

Агробιοтехнологии и цифровое земледелие



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (13) 2025 год



DOI 10.12737/2782-490X-2025-4-1

ISSN 2782-490X

ISSN 2782-490X

DOI 10.12737/2782-490X-2025-4-1



АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

AGROBIOTECHNOLOGIES AND DIGITAL FARMING

SCIENTIFIC JOURNAL

№ 1 (13)



Казань, 2025

Агробιοтехнологии и цифровое земледелие

научный журнал

Институт агробιοтехнологий и землепользования

Казанского государственного аграрного университета



№ 1 (13)

2025 г.

Учредитель –
Казанский
государственный аграрный
университет



Учрежден Казанским
государственным аграрным
университетом, в 2022 г.

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

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

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

С 10.06.2024 г. включен
в перечень рецензируемых научных
изданий, в которых должны быть
опубликованы основные результаты
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:

Валиев А.Р. – доктор технических наук, профессор, ректор, 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, Институт агробιοтехнологий 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, Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана

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

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

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

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

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

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

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

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

Члены редакционного совета:

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

Асатурова А.М. – кандидат биологических наук, директор, Федеральный научный центр биологической 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)

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

Кучинский М.П. – доктор ветеринарных наук, доцент, заместитель директора по научной работе и инновациям, НПЦ НАН Беларуси по животноводству, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Выше-лесского (Белоруссия)

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

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

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

Партноев 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-научной лаборатории «Центр агро- и экобиотехнологий» (Россия)

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

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

Фенг Чен – кандидат наук, профессор, Хэнаньский сельскохозяйственный университет, директор Китайского совместного исследовательского центра пшеницы и кукурузы (СІММУТ) (Китай)

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

©Агробιοтехнологии и цифровое земледелие, 2025



№ 1 (13)
2025 г.

Agrobiotechnologies and digital farming

scientific journal

Institute of Agrobiotechnology and Land Management
Kazan State Agrarian University

Chief Editor:

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

Deputies of Chief Editor:

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

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

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

Members of the Editorial Committee:

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

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

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

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

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

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

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

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

Nizamov R.M. – Doctor of Agricultural Sciences, 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

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

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

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

Members of the Editorial Board:

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

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

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

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

Isaichev V.A. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, 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. Vysheslesky (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

e-mail:

agrobiotech@kazgau.com

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

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 scien-tific
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 quar-
antine (agricultural sciences);
- 4.1.4. Gardening, vegetable grow-
ing, 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 prod-
ucts (agricultural sciences, biologi-
cal sciences);
- 4.2.5. Breeding, selection, genetics
and biotechnology of animals
(agricultural sciences, biological
sciences)

Published
4 times a year

Authors of publications are
responsible for the accuracy
of information in published
materials

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ

	стр.
Абрамова А. А., Сафин Р. И. Оценка влияния двух штаммов эндофитных бактерий рода <i>bacillus</i> на состав внутренней микрофлоры фитофагов яровой пшеницы.....	6
Гайфуллин И. Х., Халиуллина З. М., Зиганшин Б. Г. Утилизация органических отходов сельского хозяйства с получением биоудобрений и биогаза.....	16
Гараев Р. И., Шайхутдинов Ф. Ш., Сержанов И. М. Отзывчивость яровой мягкой пшеницы (<i>triticum aestivum</i>) на внесение минеральных удобрений в условиях Республики Татарстан.....	24
Зиганшин А. А., Сафин Р. И. Влияние жидких органоминеральных удобрений на урожайность, качество зерновой продукции кукурузы и динамику выноса питательных элементов из почвы.....	29
Логаева О. А., Смолин Н. В., Потапова Н. В., Абдюшева Д. Р. Показатели структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от применения средств химизации.....	36
Медведев Н. А., Сафин Р. И., Валиев А. Р. Синергетический эффект комбинированного применения эндофитных бактерий и гуминовых биостимуляторов на продуктивность ярового ячменя.....	42
Онищенко Л. М., Белозор А. А., Фасхутдинов Ф. Ш. Оптимизация агротехнологических условий выращивания сои на черноземных почвах: влияние на урожайность и качество семян.....	49
Сулейманов С. Р., Исмагилова Э. Ф. Продуктивность ярового рыжика в зависимости от различных фонов минерального питания и биопрепаратов.....	57

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Гумеров И. Р., Тамбовцев К. А. Действие феромонного роепривлекающего препарата на развитие пчел в осенний период и показатели зимовки.....	64
Шайдуллин Р. Р., Тюлькин С. В., Гилемханов И. Ю., Валиуллина Э. Ф., Садриев А. Р. ДНК-идентификация видовой принадлежности мясных и растительных сырьевых компонентов в готовой продукции на основе ПЦР.....	69

CONTENTS

AGRONOMY

Pages

Abramova A. A., Safin R. I. Assessing the effect of two strains of endophytic <i>bacillus</i> bacteria on the composition of the internal microflora of spring wheat phytophages.....	6
Gayfullin I. Kh., Khaliullina Z. M., Ziganshin B. G. Disposal of organic agricultural waste with biofertilizers and biogas production.....	16
Garaev R. I., Shaykhutdinov F. Sh., Serzhanov I. M. Responsiveness of spring soft wheat (<i>triticum aestivum</i>) to the application of mineral fertilizers in the conditions of the Republic of Tatarstan.....	24
Ziganshin A. A., Safin R. I. Influence of liquid organomineral fertilizers on yield, quality of grain production of corn and the dynamics of nutrient removal from the soil.....	29
Logaeva O. A., Smolin N. V., Potapova N. V., Abdyusheva D. R. Indices of winter wheat crop structure depending on the use of chemicals.....	36
Medvedev N. A., Safin R. I., Valiev A. R. Synergistic effect of combined use of endophytic bacteria and humic biostimulants on spring barley productivity.....	42
Onishchenko L. M., Belozor A. A., Faskhutdinov F. Sh. Optimization of agrotechnological conditions for growing soybeans on chernozem soils: impact on yield and seed quality.....	49
Suleymanov S. R., Ismagilova E. F. Productivity of spring camelina depending on various backgrounds of mineral nutrition and biopreparations.....	57

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDECINE

Gumerov I.R., Tambovtsev K.A. Effect of a pheromone swarm-attracting product on the development of bees in the autumn period and wintering indicators.....	64
Shaydullin R.R., Tyulkin S.V., Gilemkhanov I.Yu., Valiullina E.F., Sadriev A.R. DNA identification of species of meat and plant raw materials in finished products based on PCR.....	69

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДВУХ ШТАММОВ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* НА СОСТАВ ВНУТРЕННЕЙ МИКРОФЛОРЫ ФИТОФАГОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**А. А. Абрамова, Р. И. Сафин**

Реферат. В работе изложены материалы исследований по оценке влияния обработки семян и растений яровой пшеницы биопрепаратами на основе двух эндофитных бактерий *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 на видовой состав и количество внутренней микрофлоры таких фитофагов как пшеничный трипс (*Haplothrips tritici*) и полосатая хлебная блошка (*Phyllotreta vittula*). Яровая пшеница возделывалась в Лаишевском районе Республики Татарстан в течение трех вегетационных сезонов с 2020 по 2022 года. Схема стационарного полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов: контроль (без обработки); обработка семян PS17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS17 0,5 л/га; обработка семян PS17 1,0 л/т + опрыскивание растений PS17 1,0 л/га; обработка семян PS17 дозой 1,5 л/т + опрыскивание растений PS17 1,5 л/га; обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га; обработка семян и опрыскивание растений химическими фунгицидами. Объектом исследований служили насекомые-фитофаги (полосатая хлебная блошка и пшеничный трипс), обитающие на яровой пшенице сорта Ульяновская 105. Пшеница возделывалась в серой лесной почве со следующими агрохимическими показателями: исходное содержание гумуса 3,2% (по Тюрину), подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 233-240 мг/кг почвы, и 176-189 мг/кг почвы pH сол. – 5,7. Повторность опыта – трехкратная, размещение делянок последовательное, площадь каждой делянки 110 м². Система основной и предпосевной подготовки почвы включала лущение стерни, вспашку, предпосевное и послепосевное боронование, предпосевное внесение азотосодержащих удобрений 150 кг/га. В ходе исследований было отмечено снижение количества микроорганизмов в организме полосатой хлебной блошки с 14,50 – 18,40 КОЕ×10⁴ (в необработанном контрольном варианте) при применении штамма PS17 до 0,10 – 0,20 КОЕ×10⁴ (в дозе 1,0 л/т) и до 4,73 КОЕ×10⁴ при применении штамма RECB-95; в организме пшеничного трипса было отмечено увеличение количества микроорганизмов с 1,94 КОЕ×10⁴ (в необработанном контрольном варианте) до 3,20 – 7,20 КОЕ×10⁴ при применении штамма RECB-95. Так же было отмечено изменение видового состава микроорганизмов, как блошек, так и трипсов при применении обоих биопрепаратов.

Ключевые слова: возделывание яровой пшеницы, биопрепараты, защита от вредителей, микрофлора кишечника насекомых-фитофагов.

Для цитирования: Абрамова А. А., Сафин Р. И. Оценка влияния двух штаммов эндофитных бактерий рода *Bacillus* на состав внутренней микрофлоры фитофагов яровой пшеницы// Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. №1 (13). С. 6-15.

