, Москва, Россия). Реакционная смесь включала 4 мкл смеси 5X qPCRmix-HS SYBR, 100 нг total-ной ДНК, выделенной из корней томатов, 0,1 pM каждого из праймеров АСТ-512F и АСТ-783R. До объема 20 мкл смесь доводили деионизированной водой (ЗАО Евроген, Москва, Россия). Реакцию амплификации проводили в термостате ДТ-96 (ДНК-технологии, Москва, Россия) в следующем температурном

режиме: после 3 минут денатурации при 95°C следовали 40 циклов 95°C – 20 сек. и 61°C – 20 сек., измерение флюоресценции SYBR green проводили сразу после этапа отжига, до денатурации. Кривая плавления строилась в интервале температур от 60°C до 95°C после окончания всей программы амплификации.

Калибровочную кривую строили на основе ДНК штамма *T. asperellum* T302 разведенной ДНК, выделенной из стерильных растений томата. Для этого в препарат ДНК томата (100 нг/мкл) добавляли ДНК *T. asperellum* T302 до концентрации 10 нг/мкл, 1 нг/мкл, 100 пг/мкл, 10 пг/мкл, 1 пг/мкл, 100 фг/мкл, 10 фг/мкл и 1 фг/мкл.

Биологическая защита томатов. Семена томатов обрабатывали 1% раствором карбоксиметилцеллюлозы с бактериями (108 КОЕ/мл) и/или спорами T302. Споры Forl ZUM2407 вносили в почву в концентрации  $2 \times 10^6$  спор/кг. Растения выращивали в теплице при 21-24°C, 70% влажности и 16-часовом дне. Через 21-25 дней растения извлекали из почвы и оценивали симптомы корневой гнили: коричневые пятна и поражение тканей корней и

подсемядольного колена. Для каждого варианта обработки использовали по 100 растений, которые делились на группы по 10 растений, для которых высчитывали общий индекс поражения как это сделано в работе [21]. Статистическую обработку данных производили с 10 группами каждого варианта обработки.

Статистический анализ проводили с помощью ANOVA и теста Фишера ( $\alpha=0,05$ ) в программном пакете SPSS (США).

**Результаты и обсуждения.** Антагонистическая активность *in vitro*. При конфронтационном тестировании штамм *P. aureofaciens* 30-84 (положительный контроль) выделял оксифеназины (оранжевая окраска колоний) и формировал зону ингибирования роста *T. asperellum* T302 (рис. 1А). Мицелий T302 около колонии PCL1760 не изменялся, что свидетельствует об отсутствии токсичных веществ в экзопродуктах PCL1760. Метаболиты T302 также не были токсичны для PCL1760 — вокруг лунки с супернатантом T302 не наблюдалось ингибирования роста бактериальной культуры (рис. 1Б). Результаты показывают отсутствие взаимного антагонизма между штаммами PCL1760 и T302 *in vitro*.

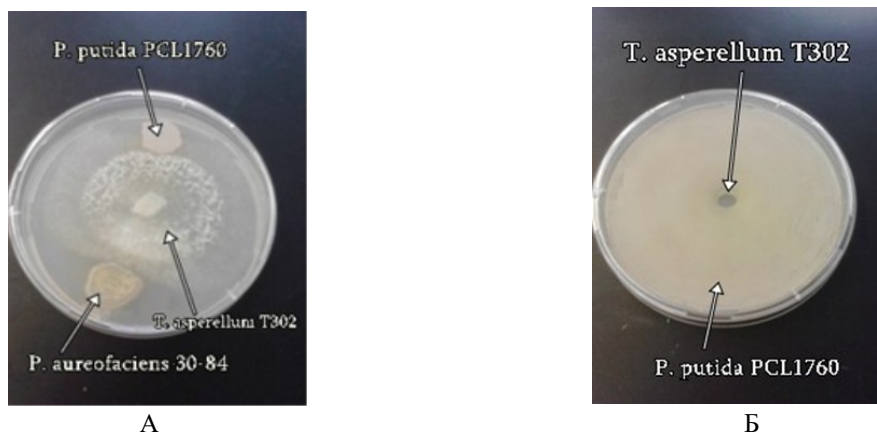


Рис. 1 – Тестирование антагонистической активности штаммов *in vitro*: А – влияние бактериальных метаболитов *P. aureofaciens* 30-84 и *P. putida* PCL1760 на рост *T. asperellum* T302 (стрелка указывает зону ингибирования), Б – влияние супернатанта T302 на рост PCL1760

Данные результаты подтверждают отсутствие каких-либо токсичных для *T. asperellum* T302 метаболитов, продуцируемых штаммом PCL1760. При анализе генома этого штамма также не было обнаружено генетических систем, которые могут направлять синтез токсичных для грибов вторичных метаболитов [15].