Введение. Многие современные исследования затрагивают вопрос о том, насколько важна регуляция численности вредных насекомых при современном интенсивном земледелии [1, 2]. В настоящий момент широко распространена борьба с вредителями посредством химических инсектицидных средств, являющихся токсичными веществами, загрязняющими окружающую среду [3]. Для снижения применения химических агентов защиты растений от вредителей ведется поиск альтернативных средств [4, 5].

Такие насекомые как пшеничный трипс (*Haplothrips tritici*) и полосатая хлебная блошка (*Phyllotreta vittula*) являются одними из наиболее распространенных вредителей яровой пшеницы и наносят значительный ущерб ее урожаю [6,7]. Данные вредители несколько различны по строению ротового аппарата, а, следовательно, по способам питания, из-за чего, оказывают различное влияние на организм растений. Пшеничный трипс имеет колюще-сосущий ротовой аппарат, во взрослом состоянии питается клеточным соком листьев и колосковых чешуй растений, снижая, таким образом, эффективность их фотосинтеза [8].

В свою очередь, личинки трипса, поражают колоски и, питаясь зерновками, снижают качество зерна напрямую [9]. Полосатая хлебная блошка имеет грызущий ротовой аппарат, взрослые особи соскабливают мякоть с поверхности листьев. Поскольку появляются имаго полосатой блошки достаточно рано, они сильно вредят растениям на стадию всходов – в то время, когда в растении закладываются все основные процессы развития его организма [10].

Благодаря совместной эволюции микроорганизмов, растений и насекомых-вредителей, представители всех групп успешно приспособились к совместному существованию [11, 12]. Любой элемент системы растение-фитофаг-микробиом оказывает свое влияние на все остальные элементы системы [13]. Показано, что микробиом растений напрямую влияет на микробиом насекомых, поедающих эти растения, и, в свою очередь, микробиом, в организме вредных насекомых оказывает влияние на снижение естественного иммунитета растений к этим вредителям [14].

Кроме того, показано, что микрофлора кишечника насекомых влияет на их устойчивость к стрессовым факторам. В особенности,

такой устойчивости способствуют представители рода *Pantoea*, которые часто встречаются в кишечнике фитофагов, в том числе блошек и трипсов [15, 16, 17]. Есть исследования, которые показывают, что изменение соотношения микробионтов кишечника насекомых в сторону преобладания представителей рода *Bacillus* снижают устойчивость насекомых к болезням и действию химических инсектицидов [18]. Таким образом, есть большая вероятность того, что использование биологических препаратов, основанных на живых бактериях, способных изменять микрофлору организма вредных насекомых может положительно повлиять на их сдерживание [19].

Учитывая все сказанное выше, можно прийти к выводам о том, что изучение микробиома вредных насекомых и его изменение при помощи биологических препаратов может способствовать регуляции их численности и вредоносности, а применение таких препаратов на растениях может способствовать повышению устойчивости последних к вредителям.

Целью данных исследований являлось изучение кишечной микрофлоры пшеничного трипса и полосатой хлебной блошки, обитающих на растениях яровой пшеницы, при ее обработке биологическими препаратами на основе бактерий *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95.

Условия, материалы и методы. Мягкая яровая пшеница сорта Ульяновская-105 возделывалась в течение трех вегетационных сезонов с 2020 по 2022 года в Лаишевском районе республики Татарстан. Пшеница возделывалась в серой лесной почве со следующим агрохимическими показателями: исходное содержание гумуса 3,2% (по Тюрину), подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 233-240 мг/кг почвы, и 176-189 мг/кг почвы pH сол. – 5,7. Три сезона возделывания отличались между собой по погодным условиям. Период вегетации в 2020 году был достаточно влажным и прохладным. Период вегетации в 2021 году был жарким и экстремально засушливым. В период вегетации 2022 года в начале развития растений наблюдалась умеренная влажность и комфортные температуры воздуха, но в конце вегетационного сезона периодически наблюдались засушливые явления с жаркими температурами.

В качестве средств защиты на растениях применялись биологические препараты на основе бактерий в различных нормах применения, а также для сравнения в отдельном варианте использовались химические средства защиты. Схема стационарного полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов: контроль (без обработки); обработка семян PS17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS17 0,5 л/га; обработка семян PS17 1,0 л/т + опрыскивание

растений PS17 1,0 л/га; обработка семян PS17 дозой 1,5 л/т + опрыскивание растений PS17 1,5 л/га; обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га; обработка семян и опрыскивание растений химическими фунгицидами. Химическая обработка заключалась в протравливании семян перед посевом фунгицидом «Ламадор» (протиокназол, тебуконазол) дозой 0,15 л/т и опрыскивание растений препаратом Пропишанс» (пропиконазол) дозой 0,5 л/га. Химическая обработка проводилась только в два сезона возделывания: 2021-2022 года, и не проводилась в сезон 2020 года, в то время как все остальные варианты обработки, а так же необработанный контрольный вариант присутствовали на протяжении всех рассматриваемых сезонов.

Штаммы *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 являются факультативными эндофитами сельскохозяйственных культур. Штамм PS17 был выделен из семян пшеницы, штамм RECB-95 – из стеблей и корней томатов.

Учет и сбор для анализа особей полосатой хлебной блошки производился на стадиях всходов и выхода в трубку. Отлов особей производился при помощи ловушек [20]. Отбор и учет особей пшеничного трипса производился в стадии выхода в трубку, колошения и цветения [21]. Насекомых в лаборатории измеряли, перед посевом на питательную среду поверхностно стерилизовали при помощи этилового спирта и высевали на питательный агар целиком, или готовили гомогенат из их тел [22]. При посеве на питательные среды гомогената готовили последовательные разведения.

Материал высевали на чашки с питательным агаром: Lysogeni Broth (LB) [23, 24] и мясо-пептонный агар (МПА). Чашки с материалом инкубировали в течение 2 суток при температуре 28°C. Затем, проводили морфологический анализ полученных колоний микроорганизмов и их количественный учет. Подсчет количества (КОЕ) микроорганизмов производили согласно стандартным методикам [25], при статистической обработке использовали стандартное отклонение.

Для видовой идентификации выделенных микроорганизмов проводили ПЦР участка гена 16S рРНК [26, 27] с последующим секвенированием по Сэнгеру.

Результаты и обсуждения. В ходе изучения кишечной микрофлоры вредителей были получены данные по общему количеству микроорганизмов в кишечниках этих насекомых, а также, видовой состав этих микроорганизмов.

Общее количество микроорганизмов в кишечнике полосатой хлебной блошки приведено в таблице 1.

АГРОНОМИЯ

Таблица 1 – Количество микроорганизмов в кишечнике полосатой хлебной блошки в зависимости от обработки растений пшеницы биологическими препаратами и химическими фунгицидами в 2020-2022 года

Вариант	2020 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала	2021 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала	2022 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала
Контроль (без обработки)	18,40±0,30	14,50±0,80	18,15±0,17
Обработка семян PS 17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 0,5 л/га	4,10±0,30	5,40±0,10	1,40±0,19
Обработка семян PS 17 1,0 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,0 л/га	0,10±0,04	0,20±0,05	0,20±0,05
Обработка семян PS 17 1,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,5 л/га	1,00±0,02	1,20±0,04	1,35±0,04
Обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га	7,20±0,50	3,20±0,10	3,80±0,40
Хим. препараты («Ламадор 0,15 л/т + «Пропишанс» 0,5 л/га)	_*	не обнаружены	4,00±0,50
НСР ₀₅	0,10	0,20	0,20

Примечание: *_ – вариант обработки не применялся в 2020 году

В кишечнике полосатой хлебной блошки наиболее обильная микрофлора отмечена в контрольном варианте, во всех обработанных вариантах количество микроорганизмов в кишечнике заметно снижено, в особенности это характерно для

блошек, обитавших на растениях, обработанных химическим препаратом и PS 17 в норме 1,0 л/т.

В таблице 2 представлены данные по видовому составу микроорганизмов в кишечнике полосатой хлебной блошки.

Таблица 2 – Влияние обработки растений пшеницы биологическими препаратами и химическими фунгицидами на микроорганизмы в кишечнике полосатой хлебной блошки в 2020-2022 года

Вариант	2020 год		2021 год		2022 год	
	виды бактерий	кол-во, КОЕ x10 ⁴ /100 мг материала	виды бактерий	кол-во, КОЕ x10 ⁴ /100 мг материала	виды бактерий	кол-во, КОЕ x10 ⁴ /100 мг материала
1	2	3	4	5	6	7
Контроль (без обработки)	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,74±0,22	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,58±0,02	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,72±0,04
	<i>Pantoea spp</i>	17,66±2,77	<i>Pantoea spp</i>	13,92±0,45	<i>Pantoea spp</i>	17,42±0,25
Обработка семян PS 17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 0,5 л/га	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,45±0,08	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,80±0,01	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,14±0,36
	<i>Bacillus toyonensis</i>	3,40±0,08	<i>Bacillus toyonensis</i>	4,40±0,18	<i>Bacillus toyonensis</i>	0,14±0,03
	<i>Pantoea spp</i>	0,25±0,08	<i>Pantoea spp</i>	0,20±0,05	<i>Pantoea spp</i>	0,12±0,05

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Обработка семян PS 17 1,0 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,0 л/га	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,08±0,01	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,17±0,02	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,17±0,04
	<i>Pseudomonas syringae</i>	<0,01	<i>Pseudomonas syringae</i>	0,02±0,01	<i>Pseudomonas syringae</i>	0,02±0,01
	<i>Pantoea spp</i>	<0,01	<i>Pantoea spp</i>	0,01±0,01	<i>Pantoea spp</i>	0,01±0,01
Обработка семян PS 17 1,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,5 л/га	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,00±0,02	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,20±0,04	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,06±0,19
					<i>Pseudomonas syringae</i>	0,16±0,01
					<i>Pantoea spp</i>	0,13±0,01
Обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	3,50±0,18	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,60±0,01	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	3,53±0,13
	<i>Bacillus toyonensis</i>	3,70±0,21	<i>Bacillus toyonensis</i>	1,60±0,01	<i>Bacillus toyonensis</i>	0,27±0,04
Хим. препараты («Ламадор 0,15 л/т + «Пропишанс» 0,5 л/га)	_*	_*	не обнаружены	-	<i>Pantoea spp.</i>	3,96±0,22

Примечание: * – вариант обработки не применялся в 2020 году

Видовой состав кишечной микрофлоры полосатой хлебной блошки не слишком разнообразен, представлен двумя видами рода *Bacillus*, некоторыми представителями рода *Pantoea*, и редко – представителями рода *Pseudomonas*. Вид *Pseudomonas syringae* отмечается только в одном варианте – при обработке растений PS 17 в норме 1,0 л/га в сезоны 2021 и 2022 года. Данный вид достаточно обычен для кишечной микрофлоры насекомых, но может являться патогенным для растений [28].

Можно отметить, что видовой состав микроорганизмов в кишечнике хлебной блошки не сильно отличается в разные сезоны, за исключением некоторых вариантов (обработка растений RECB-95), где в 2022 году видовой состав несколько более разнообразен, чем в предыдущие сезоны. Во все сезоны в контрольных вариантах отмечается один

представитель рода *Bacillus* и один представитель рода *Pantoea*, последний из которых заметно преобладает над другим. При обработке пшеницы биопрепаратами данная картина меняется – становится больше видов рода *Bacillus* и их количество становится значительно больше, чем *Pantoea spp*, вплоть до исчезновения данного рода в вариантах обработки пшеницы RECB-95. Что касается насекомых, обитавших на растениях, обработанных химическим препаратом, то в их кишечнике наблюдается обратная картина – исчезают представители рода *Bacillus* и остается лишь несколько неопределенных видов рода *Pantoea*, при довольно низком общем количестве микроорганизмов.

В таблице 3 представлены данные по общему количеству микроорганизмов в кишечнике пшеничного трипса.

АГРОНОМИЯ

Таблица 3 – Общее количество микроорганизмов в кишечнике пшеничного трипса в зависимости от обработки растений пшеницы биологическими препаратами и химическими фунгицидами в 2020-2022 года

Вариант	2020 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала	2021 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала	2022 год, КОЕ×10 ⁴ /100 мг материала
Контроль (без обработки)	1,80±0,17	2,00±0,04	2,03±0,17
Обработка семян PS 17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 0,5 л/га	0,90±0,07	1,10±0,10	2,15±0,26
Обработка семян PS 17 1,0 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,0 л/га	2,50±0,22	0,80±0,04	0,67±0,04
Обработка семян PS 17 1,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,5 л/га	3,70±0,20	1,70±0,10	1,15±0,12
Обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га	5,00±0,34	6,10±0,10	1,00±0,09
Хим. препараты («Ламадор 0,15 л/т + «Пропианс» 0,5 л/га)	_*	1,50±0,20	1,00±0,11
НСР ₀₅	0,20	0,30	0,30

Примечание: *_ – вариант обработки не применялся в 2020 году

В кишечнике пшеничных трипсов количество микроорганизмов заметно меньше, чем в кишечнике полосатых хлебных блошек, что может быть связано с характером их питания – потребление жидкой пищи через колюще-сосущий ротовой аппарат [29]. Наибольшее количество бактерий, в среднем, наблюдается в кишечнике трипсов, обитавших на растениях, обработанных RECB-95. В некоторых вариантах обработки, наблюдается изменение количества

микроорганизмов в кишечнике трипсов в разные сезоны. Так, например, при обработке растений штаммом PS 17 в норме 1,0 л/т и 1,5 л/т в 2020 году это количество больше, чем в 2021 и 2022 года. Так же достаточно заметно снижение количества микроорганизмов в кишечнике трипсов при применении химических препаратов.

В таблице 4 представлены данные по видовому составу микрофлоры кишечника пшеничного трипса.

Таблица 4 – Влияние обработки растений пшеницы биологическими препаратами и химическими фунгицидами на микроорганизмы в кишечнике пшеничного трипса в 2020-2022 года

Вариант	2020 год		2021 год		2022 год	
	виды бактерий	кол-во, КОЕ ×10 ⁴ /100 мг материала	виды бактерий	кол-во, КОЕ ×10 ⁴ /100 мг материала	виды бактерий	кол-во, КОЕ ×10 ⁴ /100 мг материала
1	2	2	4	4	6	6
Контроль (без обработки)	<i>Enterobacter sp</i>	0,08±0,02	<i>Enterobacter sp</i>	0,08±0,01	<i>Enterobacter sp</i>	<0,01
	<i>Pantoea sp.</i>	1,72±0,41	<i>Pantoea sp.</i>	1,92±0,12	<i>Pantoea sp.</i>	0,52±0,02
	<i>Klebsiella sp</i>	<0,01	<i>Klebsiella sp</i>	<0,01	<i>Klebsiella sp</i>	1,25±0,50
					<i>Bacillus toyonensis</i>	0,26±0,02

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7
Обработка семян PS 17 0,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 0,5 л/га	<i>Bacillus sp</i>	0,54±0,02	<i>Bacillus sp</i>	0,60±0,04	<i>Bacillus sp</i>	0,30±0,01
					<i>Clostridium sp</i>	0,25±0,05
	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,36±0,09	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,50±0,03	<i>Pantoea agglomerans</i>	1,56±0,05
					<i>Citrobacter sp.</i>	0,02±0,01
Обработка семян PS 17 1,0 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,0 л/га	<i>Bacillus sp</i>	2,30±0,11	<i>Bacillus sp</i>	0,70±0,04	<i>Bacillus sp</i>	0,11±0,01
					<i>Streptomyces sp</i>	0,03±0,01
	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,20±0,01	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,10±0,01	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,45±0,04
					<i>Clostridium sp</i>	0,06±0,01
Обработка семян PS 17 1,5 л/т + опрыскивание растений PS 17 1,5 л/га	<i>Bacillus sp</i>	2,96±0,11	<i>Bacillus sp</i>	1,10±0,28	<i>Bacillus sp</i>	0,25±0,09
	<i>Pantoea sp</i>	0,74±0,05	<i>Pantoea sp</i>	0,60±0,03	<i>Pantoea sp</i>	0,72±0,20
					<i>Streptomyces sp</i>	0,17±0,07
Обработка семян RECB-95 1,0 л/т + опрыскивание растений RECB-95 1,0 л/га	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	3,00±0,01	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	3,20±0,21	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0,67±0,02
	<i>Bacillus toyonensis</i>	2,00±0,01	<i>Bacillus toyonensis</i>	2,90±0,22	<i>Bacillus toyonensis</i>	0,31±0,01
Хим. препараты («Ламадор 0,15 л/т + «Пропишанс» 0,5 л/га)	-*	-*	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,69±0,11	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,46±0,01
			<i>Pseudomonas syringae</i>	0,42±0,07	<i>Pseudomonas syringae</i>	0,28±0,02
			<i>Pantoea stewartii</i>	0,39±0,11	<i>Pantoea stewartii</i>	0,26±0,07

Примечание: * – вариант обработки не применялся в 2020 году

Видовой состав кишечной микрофлоры трипсов несколько разнообразнее, чем у блошек. Кроме *Bacillus spp.*, *Pantoea spp.* и представителей рода *Pseudomonas*, здесь также отмечены представители родов *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Clostridium* и *Citrobacter*, часто входящие в состав кишечной микрофлоры насекомых, а также, представители рода *Streptomyces*.

Представители рода *Pantoea* являются преобладающими в контрольном варианте. При применении препаратов их численность снижается, в особенности в случае применения штамма RECB-95. В этом варианте, *Pantoea spp.* отсутствуют, а вся микрофлора представлена лишь родом *Bacillus*.

Выводы. Из всех полученных результатов можно сделать ряд выводов об изменениях в кишечной микрофлоре насекомых вредителей в зависимости от обработки растений пшеницы, на которых они обитают. Применение как биологических, так и химических препаратов при обработке растений пшеницы по-разному влияет на кишечную микрофлору насекомых с разным типом питания.

При применении биопрепаратов в организме хлебной блошки снижалось общее количество микроорганизмов: с $14,50 - 18,40 \text{ КОЕ} \times 10^4$ (в необработанном контрольном варианте) до $0,10 - 0,20 \text{ КОЕ} \times 10^4$, в случае обработки штаммом PS17 (в дозе $1,0 \text{ л/т}$ и до $3,20 - 7,20 \text{ КОЕ} \times 10^4$ при применении штамма RECB-95; в организме пшеничного трипса было отмечено увеличение количества микроорганизмов с $1,80 - 2,03 \text{ КОЕ} \times 10^4$ (в необработанном контрольном варианте)

до $1,00 - 6,10 \text{ КОЕ} \times 10^4$ при применении штамма RECB-95.