Влияние метаболитов на потребление субстратов. Добавление культуральной жидкости PCL1760 не оказывало влияния на рост *T. asperellum* T302. Не отмечалось изменений в потреблении субстратов или замедления роста культуры T302, что подтверждает отсутствие токсичных метаболитов штамма PCL1760.

Несмотря на то, что штамм *T. asperellum* T302 выделяет некоторые антагонистические вещества [14], при добавлении культуральной жидкости T302 в среды с PCL1760 ингибирующее влияние также не обнаружено. При использовании неразбавленной культуральной жидкости T302 наблюдалась стимуляция роста PCL1760, что объясняется присутствием

неиспользованных питательных веществ в среде культивирования микромицета. При разбавлении культуральной жидкости в 10 и более раз стимулирующий эффект исчезал. Эксперимент показал, что штаммы PCL1760 и T302 не производят взаимно токсичных веществ и не стимулируют рост друг друга при нормальных концентрациях.

Конкурентная колонизация корней томатов. В гнотобиотической системе численность штамма PCL1760 на кончике корня при моноинокуляции достигала  $1,4 \times 10^6$  клеток на 1 см корня. При совместной инокуляции с T302 численность PCL1760 увеличивалась до  $11,5 \times 10^6$  клеток, что в 8,2 раза (рис. 2). Поскольку штаммы не влияли друг на друга *in vitro*, наблюдаемое увеличение численности PCL1760 может быть результатом опосредованного влияния штамма риходермы через изменение выделения корневых экссудатов, что может способствовать росту бактерий-колонизаторов.

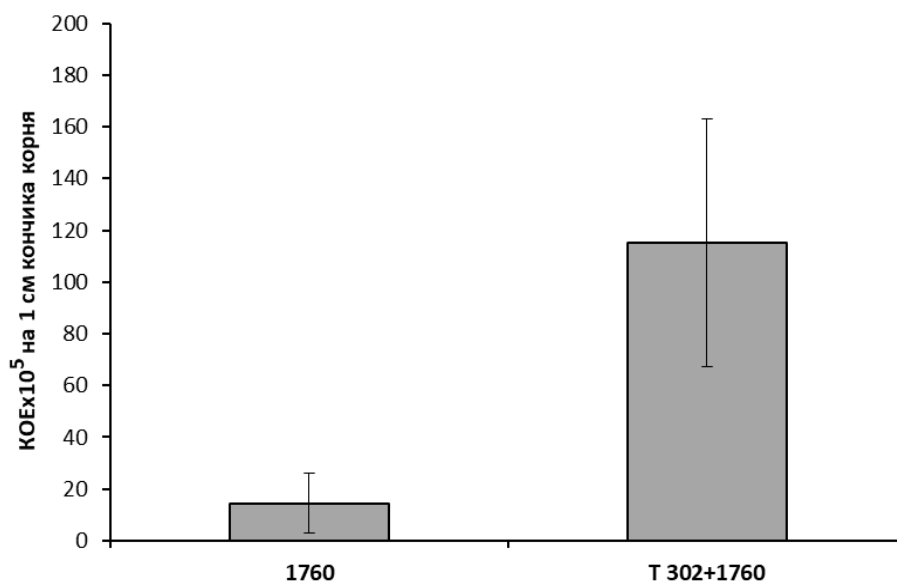


Рис. 2 – Численность штамма *P. putida* PCL1760 на апикальной части корня томатов при одиночной и совместной инокуляции с *T. asperellum* T302

Планки погрешностей отображают стандартное отклонение. Количество ДНК T302, получаемое из растений, инокулированных смесью штаммов и только T302, значительно не отличалось (рис. 3), что свидетельствует

об отсутствии влияния PCL1760 на эффективность колонизации корней томатов *T. asperellum* T302. Таким образом, совместная инокуляция не влияла на колонизацию томатов штаммом T302.