Применение биопрепаратов, в целом изменяет видовой состав в кишечнике и тех и других насекомых. В случае с блошками, оба биологических препаратов снижают в их кишечнике количество энтеробактерий рода *Pantoea* ($13,92 - 17,66 \text{ КОЕ} \times 10^4$ в контрольном необработанном варианте). При применении PS17 в дозе $0,5 \text{ л/т}$ (и $0,5 \text{ л/га}$) количество представителей рода *Pantoea* составляет $0,12 - 0,25 \text{ КОЕ} \times 10^4$, при применении PS17 в дозе $1,0 \text{ л/т}$ (и $1,0 \text{ л/га}$) составляет $0,01 \text{ КОЕ} \times 10^4$ и меньше, при применении PS17 в дозе $1,5 \text{ л/т}$ (и $1,5 \text{ л/га}$) – $0,13 \text{ КОЕ} \times 10^4$ (2020 г.), или не обнаруживается (2021-2022 гг.), при применении штамма RECB-95 представители рода *Pantoea* не обнаружены. В кишечнике пшеничного трипса такое изменение происходит только при применении штамма RECB-95: в необработанном контрольном варианте количество представителей рода *Pantoea* составляет $0,52 - 1,92 \text{ КОЕ} \times 10^4$, а при применении штамма RECB-95 они не обнаруживаются. Данный штамм в наибольшей степени повлиял на кишечную микрофлору, как хлебных блошек, так и пшеничных трипсов, так как при его применении кишечная микрофлора обоих видов насекомых представлена только микроорганизмами рода *Bacillus*.

Также можно отметить, что среди представителей рода *Bacillus* в кишечнике блошек и трипсов, при обработке пшеницы штаммом RECB-95 отмечен вид *Bacillus amyloliquefaciens*, которым и является применяемый штамм.

Литература

- 1.Абрамова А. А. Влияние применения биопрепаратов на фитофагов яровой пшеницы // Актуальные вопросы рационального использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ Шакирова Азата Шаховича. Казань: Казанский ГАУ, 2024. С. 86-92.
- 2.Замотайлов А. С., Белый А. И., Бедловская И. В. Актуальные проблемы интегрированной экологизированной и биологической защиты растений от вредителей. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. 115 с. ISBN 978-5-00097-955-6.
- 3.Богданов Н. А., Тойгильдин А. Л., Тойгильдина И. А. Динамика плотности почвы и урожайность яровой пшеницы в зависимости от приемов возделывания в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии: научно-теоретический журнал. 2024. № 3(67). С. 36-42.
- 4.Орлин Н. А. Преимущества и недостатки использования смесей инсектицидов // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 11-1. С. 126-127.
- 5.Wallace J., Hammermeister A., Geldart E. Biological pest control // Organic Agriculture Centre of Canada, 2021. URL: <http://www.cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/faculty/agriculture/oacc/en/2021/FINAL-Biocontrol-JanetWallace.pdf> (дата обращения 25.02.2025).
- 6.Abdillayev M., Bababekov Q. Wheat thrips (Haplothrips tritici Kurd.) damage on grain crops in Uzbekistan // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 421. doi: <http://doi.org/10.1051/e3sconf/202342104001>
- 7.Вредители растений и сельскохозяйственной продукции / А. И. Белый, А. С. Замотайлов, И. Б. Попов и др. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2024. 392 с.
- 8.Пшеничный трипс (Haplothrips tritici) и хлебная жужелица (Zabrus tenebrioides) на посевах озимой пшеницы в условиях Кубани, их биология, вредоносность и меры борьбы / С. В. Иванов, К. М. Горшукова, В. А. Бояркина и др. // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 12-4(68). С. 30-33.
- 9.Вредоносность пшеничного трипса (Haplothrips tritici Kurd) на озимой и яровой пшенице при повреждении генеративных органов растений/ Н.А. Емельянов, Е. Е. Критская, И. Д. Еськов и др. // Аграрный научный журнал. 2018. № 5. С. 19-25.
- 10.Wheat insect management // Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. 2018. URL: http://www.southeast.k-state.edu/program_areas/crop_production/wheat/WheatInsectManagement_MF745.pdf (дата обращения 25.02.2025).
- 11.Polanczyk R. A., Pratissoli D. Biological control of agricultural pests: principles and field applications //

Revista Ceres. 2009. Vol. 56(4). pp. 410-419.

12.Изменение видового состава основных вредителей растений Лазаревского района города Сочи / Е. В. Кашутина, Л. Н. Бугасва, Т. Н. Игнатъева и др. // Земледелие. 2024. № 6. С. 42-48.

13.Экологическая роль микросимбионтов во взаимоотношениях растений и насекомых-фитофагов / А. В. Сорокань, С. Д. Румянцев, Г. В. Беньковская и др. // Успехи современной биологии. 2017. Т. 137, № 2. С. 135-149.

14.Tritrophic interactions: microbe-mediated plant effects on insect herbivores / I. Shikano, C. Rosa, C. W. Tan, et al. // Annu. Rev. Phytopathol. 2017. pp. 313-331.

15.Characterization of a novel *Pantoea* symbiont allows inference of a pattern of convergent genome reduction in bacteria associated with Pentatomidae / M. Kashkouli, M. Castelli, A. M. Floriano, et al // Environ Microbiol. 2021. № 23(1). pp. 36-50.

16.Shukla S. P., Beran F. Gut microbiota degrades toxic isothiocyanates in a flea beetle pest // Mol. Ecology. 2020. Vol. 29-23. pp. 4692-4705.

17.Jin G., Kim Y. *Pantoea* bacteria isolated from three thrips (*Frankliniella occidentalis*, *Frankliniella intonsa*, and *Thrips tabaci*) in Korea and their symbiotic roles in host insect development // J. Microbiol. Biotechnol. 2023. № 33(6). pp. 745-752.

18.Пушня М. В. Скрининг эффективных биологических средств защиты от нового адвентивного вредителя сельскохозяйственных культур – восточно-азиатского мраморного клопа // Виноградарство и виноделие. 2018. Т. 20, №3(105). С. 37-39.

19.Bale J. S., van Lenteren J. C., Bigler F. Biological control and sustainable food production // Philosophical Transactions of the Royal Society. 2008. pp. 761-776.

20.El-Wakeil N., Volkmar C. Monitoring of wheat insects and their natural enemies using sticky traps in wheat // Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2013. Vol. 46. pp. 1523-1532.

21.Особенности учета вредителей и экономические пороги вредоносности // Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур / М. Койшыбаев, Х. Муминджанов. Анкара: ФАО, 2016. С. 25-26.

22.Jaffar S., Ahmad S., Lu Y. Contribution of insect gut microbiota and their associated enzymes in insect physiology and biodegradation of pesticides // Front. Microbiol. 2022. Vol. 13. doi: <http://fmicb.2022.979383>

23.Microbiome shifts in sprouts (alfalfa, radish, and rapeseed) during production from seed to sprout using 16S rRNA microbiome sequencing / S. Y. Kim, G. Ban, Y. W. Hong, et al. // Food research international. 2022. Vol. 152. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110896>

24.Валидов Ш. З., Комиссаров Э. Н. Бактериальный консорциум на основе ризосферных бактерий ярового ячменя // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. № 4(76). С. 12-17.

25.Методика посева и расчета количества клеток микроорганизмов // Современные методы оценки микробиологических свойств и экологического статуса почвы / под общ. ред. Н. Н. Терещенко, Е. Е. Акимовой, О. М. Минаевой. Томск: Издательский дом ТГУ, 2017. С. 40-43.

26.Identification of Bacterial Endophytes by 16S rRNA / V. Ambikapathy, S. Babu, R. Shanmugapriya, et al. // Endophytic Microbes: Isolation, Identification, and Bioactive Potentials. Springer Protocols Handbooks. 2022. pp. 85-87.

27.Исламов Б. Р., Шульга Е. Ю. Получение перспективных штаммов из дикорастущих растений для применения в сельском хозяйстве // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. № 4(76). С. 41-48.

28.Xin X. F., Kvitko B., He S.Y. *Pseudomonas syringae*: what it takes to be a pathogen // Nature Reviews Microbiology. 2018. Vol. 16. pp. 316-328.

29.Role of insect gut microbiota in pesticide degradation: a review / J. A. Siddiqui, M. M. Khan, B. S. Bamsile, et al. // Front. Microbiol. 2022. Vol. 13. doi: <http://doi.org/10.3389/fmicb.2022.870462>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Абрамова Арина Алексеевна – соискатель, e-mail: abramova92a@yandex.ru

Сафин Радик Ильясевич – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой общего земледелия, защиты растений и селекции, член-корр. АН РТ, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728> Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

ASSESSING THE EFFECT OF TWO STRAINS OF ENDOPHYTIC *BACILLUS* BACTERIA ON THE COMPOSITION OF THE INTERNAL MICROFLORA OF SPRING WHEAT PHYTOPHAGES A. A. Abramova, R. I. Safin

Abstract. The article presents research materials on assessing the effect of treating spring wheat seeds and plants with biopreparations based on two endophytic bacteria *Bacillus mojavensis* PS17 and *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 on the species composition and quantity of the internal microflora of such phytophages as wheat thrips (*Haplothrips tritici*) and striped grain flea beetle (*Phyllotreta vittula*). Spring wheat was cultivated in Laishevskiy district of the Republic of Tatarstan during three growing seasons from 2020 to 2022. The stationary field experiment design included the study of the following options: control (no treatment); seed treatment with PS17 at a dose of 0.5 l/t + plant spraying with PS17 at a dose of 0.5 l/ha; seed treatment with PS17 at a dose of 1.0 l/t + plant spraying with PS17 at a dose of 1.0 l/ha; seed treatment with PS17 at a dose of 1.5 l/t + plant spraying with PS17 at a dose of 1.5 l/ha; seed treatment with RECB-95 at a dose of 1.0 l/t + plant spraying with RECB-95 at a dose of 1.0 l/ha; seed treatment and plant spraying with chemical fungicides. The objects of the research were phytophagous insects (striped flea beetle and wheat thrips) living on spring wheat of Ulyanovskaya 105 variety. Wheat was cultivated in gray forest soil with the following agrochemical parameters: initial humus content of 3.2% (according to Tyurin), mobile phosphorus and potassium (according to Kirsanov) – 233-240 mg/kg of soil, and 176-

189 mg/kg of soil, pH of salt - 5.7. The experiment was repeated three times, the plots were placed sequentially, the area of each plot was 110 m². The system of primary and pre-sowing soil preparation included stubble cultivation, plowing, pre-sowing and post-sowing harrowing, pre-sowing application of azophoska at a dose of 150 kg/ha. During the studies, a decrease in the number of microorganisms in the body of the striped grain flea beetle was noted from 14.50 - 18.40 CFU×10⁴ (in the untreated control variant) when using the PS17 strain to 0.10 - 0.20 CFU×10⁴ (at a dose of 1.0 l/t) and to 4.73 CFU×10⁴ when using the RECB-95 strain; in the body of the wheat thrips, an increase in the number of microorganisms was noted from 1.94 CFU×10⁴ (in the untreated control variant) to 3.20 - 7.20 CFU×10⁴ when using the RECB-95 strain. A change in the species composition of microorganisms, both fleas and thrips, was also noted when using both biological products.

Key words: spring wheat cultivation, biopreparations, pest control, intestinal microflora of phytophagous insects.

For citation: Abramova A. A., Safin R. I. Assessing the effect of two strains of endophytic *bacillus* bacteria on the composition of the internal microflora of spring wheat phytophages // Agrobiotechnologies and digital farming. 2025. 1 (13). 6-15 p.

References

1. Abramova AA. [Effect of the use of biopreparations on phytophages of spring wheat. Actual issues of rational use of land resources, geodesy and nature management]. Sbornik trudov vserossiiskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati professora kafedry zemleustroystva i kadastr Kazanskogo GAU Shakirova Azata Shaekhovicha. Kazan: Kazanskiy GAU. 2024; 86-92 p.
2. Zamotaylov AS, Belyy AI, Bedlovskaya IV. Aktualnye problemy integrirovannoy ekologizirovannoy i biologicheskoy zashchity rasteniy ot vrediteley. Actual problems of integrated ecologically friendly and biological protection of plants from pests. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T.Trubilina. 2019; 115 p. ISBN 978-5-00097-955-6.
3. Bogdanov NA, Toygildin AL, Toygildina IA. [Dynamics of soil density and spring wheat productivity depending on cultivation methods in the forest-steppe zone of the Middle Volga region]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii: nauchno-teoreticheskii zhurnal. 2024; 3(67). 36-42 p.
4. Orlin NA. [Advantages and disadvantages of using insecticide mixtures]. Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya. 2015; 11-1. 126-127 p.
5. Wallace J, Hammermeister A, Geldart E. Biological pest control. [Internet]. Organic Agriculture Centre of Canada. 2021; [cited 2025, February 25]. Available from: <http://www.cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/faculty/agriculture/oacc/en/2021/FINAL-Biocontrol-JanetWallace.pdf>.
6. Abdillaev M, Bababekov Q. Wheat thrips (Haplothrips tritici Kurd.) damage on grain crops in Uzbekistan. E3S Web of Conferences. 2023. Vol.421. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342104001>
7. Belyy AI, Zamotaylov AS, Popov IB. Vrediteli rasteniy i selskokhozyaystvennoy produktsii. [Pests of plants and agricultural products]. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T.Trubilina. 2024; 392 p.
8. Ivanov SV, Gorshukova KM, Boyarkina VA. [Wheat thrips (Haplothrips tritici) and grain ground beetle (Zabrus tenebrioides) on winter wheat crops in Kuban, their biology, harmfulness and control measures]. Aktualnye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. 2020; 12-4(68). 30-33 p.
9. Emelyanov NA, Kritskaya EE, Eskov ID. [Harmfulness of wheat thrips (Haplothrips tritici Kurd) on winter and spring wheat with damage to the generative organs of plants]. Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2018; 5. 19-25 p.
10. Wheat insect management. [Internet]. Kansas State University Agricultural experiment station and cooperative extension service. 2018; [cited 2025, February 25]. Available from: http://www.southeast.k-state.edu/program_areas/crop_production/wheat/WheatInsectManagement_MF745.pdf.
11. Polanczyk RA, Pratissoli D. Biological control of agricultural pests: principles and field applications. Revista Ceres. 2009; Vol.56(4). 410-419 p.
12. Kashutina EV, Bugaeva LN, Ignateva TN. [Changes in the species composition of the main plant pests of Lazarevskiy district of Sochi]. Zemledelie. 2024; 6. 42-48 p.
13. Sorokan AV, Rummyantsev SD, Benkovskaya GV. [Ecological role of microsymbionts in the relationship between plants and phytophagous insects]. Uspekhi sovremennoy biologii. 2017; Vol.137. 2. 135-149 p.
14. Shikano I, Rosa C, Tan CW. Tritrophic interactions: microbe-mediated plant effects on insect herbivores. Annu. Rev. Phytopathol. 2017; 313-331 p.
15. Kashkouli M, Castelli M, Floriano AM. Characterization of a novel Pantoea symbiont allows inference of a pattern of convergent genome reduction in bacteria associated with Pentatomidae. Environ Microbiol. 2021; 23(1). 36-50 p.
16. Shukla SP, Beran F. Gut microbiota degrades toxic isothiocyanates in a flea beetle pest. Mol. Ecology. 2020; Vol.29-23. 4692-4705 p.
17. Jin G, Kim Y. Pantoea bacteria isolated from three thrips (Frankliniella occidentalis, Frankliniella intonsa, and Thrips tabaci) in Korea and their symbiotic roles in host insect development. J. Microbiol. Biotechnol. 2023; 33(6). 745-752 p.
18. Pushnya MV. [Screening of effective biological control agents against a new adventitious pest of agricultural crops – the East Asian marmorated stink bug]. Vinogradstvo i vinodelie. 2018; Vol.20. 3(105). 37-39 p.
19. Bale JS, van Lenteren JC, Bigler F. Biological control and sustainable food production. Philosophical Transactions of the Royal Society. 2008; 761-776 p.
20. El-Wakeil N, Volkmar C. Monitoring of wheat insects and their natural enemies using sticky traps in wheat. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2013; Vol.46. 1523-1532 p.
21. Koyshybaev M, Mumindzhanov Kh. [Features of pest accounting and economic thresholds of harmfulness. Methodological guidelines for monitoring diseases, pests and weeds in grain crops]. Ankara: FAO. 2016; 25-26 p.
22. Jaffar S, Ahmad S, Lu Y. Contribution of insect gut microbiota and their associated enzymes in insect physiology and biodegradation of pesticides. Front. Microbiol. 2022; Vol.13. doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.979383>
23. Kim SY, Ban G, Hong YW. Microbiome shifts in sprouts (alfalfa, radish, and rapeseed) during production

from seed to sprout using 16S rRNA microbiome sequencing. Food research international. 2022; Vol.152. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110896>

24. Validov ShZ, Komissarov EN. [Bacterial consortium based on rhizosphere bacteria of spring barley]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; 4(76). 12-17 p.

25. Tereshchenko NN, Akimova EE, Minaeva OM. Metodika poseva i rascheta kolichstva kletok mikroorganizmov. Sovremennye metody otsenki mikrobiologicheskikh svoystv i ekologicheskogo statusa pochvy. [Methodology for sowing and calculating the number of microorganism cells. Modern methods for assessing the microbiological properties and ecological status of the soil]. Tomsk: Izdatelskiy dom TGU. 2017; 40-43 p.

26. Ambikapathy V, Babu S, Shanmugapriya R. Identification of Bacterial Endophytes by 16S rRNA. Endophytic Microbes: isolation, identification, and bioactive potentials. Springer Protocols Handbooks. 2022; 85-87 p.

27. Islamov BR, Shulga EYu. [Obtaining promising strains from wild plants for use in agriculture]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; 4(76). 41-48 p.

28. Xin XF, Kvitko B, He SY. Pseudomonas syringae: what it takes to be a pathogen. Nature Reviews Microbiology. 2018; Vol.16. 316-328 p.