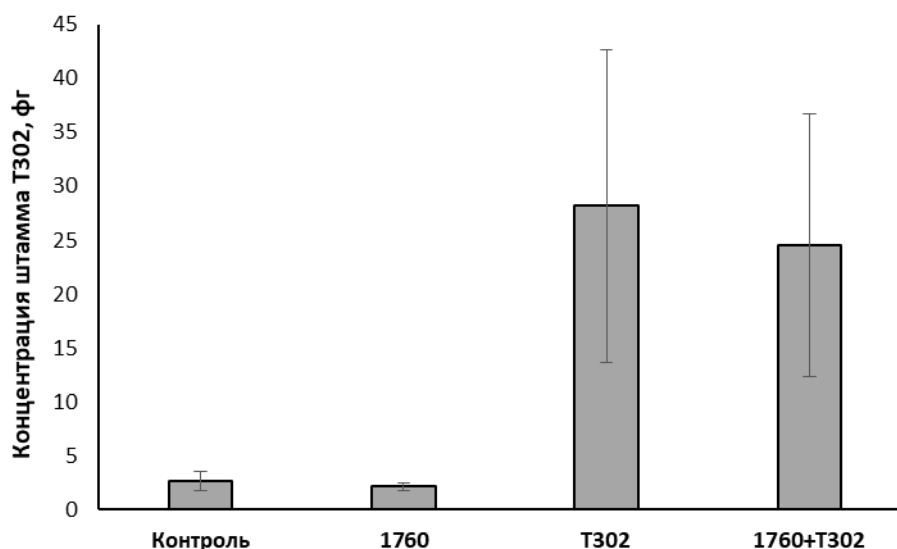


Рис. 3 – Количество ДНК штамма *T. asperellum* T302 на корнях томатов при одиночной и совместной инокуляции с *P. putida* PCL1760

Ненулевые значения концентрации ДНК *T. asperellum* T302, появляющиеся в контроле и варианте, инокулированном только штаммом *P. putida* PCL1760, вероятно возникают из-за фоновой амплификации или возникновения димеров праймеров, которые также являются двухцепочечной ДНК, в которую интеркалируется краситель SYBR green.

На основании проведенного опыта можно предположить, что штаммы *P. putida* PCL1760 и *T. asperellum* T302 не конкурируют при колонизации корней растений томата.

Влияние инокуляции штаммами *P. putida* PCL1760 и *T. asperellum* T302 на развитие растений томата. Штамм *P. putida* PCL1760 выделен как активный колонизатор, однако он не способен стимулировать рост растений [22]. Для штамма *T. asperellum* T302 также не описан эффект стимуляции роста растений. Тем не менее инокуляция растений томата в гнобиотической системе показала небольшое увеличение надземной части растений. При этом контроль и остальные варианты статистически значимо не отличались друг от друга (рис. 4).

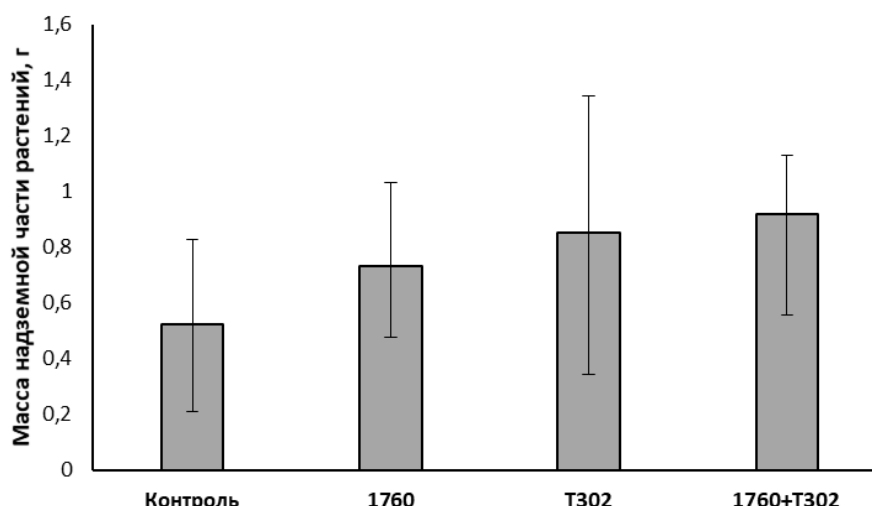


Рис. 4 – Масса надземной части растений томатов при различных вариантах обработки после выращивания в гнотобиотической системе

Биологический контроль корневой гнили томатов. Штамм *P. putida* PCL1760 является агентом биологической защиты растений, действующим посредством механизма конкурентной колонизации [13]. Несмотря на отсутствие токсичных для грибов вторичных метаболитов, выделяемых литических ферментов и неспособностью к индукции системной устойчивости растений, штамм *P. putida* PCL1760 является эффективным агентом биологической защиты томатов [23]. Штаммы *Trichoderma* sp. также являются хорошими колонизаторами, однако они уступают псевдомонадам в скорости колонизации, поскольку распространяются по корню растения-хозяина за счет пролиферации гиф, а не благодаря расселению отдельных подвижных клеток [24]. Как правило, биозащитные штаммы триходерм

действуют с помощью механизма паразитизма и хищничества [25, 26]. Полученные нами результаты доказывают, что штамм *T. asperellum* T302, несмотря на то что он выделен из погребенных земель [14] также является эффективным агентом биологической защиты растений, который способен значительно подавлять развитие фузариозной корневой гнили на томатах (рис. 5).