29. Siddiqui JA, Khan MM, Bamsile BS. Role of insect gut microbiota in pesticide degradation: a review. Front. Microbiol. 2022; Vol.13. doi: <http://doi.org/10.3389/fmicb.2022.870462>

Conflict of interest

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

Authors:

Abramova Arina Alekseevna – an applicant, e-mail: abramova92a@yandex.ru

Safin Radik Ilyasovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of Department of General Agriculture, Plant Protection and Breeding, Corresponding Member Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОУДОБРЕНИЙ И БИОГАЗА****И. Х. Гайфуллин, З. М. Халиуллина, Б. Г. Зиганшин**

Реферат. В данной научной статье представлены возможности совершенствования инновационных энергосберегающих решений в аграрной отрасли, а также изучаются вопросы управления энергопотреблением и повышения энергоэффективности. Представлены результаты экспериментальных исследований мобильной биогазовой установки, работающей в термофильном режиме сбраживания (при температуре 55°C) органических отходов, получением биогаза и органических удобрений. Экспериментальные данные показали, что состав полученного биогаза включает: 67,8% метана (CH_4), 28% углекислого газа (CO_2), 3% водорода (H_2), 1% азота (N_2), 0,1% воды (H_2O) и сероводорода (H_2S) на уровне 0,03 %. В ходе 16-дневного исследования была оценена эффективность переработки органических отходов различных видов животноводства, в результате чего получили следующие объемы биогаза: 10 м³ из свиного навоза, 7 м³ из куриного помета, 5 м³ из конского навоза и 8 м³ из навоза крупного рогатого скота (КРС). Результаты комплексного анализа, полученного высококачественного органического удобрения по агрохимическим, микробиологическим, санитарно-паразитологическим и санитарно-энтомологическим показателям были проведены в сертифицированной лаборатории ФГБУ «Татарская межрегиональная ветеринарная лаборатория». После переработки органических отходов в биогазовой установке содержание азота в субстрате увеличилось на 3,5 раза по сравнению с исходным материалом. Значение pH полученного удобрения составило 7, что указывает на нейтральный pH. Содержание фосфора достигло 2,3%, а калия - 1,3%. Эти данные подчеркивают потенциал использования органических отходов как источника возобновляемой энергии, что может способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: режимы работы, биогаз, биоудобрение, кислотность, органические отходы, почва.

Для цитирования: Гайфуллин И. Х., Халиуллина З. М., Зиганшин Б. Г. Утилизация органических отходов сельского хозяйства с получением биоудобрений и биогаза // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2025. 1 (13). С. 16-23.

Введение. Современные вызовы в области экологии и энергетики и сельского хозяйства требуют комплексного подхода к решению проблем, связанных с истощением природных ресурсов и ухудшением состояния окружающей среды. Экологический кризис, сопровождающийся изменением климата, устареванием энергетической инфраструктуры и растущими требованиями к устойчивому развитию, подчеркивает необходимость перехода на возобновляемые источники энергии с более эффективными моделями потребления.

Разработка и внедрение новых технологий, которые позволяют повышать эффективность существующих технологических процессов является актуальным, включающие в себя не только использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая энергия, или получение энергии биомассы, но и совершенствование технологий по преобразованию и хранению энергии [1, 2, 3].

Инновационные разработки в области термодинамических циклов, например, цикл с регенерацией тепла, способны значительно повысить коэффициент полезного действия (КПД), энергетических установок. Это открывает новые горизонты для использования таких технологий в промышленности и коммунальном хозяйстве. Также важно сказать о необходимости перехода на более чистые виды топлива, что подразумевает разработку и использование водорода, биотоплива, биогаза

и синтетических углеводородов, которые не только снижают углеродные выбросы, но и способствуют более устойчивому развитию. Интеграция новых технологий и переход на альтернативные источники энергии представляют собой ключевые факторы минимизации негативного воздействия на экосистему и обеспечения ресурсной устойчивости. Общевой курс на устойчивое развитие требует скоординированных усилий со стороны государств, бизнеса и научного сообщества для внедрения необходимых изменений в существующие методы производства и потребления. Сегодня энергосбережение стало не только ключевым, но и эффективным подходом к развитию энергетического сектора [4, 5, 6].

Также снижение плодородия почв становится серьезной проблемой, требующей оперативного решения. В условиях глобального изменения климата и увеличения потребительского спроса использование высокоэффективных органических удобрений приобретает особую актуальность. Органические удобрения способствуют восстановлению гумусного слоя почвы и обеспечивают питание микроорганизмов играющих основную роль в поддержании плодородности почвы. Анаэробная переработка органических отходов сельского хозяйства эффективно снижает негативное воздействие на экосистему и одновременно обеспечивает экономическую выгоду. Технология переработки органических отходов

сельского хозяйства (навоз, помет, солома и др.) в анаэробных условиях (без доступа воздуха) позволяет экологично утилизировать отходы и тем самым вырабатывать полезные продукты в виде биогаза и органического удобрения. В результате переработки органических отходов из полученного 1 м³ биогаза можно производить электроэнергию – 2-5 кВт·ч, тепло – 5-7 кВт·ч, или после предварительной очистки от различных примесей и других газов использовать в качестве топлива для транспортных средств. Биогаз является многофункциональным источником энергии, за счет которого можно переходить на более дешевые и альтернативные источники энергии [7, 8, 9].

Полученное органическое удобрение является высококачественным, обогащает почву питательными веществами, улучшает её структуру и способствует увеличению урожайности. Применяв такой способ, сельхозпроизводители могут добиться к уменьшению зависимости от химических удобрений, что, в свою очередь, снижает затраты и минимизирует риск загрязнения окружающей среды [10].

Для успешной реализации технологии анаэробной переработки необходимо учитывать несколько факторов, таких как правильный выбор субстратов, контроль за процессами ферментации и обеспечение надлежащей инфраструктуры для сбора и переработки отходов. Также требуется обучение и информирование фермеров о преимуществах и методах анаэробной переработки, чтобы способствовать её внедрению в агрономическую практику [11, 12].

Применение биогаза в качестве топлива для выработки электроэнергии и тепла значительно снижает потребление традиционных ресурсов, что, в свою очередь, уменьшает углеродный след. Примеров успешной реализации технологий, связанных с использованием биогаза, на сегодня существует немало. Например, выработка до 70 м³ биогаза из навоза одной головы крупного рогатого скота представляет собой практическое применение инновационных решений, направленных на рациональное использование ресурсов. Это способствует не только улучшению состояния почв и восстановлению их плодородия, но и высокоэффективному управлению сельским хозяйством в условиях современных вызовов. Интеграция методов анаэробной переработки органических отходов в сельскохозяйственную практику представляет собой важный шаг к устойчивому развитию агрокомплекса и экосистемы в целом. Основные фокусы на экологию, инновации и технологии могут привести к созданию более безопасного, эффективного и ресурсосберегающего сельского хозяйства [13, 14, 15].

Целью настоящей работы является оптимизация параметров и режимов функционирования биогазовой установки для повышения

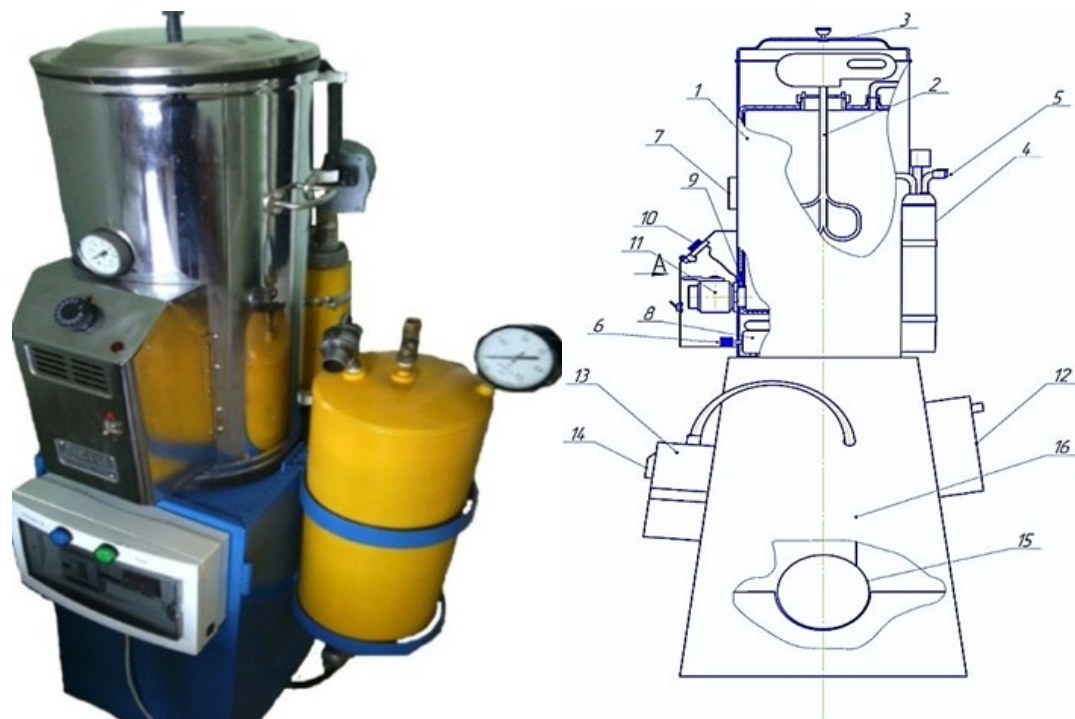
её энергоэффективности и продуктивности при переработке сельскохозяйственных отходов. Это включает в себя анализ динамики и сопоставление технологических параметров, таких как температура, pH, время сбраживания и состав исходного сырья, для достижения максимального выхода биогаза и улучшения качества получаемого органического удобрения. Данная оптимизация позволит снизить экологическую нагрузку, повысить экономическую целесообразность производства и содействовать устойчивому развитию агропромышленного комплекса.