Различия между вариантами PCL1760, T302 и PCL1760+T302 были статистически незначимы, что говорит об отсутствии интерференции между штаммами *P. putida* PCL1760 и *T. asperellum* T302 при защите растений от атаки фитопатогенного Forl ZUM2407. Следует также отметить, что штамм PCL1760 при одиночной инокуляции показал наибольшую эффективность защиты (рис. 5).

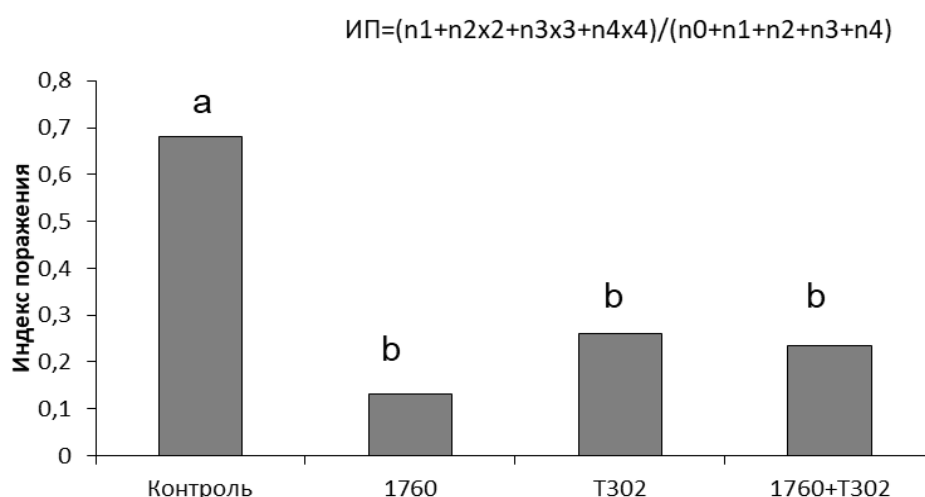


Рис. 5 – Индекс поражения томатов корневой гнилью при различных вариантах обработки (разными буквами латинского алфавита обозначены статистически достоверно отличающиеся варианты ( $p < 0,05$ ))

В приведенной формуле подсчета индекса поражения (ИП)  $n_0$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  и  $n_4$  представляют количества растений без

поражений и с поражениями уровня 1, 2, 3, 4, соответственно [20].

Результаты согласуются с данными о том,

что штамм PCL1760 проявляет биозащитный эффект путем конкуренции с фитопатогенами за экологические ниши [13]. Штаммы триходерм могут подавлять фитопатогенные грибы за счет механизмов хищничества и паразитизма [24, 25, 27]. При совместной инокуляции конкуренция между штаммами, по-видимому, отсутствует в виду использования разных механизмов защиты растений, что делает их совместимыми агентами биологической защиты.

Полученные данные имеют практическое значение для тепличного овощеводства где оба этих штамма могут быть использованы. Штаммы PCL1760 и T302 проходили полупромышленные испытания в тепличных хозяйствах [20, 26], и подтверждение их совместимости расширяет возможности создания комплексных биопрепаратов для защиты томатов от корневых гнилей.

**Выводы.** Штаммы *P. putida* PCL1760 и *T. asperellum* T302 не выделяют токсичных друг для друга метаболитов в условиях *in vitro*, при этом, возможно, метаболиты штамма *T. asperellum* T302 оказывают стимулирующий эффект на потребление субстратов штаммом *P. putida* PCL1760, тогда как

метаболиты PCL1760 не влияют на метаболический профиль T302.

Совместная инокуляция проростков томата не приводит к значимому снижению колонизации штаммом *T. asperellum* T302. При этом наблюдалось увеличение численности клеток штамма PCL1760 в 8,2 раза при совместной инокуляции с штаммом триходермы.

Штамм *P. putida* PCL1760, так же, как и штамм *T. asperellum* T302 снижали индекс заболевания с 0,68 до 0,13 и 0,26, соответственно. Совместное применение этих двух штаммов также показало эффективную биологическую защиту томатов от корневых гнилей, вызванных Forl ZUM2407, снижая индекс заболевания до 0,23.

Из полученных результатов можно сделать вывод о совместимости штаммов *P. putida* PCL1760 и *T. asperellum* T302 в комплексных биопрепаратах для защиты томатов от фузариозных корневых гнилей.