Биогазовые установки, с конструктивной точки зрения, обладают общими характеристиками, включая герметично закрытые резервуары. Для получения сброженного субстрата нами была разработана мобильная биогазовая установка (МБУ). Данная установка представляет собой инновационное решение, основанное на конструкции ферментатора с двойным корпусом, то есть между корпусами создается воздушная прослойка, функционирующая как термос. За счет этой конструкции появляется возможность подачи горячего пара или воздуха в ферментатор для повышения эффективности установки и поддержания оптимальной температуры для анаэробного разложения органических отходов. Конструктивно - технологические параметры ферментатора МБУ оптимизированы для максимальной выработки биогаза, а возможность работы в мезофильном и термофильном режимах расширяет диапазон применения установки. Система автоматического управления обеспечивает непрерывный мониторинг процессов производства биогаза и удобрений, что повышает эффективность и надежность работы установки. Конструктивные решения разработки защищены патентами Российской Федерации № 150764, 208815, 2796354 на полезные модели и изобретения [16].

Условия, материалы и методы. Для выработки биогаза и получения высококачественных органических удобрений была использована мобильная биогазовая установка (рис. 1), разработанная учеными Рудаковым А.И., Гайфуллиным И.Х., Зиганшиным Б.Г. в Казанском государственном аграрном университете. Во время экспериментов применяли термофильный режим сбраживания, установленный на уровне 55°C, который способствовал активизации метаногенеза и ускорению разложения органических веществ, увеличивало выход биогаза. В процессе экспериментов были исследованы различные типы органических отходов сельского хозяйства, в том числе, отходы птицеводства (помет) и животноводства (свиной навоз, конский навоз и навоз КРС), что позволило определить их влияние на эффективность ферментации и качество получаемых продуктов. Мобильная установка обеспечивала гибкость проведения экспериментов и адаптацию под различные виды субстратов.

Результаты исследования могут быть полезны для разработки более эффективных технологий переработки органических отходов и производства возобновляемой энергии. Также

это открывает новые перспективы для внедрения биогазовых установок в аграрный сектор и другие отрасли, способствуя устойчивому развитию и улучшению экологической ситуации.



- 1 – ферментатор; 2 – электрическая мешалка рамного типа; 3 – крышка ферментатора; 4 – газгольдер малый (водяной затвор); 5 – электроконтактный манометр; 6 – переключатель теплоэлектронагревателя; 7 – биметаллический термометр; 8 – теплоэлектронагреватель; 9 – термоэлектрический преобразователь; 10 – регулятор температурного режима; 11 – сливной кран биоудобрения; 12 – микроконтроллер; 13 – счетчик метана; 14 – табло счетчика; 15 – тихоходный компрессор; 16 – подставка

Рис. 1 – Общий вид разработанной мобильной биогазовой установки

Перед проведением экспериментов сначала осуществляется подготовка субстрата (перерабатываемого материала), который автоматически загружается в ферментатор 1 мобильной биогазовой установки при помощи шестеренного насоса, используемого для транспортировки жидкостей. Для обеспечения равномерности перемешивания субстрата и распределения метанобразующих бактерий применяли электрическую мешалку рамного типа 2. После запуска установки до завершения цикла брожения ферментатор закрывается крышкой 3 для ограничения доступа воздуха. В крышке ферментатора имеется патрубок диаметром 20 мм, предназначенный для перекачивания биогаза в газгольдер [17].

Для обеспечения подогрева и поддержания однородной температуры, устанавливали регулятор температурного режима на уровне 55°C [18], которое осуществлялось с помощью биметаллического термометра 7, теплоэлектронагревателя 8, и термопары 9. После запуска ферментатора начинается процесс выделения биогаза. Биогаз из ферментатора выводился через водяной затвор 4, который служит фильтром для удаления углекислого газа (CO_2) и обратным клапаном биогаза.

Движение газовых пузырьков в водяном затворе позволяет следить за процессом газовой выделенной. После удаления углекислого газа (CO_2) биогаз (CH_4) транспортировался из водяного затвора 4 через фильтр-очиститель по трубопроводу к счетчику метана 13 и далее тихоходный компрессор 15 нагнетал биогаз в газгольдер. Фильтр-очиститель нужен для удаления водяных паров и сероводорода из биогаза. Перед запуском установки компрессором удаляли воздух из ферментатора, тем самым создавали анаэробные условия. Вырабатываемый биогаз внутри ферментатора создает высокое давление, которое контролировалось при помощи электроконтактного манометра 5. На газгольдере установлен дополнительный регулятор давления, который срабатывает при достижении разрешенного давления, тем самым обеспечивается безопасность эксплуатации установки.

Состав полученного биогаза анализировался с помощью газоанализатора, который показал содержание: 67,8% метана (CH_4), 28% углекислого газа (CO_2), 3% водорода (H_2), 1% азота (N_2), 0,1% влаги (H_2O) и следы сероводорода (H_2S) на уровне 0,03%. Качество полученного продукта в виде органического

удобрения оценивалось по основанным показателям (агрохимические, санитарно-паразитологические, микробиологические, санитарно-энтомологические) в сертифицированной центральной научно-методической ветеринарной лаборатории.

Результаты и обсуждение. Переработка органических отходов анаэробным способом представляет собой эффективный и устойчивый процесс, который не только позволяет перерабатывать отходы, но и восстанавливать ценные питательные элементы, такие как азот, фосфор и калий, в формах, удобных для усвоения растениями. Такой подход к утилизации органических отходов содействует внедрению принципов циркулярной экономики в сельское хозяйство, снижая нагрузку на экологическую систему и улучшая качество почвы.

Одной из ключевых особенностей удобрений, получаемых на биогазовых установках, является их высокое качество. Они содержат важные микро- и макроэлементы, такие как гуминовая и фульвовая кислота, кальций и другие компоненты, которые помогают регулировать водный баланс в почве и способствуют улучшению ее структуры. Доступность питательных веществ в таких удобрениях достигает 75% для азота, 50% для фосфора и 35% для калия, что делает их крайне эффективными для повышения плодородия сельскохозяйственных угодий. Немаловажным является возможность внесения таких удобрений в почву всего один раз в два-три года. Это не только экономит ресурсы фермеров, но и снижает риски загрязнения почвы. Преимущества, такие как отсутствие патогенной микрофлоры и семян, делают эти удобрения безопасными для окружающей среды и человека.

Внесение полученных высококачественных органических удобрений в почву значительно улучшает ее состав и структуру. Это восстанавливает гумусный слой и создает благоприятные условия для роста растений. Кроме того, повышается устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды и болезням благодаря восстановлению полезной микрофлоры и снижению роста вредных микроорганизмов.

В период работы МБУ поддерживали термофильный температурный режим, который положительно влияет на видовой состав микрофлоры во время ферментации. В термофильном температурном режиме сбраживания поддерживается высокая температура 55-65°C и происходит более эффективная переработка органических отходов и повышение выхода биогаза. Исследования показывают, что только небольшая часть микрофлоры способна развиваться в термофильных условиях, поэтому контроль температуры является критическим для успешной работы ферментационных установок.

Исследования по выработке биогаза и получения органических удобрений из конского, свиного навоза и навоза крупного рогатого

скота, птичьего помета в условиях термофильного режима сбраживания представляет собой актуальную задачу. Изучение этих процессов позволяет оптимизировать технологию сбраживания, достичь максимального выхода биогаза и эффективно использовать имеющиеся ресурсы, что в свою очередь способствует устойчивому развитию агрономической практики и повышению эффективности сельского хозяйства. Анаэробное сбраживание органических отходов является важным инструментом для повышения продуктивности сельского хозяйства, снижения экологической нагрузки и улучшения качества почвы. Его перспективы в улучшении устойчивости сельского хозяйства перед лицом современных глобальных вызовов неоспоримы. Эти отходы обладают различным химическим составом, что существенно влияет как на скорость, так и на конечный объем биогаза, производимого в процессе анаэробной ферментации.

В соответствии с проведенными экспериментами, результаты, представленные на рисунке 2, демонстрируют, что термофильный режим сбраживания способствует более высокой концентрации метана и большему объему образуемого газа по сравнению с мезофильными условиями. Такие мезофильные условия были изучены в предыдущих исследованиях [19]. Температура в диапазоне 50-65°C создает оптимальные условия для активности специфических термофильных микроорганизмов, которые оказывают значительное влияние на процессы разложения органических веществ.

В частности, свиной навоз, обладая высоким содержанием органических веществ и рыхлой структурой, продемонстрировал наибольший выход биогаза. Этот факт можно объяснить более высоким содержанием легкодоступных углеводов и белков, которые термофильные бактерии способны эффективно перерабатывать. Птичий помет и навоз КРС, хоть и отличаются по составу, также показали значительные результаты, однако выход биогаза оказался несколько ниже, что может быть связано с наличием более сложных соединений органических веществ, труднее поддающихся анаэробному расщеплению. Конский навоз, в свою очередь, продемонстрировал меньший выход биогаза в силу менее высокого содержания влаги и более высокого содержания волокон, что может затруднять процесс сбраживания.

Температура, как ключевой фактор, не только влияет на активность метаногенных микроорганизмов, но и на виды, присутствующие в системе. В термофильных условиях отмечается снижение видового разнообразия [12], однако, как показывают исследования, оставшиеся виды обладают повышенной эффективностью по переработке органических веществ. Это приводит к более высокому выходу биогаза, что подчеркивает преимущества термофильного режима [10, 20].