**Сведения о финансировании.** Работа была выполнена в рамках Государственного задания ФИЦ КазНИЦ РАН. Автор выражает свою благодарность Сергеевой Инне Алексеевне за помощь в проведении экспериментов.

#### Литература

- Montesinos E. Development, registration and commercialization of microbial pesticides for plant protection. *Int. Microbiol.* 2003; 6: 245–252. doi: 10.1007/s10123-003-0144-x
- Сафроновская Г. Биопестициды – перспективный сегмент рынка средств защиты растений // Наше сельское хозяйство. 2021.1(249). С. 28–35. EDN OKXYHL.
- Lugtenberg B., Kamilova F. Plant-growth-promoting rhizobacteria // *Annual Review of Microbiology*. 2009. Vol. 63. 541–556 p. – doi: 10.1146/annurev.micro.62.081307.162918.
- Haas D., Defago G. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nat. Rev. Microbiol.* 2005; 3: 307–319. doi: 10.1038/nrmicro1129
- Использование биоудобрений и биопестицидов для экологически чистого земледелия / Г. Атаев, С. Рахманов, А. Досназарова, Д. Довлетгелдиев // *Ео ipso*. 2024. 12. С. 65–67. EDN KBGNBW.
- Приемы повышения эффективности применения биологических препаратов в растениеводстве / Г. Н. Агиева, Л. С. Нижегородцева, Р. Ж. К. Диабанкана и др. // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020. Т. 15. 4(60). С. 5–9. doi: 10.12737/2073-0462-2021-5-9.
- Алферов А. А. Влияние почвенно-климатических условий на эффективность биопрепаратов и азотных удобрений при выращивании ячменя // *Агрохимический вестник*. 2017. 6. С. 38–42. EDN SZIIRD.
- Алексеева К. Л., Аникеева Н. А. Защита огурца от корневых гнилей при совместном действии биопрепаратов и регуляторов роста // *Аграрный вестник Урала*. 2009. 11(65). С. 49–50. EDN LALSCR.
- Ростостимулирующий эффект микроорганизмов и химических фунгицидов при комплексном применении на томатах / Л. З. Каримова, Ш. З. Валидов, Г. Ф. Рахманова, А. Р. Валиев // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2025. Т. 20. 4(80). С. 39–46. doi: 10.12737/2073-0462-2025-20-4-39-46.
- Keel C., Schnider U., Maurhofer M., Voisard C., Laville J., Burger U., Wirthner P., Haas D., Defago G. Suppression of root diseases by *Pseudomonas fluorescens* CHA0: importance of the bacterial secondary metabolite 2,4-diacetyl phloroglucinol. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 1992; 5(1): 4–13. doi: 10.1094/MPMI-5-004.
- Chin-A-Woeng T. F. C., Bloemberg G. V., Lugtenberg B. J. J. Phenazines and their role in biocontrol by *Pseudomonas* bacteria. *New Phytol.* 2003; 157: 503–523. doi: 10.1046/j.1469-8137.2003.00686.x
- Makhlouf K. E., Boungab K., Mokrani S. Synergistic effect of *Pseudomonas azotoformans* and *Trichoderma gamsii* in management of Fusarium crown rot of wheat. *Arch. Phytopathol. Plant Protect.* 2023; 56(2): 108–126. doi: 10.1080/03235408.2023.2172964
- Selection of bacteria able to control *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in stonewool substrate / S. Validov, F. Kamilova, S. Qi et al. *J. Appl. Microbiol.* 2007; 102(2): 461–471. doi: 10.1111/j.1365-2672.2006.03083.x.
- Выделение, очистка и биологическая активность вторичных метаболитов *Trichoderma asperellum* F-1087 / Л. М. Залялютдинова, А. Г. Бикмуллин, Р. И. Тухбатова и др. // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2018; 54(2): 201–205. doi: 10.7868/S0555109918020207
- Genomic Features of *Pseudomonas putida* PCL1760: A Biocontrol Agent Acting via Competition for Nutrient and Niche / D. M. Afordoanyi, R. G. C. Diabankana, A. K. Miftakhov [et al.]. *Appl. Microbiol.* 2022; 2(4): 749–765. doi: 10.3390/applmicrobiol2040051
- Pierson L. S. III, Thomashow L. S. Cloning and heterologous expression of the phenazine biosynthetic locus from *Pseudomonas aureofaciens* 30-84. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 1992; 5(4): 330–339. doi: 10.1094/MPMI-5-330
- Genomic Differences Between Two *Fusarium oxysporum* Formae Speciales Causing Root Rot in

Cucumber / E. N. Komissarov, R. G. C. Diabankana, I. Abdeeva et al. J. Fungi. 2025; 11(2): 140. doi: 10.3390/jof11020140

18. Wu J., Chen Y., Xu X., Ren W., Zhang X., Cai X., Huang A., Zeng Y., Long H., Xie Z. Screening of bio-flocculant and cellulase-producing bacteria strains for biofloc culture systems with fiber-rich carbon source. Front. Microbiol. 2022; 13: 969664. doi: 10.3389/fmicb.2022.969664

19. Simons M., van der Bij A. J., Brand I., de Weger L. A., Wijffelman C. A., Lugtenberg B. J. J. Gnotobiotic system for studying rhizosphere colonization by plant growth-promoting *Pseudomonas* bacteria. Mol. Plant Microbe Interact. 1996; 9(7): 600–607. doi: 10.1094/MPMI-9-0600

20. Validov S. Z., Kamilova F. D., Lugtenberg B. J. J. Monitoring of pathogenic and non-pathogenic *Fusarium oxysporum* strains during tomato plant infection. Microb. Biotechnol. 2011; 4(1): 82–88. doi: 10.1111/j.1751-7915.2010.00208.x

21. Carbone I., Kohn L. M. A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes. Mycologia. 1999; 91(3): 553–556. doi: 10.2307/3761358

22. Сравнительная оценка действия нафталин-1,2-диоксигеназы на продуктивность синтеза индол-3-уксусной кислоты и ростостимулирующую активность бактерий рода *Pseudomonas* / Г. А. Кунгуров, К. В. Максимова, А. В. Куватова, Ш. З. Валидов // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2026. 168(1). 109–123. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2026.1.109-123>

23. Validov S. Z., Kamilova F., Lugtenberg B. J. J. *Pseudomonas putida* strain PCL1760 controls tomato foot and root rot in stonewool under industrial conditions in a certified greenhouse. Biol. Control. 2009; 48(1): 6–11. doi: 10.1016/j.biocontrol.2008.08.008

24. Bolwerk A., Lagopodi AL, Lugtenberg BJ, Bloemberg GV. Visualization of interactions between a pathogenic and a beneficial *Fusarium* strain during biocontrol of tomato foot and root rot. Mol Plant Microbe Interact. 2005 Jul;18(7):710-21. doi: 10.1094/MPMI-18-0710.

25. Lorito M., Farkas V., Rebuffat S., Bodo B., Kubicek C. P. Cell wall synthesis is a major target of mycoparasitic antagonism by *Trichoderma harzianum*. J. Bacteriol. 1996; 178(21): 6382–6385. doi: 10.1128/jb.178.21.6382-6385.1996

26. Алимова Ф. К. Некоторые вопросы применения препаратов на основе грибов рода *Trichoderma* в сельском хозяйстве // Агро XXI. 2006. 4–6. 18–21. EDN IAKWER.

27. Harman G. E., Howell C. R., Viterbo A., Chet I., Lorito M. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. Nat. Rev. Microbiol. 2004; 2(1): 43–56. doi: 10.1038/nrmicro797

#### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

#### Сведения об авторе:

Валидов Шамиль Завдатович - PhD в биологии, заведующий лабораторией МГММ, e-mail: sh.validov@knc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9441-409X>  
Федеральный Исследовательский Центр «Казанский Научный Центр Российской Академии Наук», Казань, Россия.

#### COMPATIBILITY OF BIOLOGICAL PLANT PROTECTION AGENTS *PSEUDOMONAS PUTIDA* PCL1760 AND *TRICHODERMA ASPERELLUM* T302 Sh. Z. Validov

**Abstract.** Biological plant protection is a safe alternative to chemical pesticides, however, the effectiveness of biological agents often varies depending on application conditions. Combining different biological control agents can improve the consistency of their protective effect, but requires preliminary assessment of their compatibility. The study aimed to evaluate the compatibility of *Pseudomonas putida* strain PCL1760 and *Trichoderma asperellum* strain T302 under in vitro conditions, in a gnotobiotic system and in the biological control of tomato *Fusarium* root rot. No mutual antagonism interactions between strains were observed in vitro experiments. In a gnotobiotic system, co-inoculated with *T. asperellum* strain T302 increased the population density of *P. putida* PCL1760 on the apical part of tomato roots from  $1.4 \times 10^6$  to  $11.5 \times 10^6$  cells per 1 cm of root, i.e., 8.2 times compared to inoculation with strain PCL1760 alone. However, the presence of strain PCL1760 did not significantly affect on colonization of tomato roots by strain T302. When used separately and in combination, both strains maintained a bioprotective effect against *Fusarium* root rot of tomatoes, reducing the disease index from 0.68 to 0.13–0.26, with no statistically significant difference between variants treated with biocontrol agents. Combined inoculation of these two strains also effectively suppressed root rot development, reducing the disease index to 0.23. The obtained results demonstrate the compatibility of *P. putida* PCL1760 and *T. asperellum* T302 strains and highlight the potential of their combined application for protecting tomatoes from root rot diseases.

**Key words:** biological plant protection, *Pseudomonas putida*, *Trichoderma asperellum*, *Fusarium oxysporum*, strain compatibility, root rot, rhizosphere colonization.

**For citation:** Validov Sh.Z. Compatibility of biological plant protection agents *Pseudomonas putida* PCL1760 and *Trichoderma asperellum* T302. Agrobiotechnologies and digital farming. 2026; 1(17). 64–71 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2026-5-1-64-71>

#### References

- Montesinos E. Development, registration and commercialization of microbial pesticides for plant protection. Int. Microbiol. 2003; 6. 245–252 p. doi: 10.1007/s10123-003-0144-x
- Safronovskaya G. [Biopesticides are a promising segment of the plant protection products market]. Nashe selskoe khozyaystvo. 2021; 1(249). 28–35 p. EDN OKXYHL.
- Lugtenberg B, Kamilova F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. Annual Review of Microbiology. 2009; Vol.63. 541–556 p. – doi 10.1146/annurev.micro.62.081307.162918.
- Haas D, Defago G. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. Nat. Rev. Microbiol. 2005; 3. 307–319 p. doi: 10.1038/nrmicro1129
- Ataev G, Rakhmanov S, Dosnazarova A, Dovletgeldiev D. [Use of biofertilizers and biopesticides for environmentally friendly farming]. Eo ipso. 2024; 12. 65–67 p. EDN KBGNBW.

6. Agieva GN, Nizhegorodtseva LS, Diabankana RZhK. [Methods for increasing the efficiency of using biological preparations in crop production]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020; Vol.15. 4(60). 5-9 p. doi: 10.12737/2073-0462-2021-5-9.
7. Alferov AA. [Influence of soil and climatic conditions on efficiency of biological preparations and nitrogen fertilizers in barley cultivation]. Agrokhimicheskiy vestnik. 2017; 6. 38-42 p. EDN SZIIRD.
8. Alekseeva KL, Anikeeva NA. [Cucumber root rot protection under combined action of biological preparations and growth regulators]. Agrarnyy vestnik Urala. 2009; 11(65). 49-50 p. EDN LALSCR.
9. Karimova LZ, Validov ShZ, Rakhmanova GF, Valiev AR. [Growth-stimulating effect of microorganisms and chemical fungicides in combined application on tomatoes]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025; Vol.20. 4(80). 39-46 p. doi: 10.12737/2073-0462-2025-20-4-39-46.
10. Keel C, Schnider U, Maurhofer M, Voisard C, Laville J, Burger U, Wirthner P, Haas D, Defago G. Suppression of root diseases by *Pseudomonas fluorescens* CHA0: importance of the bacterial secondary metabolite 2,4-diacetyl phloroglucinol. Mol. Plant-Microbe Interact. 1992; 5(1). 4-13 p. doi: 10.1094/MPMI-5-004.
11. Chin-A-Woeng TFC, Bloemberg GV, Lugtenberg BJJ. Phenazines and their role in biocontrol by *Pseudomonas* bacteria. New Phytol. 2003; 157. 503-523 p. doi: 10.1046/j.1469-8137.2003.00686.x
12. Makhlouf KE, Boungab K, Mokrani S. Synergistic effect of *Pseudomonas* azotoformans and *Trichoderma gamsii* in management of *Fusarium* crown rot of wheat. Arch. Phytopathol. Plant Protect. 2023; 56(2). 108-126 p. doi: 10.1080/03235408.2023.2172964
13. Validov S, Kamilova F, Qi S. Selection of bacteria able to control *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in stonewool substrate. J. Appl. Microbiol. 2007; 102(2). 461-471 p. doi: 10.1111/j.1365-2672.2006.03083.x.
14. Zalyalyutdinova LM, Bikmullin AG, Tukhbatova RI. [Isolation, purification and biological activity of secondary metabolites of *Trichoderma asperellum* F-1087]. Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2018; 54(2). 201-205 p. doi: 10.7868/S0555109918020207
15. Afordoanyi DM, Diabankana RGC, Miftakhov AK. Genomic features of *Pseudomonas putida* PCL1760: a biocontrol agent acting via competition for nutrient and niche. Appl. Microbiol. 2022; 2(4). 749-765 p. doi: 10.3390/applmicrobiol2040051
16. Pierson LS. III, Thomashow LS. Cloning and heterologous expression of the phenazine biosynthetic locus from *Pseudomonas aureofaciens* 30-84. Mol. Plant-Microbe Interact. 1992; 5(4).330-339p.doi:10.1094/MPMI-5-330
17. Komissarov EN, Diabankana RGC, Abdeeva I. Genomic differences between two *Fusarium oxysporum* formae speciales causing root rot in cucumber. J. Fungi. 2025; 11(2). 140 p. doi: 10.3390/jof11020140
18. Wu J, Chen Y, Xu X, Ren W, Zhang X, Cai X, Huang A, Zeng Y, Long H, Xie Z. Screening of bioflocculant and cellulase-producing bacteria strains for biofloc culture systems with fiber-rich carbon source. Front. Microbiol. 2022; 13. 969664 p. doi: 10.3389/fmicb.2022.969664
19. Simons M, van der Bij AJ, Brand I, de Weger LA, Wijffelman CA, Lugtenberg BJJ. Gnotobiotic system for studying rhizosphere colonization by plant growth-promoting *Pseudomonas* bacteria. Mol. Plant Microbe Interact. 1996; 9(7). 600-607 p. doi: 10.1094/MPMI-9-0600
20. Validov ShZ, Kamilova FD, Lugtenberg BJJ. Monitoring of pathogenic and non-pathogenic *Fusarium oxysporum* strains during tomato plant infection. Microb. Biotechnol. 2011; 4(1). 82-88 p. doi: 10.1111/j.1751-7915.2010.00208.x
21. Carbone I, Kohn LM. A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes. Mycologia. 1999; 91(3). 553-556 p. doi: 10.2307/3761358
22. Kungurov GA, Maksimova KV, Kuvatova AV, Validov ShZ. [Comparative assessment of naphthalene-1,2-dioxygenase effect on indole-3-acetic acid synthesis productivity and growth-promoting activity of *Pseudomonas* bacteria]. Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennyye nauki. 2026; 168(1). 109-123 p. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2026.1.109-123>
23. Validov ShZ, Kamilova F, Lugtenberg BJJ. *Pseudomonas putida* strain PCL1760 controls tomato foot and root rot in stonewool under industrial conditions in a certified greenhouse. Biol. Control. 2009; 48(1). 6-11 p. doi: 10.1016/j.biocontrol.2008.08.008
24. Bolwerk A, Lagopodi AL, Lugtenberg BJ, Bloemberg GV. Visualization of interactions between a pathogenic and a beneficial *Fusarium* strain during biocontrol of tomato foot and root rot. Mol Plant Microbe Interact. 2005; Jul.18(7). 710-721 p. doi: 10.1094/MPMI-18-0710.
25. Lorito M, Farkas V, Rebuffat S, Bodo B, Kubicek CP. Cell wall synthesis is a major target of mycoparasitic antagonism by *Trichoderma harzianum*. J. Bacteriol. 1996; 178(21). 6382-6385 p. doi: 10.1128/jb.178.21.6382-6385.1996
26. Alimova FK. [Some issues of using preparations based on *Trichoderma* fungi in agriculture]. Agro XXI. 2006; 4-6. 18-21. EDN IAKWEP.
27. Harman GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. Nat. Rev. Microbiol. 2004; 2(1). 43-56 p. doi: 10.1038/nrmicro797

#### Conflict of interests

The author declare no conflict of interest.

#### Author:

Validov Shamil Zavdatovich – Ph.D. of Biological Sciences, Head of Laboratory, Moscow State Medical University, e-mail: sh.validov@knc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9441-409X>  
Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, 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. **Рекомендуемое 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 те, 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 %. Рекомендуются 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» списках 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 с 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](mailto:agrobiotech@kazgau.com)). Файл со статьей следует называть по фамилии первого автора (Иванов И.И. – Определение силы);

– сведения об авторах (в электронном виде): 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;

– 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 платно.

Статьи необходимо отправлять на электронный адрес: **[agrobiotech@kazgau.com](mailto:agrobiotech@kazgau.com)**

Научный журнал

**Агробιοтехнологии  
и цифровое земледелие  
№ 1 (17), 2026 г.**

**Редактор** – Михайлова Л.В.  
**Технический редактор** – Салахова Г.Р.  
**Коррекция переводов** – Галлямова Н.Р.  
**Корректор** – Барсукова Р.С.

Формат 60x84/8. Тираж 500. Дата выхода в свет: 03.04.2026 год  
Печать офсетная. Усл. п. л. 9,5 Заказ 10. 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