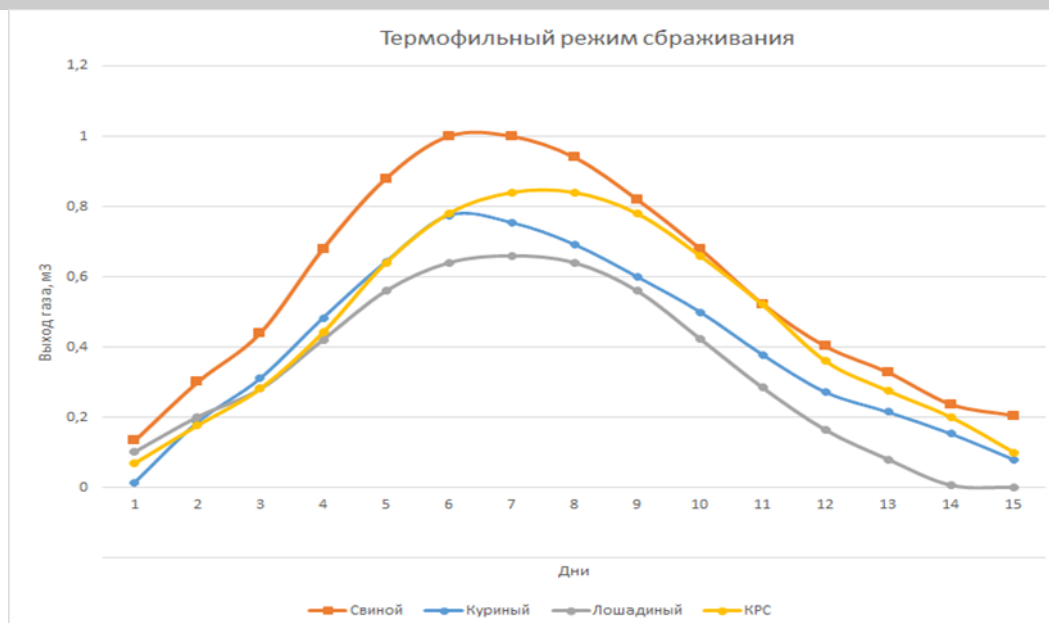


Рис. 2 – Общий вид разработанной мобильной биогазовой установки

На протяжении технологического процесса переработки органических отходов продолжительность одного цикла проходила в течение 16 суток, что является оптимальным для достижения максимальной эффективности как в получении биогаза, так и в производстве удобрений. По результатам исследований были получены следующие объемы биогаза (CH_4 , CO_2 , H_2S):

- 10 м³ из свиного навоза,
- 7 м³ из куриного навоза,
- 5 м³ из конского навоза,
- 8 м³ из коровьего навоза.

Эти данные свидетельствуют о различиях в выходе биогаза, что может быть обусловлено как соотношением органического вещества в каждом типе навоза, так и активностью микроорганизмов, участвующих в процессе сбраживания.

Стоит отметить, что в ходе исследований было выявлено, что повышение температуры сбраживания свыше 55°C приводит к снижению эффективности получения биогаза. Это подчеркивает важность контроля температурного режима в процессе

ферментации, который напрямую влияет на активность микрофлоры и, соответственно, на выход конечного продукта. После завершения полного цикла обработки органических отходов в результате анаэробного сбраживания происходит уничтожение патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, семян сорняков, а также нитритов и нитратов в получаемых удобрениях. Это значение особенно важно для обеспечения безопасности удобрений, которые могут быть использованы в агрономии.

Следующим этапом исследований являлся анализ токсикологических свойств полученных образцов. В качестве тест-объектов использовали равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* и ветвистоусых рачков *Gerrhodaphnia affinis* [21]. По результатам анализа установлено значительное снижение токсичности к окончанию цикла ферментации. Результаты, токсических свойств исследуемых образцов, представленные в таблице 1, подтверждают высокую эффективность процесса анаэробного сбраживания органических отходов в биогазовой установке [18].

Таблица 1 – Изменение токсических свойств, исследуемых образцов в ходе испытаний

Вариант	Тест-объекты	Токсичность, (мг/кг)			
		Навоз КРС	Помет птичий	Навоз свиной	Навоз конский
Начальная	<i>P. caudatum</i>	0	0	0	0
	<i>C. affinis</i>	200	215	208	215
После переработки в МБУ	<i>P. caudatum</i>	25	25	25	25
	<i>C. affinis</i>	62	39	60	38

Эти результаты показывают, что процесс анаэробного сбраживания не только предоставляет возможность получения ценного органического удобрения и биогаза, но также

является эффективным методом для устранения потенциальных загрязнителей и патогенов, что в свою очередь, обеспечивает безопасность и высокое качество получаемой

продукции. Применение данных технологий в агрономии может способствовать повышению устойчивости и продуктивности сельского хозяйства в условиях изменения климата и роста населения.

Выводы. Процесс сбраживания органических отходов в термофильном режиме (50-65°C) показывает более высокую интенсивность, чем мезофильный (20-35°C). Это приводит к увеличению выхода биогаза и сокращению времени переработки.

В процессе анаэробного брожения достигается получение биогаза и органических минеральных удобрений, что в свою очередь, способствует как энергетической, так и агрономической ценности перерабатываемых материалов.

Эксперименты показали, что к концу цикла ферментации токсичность исследуемых образцов существенно снижается, что подтверждает эффективность технологии в обращении с опасными отходами.

Литература

1. Актуальность применения биогазовых установок в России и за рубежом / Б. Г. Зиганшин, И. И. Кашапов, И. Х. Гайфуллин и др. // Вестник Казанского ГАУ. 2017. Т. 12, № 2. С. 71-74.
2. Дубек Б., Валовский Г., Романюк В. Десульфурация сырого биогаза с использованием адсорбционно-абсорбционной технологии для производства биогаза из свиного навоза // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 1. С. 94-107. doi:10.51794/27132064-2021-1-94.
3. Никифоров Л. Л. Переработка органических отходов // Мясная индустрия. 2024. № 2. С. 44-46. doi:10.37861/2618-8252-2024-02-44-46.
4. Получение биогаза из отходов сельскохозяйственных животных / Н. Э. Маматов, А. К. Самыкбаев, Т. О. Осмонканов и др. // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. 2018. № 2. С. 279-282.
5. Жигалов Д. А. Взаимозаменяемость природного газа и биогаза // Современные научные исследования и инновации. 2019. № 5(97). С. 9.
6. Влияние удобрений и способов их заделки на баланс органического вещества почвы при возделывании озимой пшеницы в условиях Верхневолжья / В. А. Шевченко, А. М. Соловьев, Г. И. Бондарева, Н. П. Попова // Плодородие. 2024. № 1(136). С. 32-36. doi:10.25680/S19948603.2024.136.08.
7. Рубцов А. А., Немущенко Д. А. Подбор мешалки и оптимизация процесса перемешивания субстрата в ферментере биогазовой установки // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. Т. 25, № 1. С. 134-150. doi:10.30766/2072-9081.2024.25.1.134-150.
8. Каплина Т. Ю. Использование биогазовых установок для переработки отходов в городе // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2019. Т. 19, № 8. С. 67-69.
9. Осмонов Ж. Ы. Обоснование типоразмерного ряда биогазовых установок для малых сельхозформирований // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2024. Т. 24, № 4. С. 121-126. doi:10.36979/1694-500X-2024-24-4-121-126.
10. Влияние препарата Мефосфон на эффективность процесса получения биогаза и утилизации углеродсодержащих отходов / И. Х. Гайфуллин, З. М. Халиуллина, Б. Г. Зиганшин и др. // Вестник Казанского ГАУ. 2021. Т. 16, № 3(63). С. 19-26. – doi:10.12737/2073-0462-2021-19-26.
11. Guseva J. D. Technology of using biological waste to produce biogas // The World of Science without Borders. Tambov: Издательский центр ФГБОУ ВО "Тамбовский государственный технический университет", 2023. P. 11-13.
12. Peculiarities of modeling the heat and mass transfer with accounting the scaling for biogas production reactors / G. E. Sakhmetova, A. M. Brenner, V. V. Dilman [et al.] // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук. 2017. Vol. 6, No. 426. P. 207-215.
13. Tretjakova A. N., Zhuravleva N. N. Electricity generation from biogas in Russia and Germany // European Journal of Natural History. 2020. No. 3. P. 157-161.
14. Алешина Т. А., Чернышев С. Н. Биогаз как перспективный источник для развития Российской электроэнергетики // Экология урбанизированных территорий. 2010. № 3. С. 65-68.
15. Биогаз и биомасса / А. М. Кучкоров, А. Мамаюсупова, Б. Х. Каримов, З. Мирзажонов // Точная наука. 2019. № 40. С. 13-17.
16. Гайфуллин И. Х., Нафиков И. Р., Гималтдинов И. Х. и др. Биогазовая установка с полимерным эластичным реактором // Патент РФ № 2819832 С1, 27.05.2024.
17. Бадмаев Ю. Ц., Тайшин В. А. Эффективность производства биогаза в условиях Бурятии // Наука, образование, новые технологии: материалы ежегодной научно-практической конференции, ФГОУ ВПО "Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В. Р. Филиппова". – Улан-Удэ: Издательство ФГОУ ВПО БГСХА, 2004. С. 148.
18. Использование куриного помета в органическом земледелии / Ф. С. Сибгатуллин, А. С. Ганиев, З. М. Халиуллина, И. Х. Гайфуллин // Агрохимический вестник. 2023. № 3. С. 50-53. doi:10.24412/1029-2551-2023-3-011.
19. Влияние куриного помета на некоторые свойства почвы / Ф. С. Сибгатуллин, А. С. Ганиев, З. М. Халиуллина, И. Х. Гайфуллин // Агрохимический вестник. 2024. № 3. С. 67-71. doi:10.24412/1029-2551-2024-3-012.
20. Савватеева И. А., Друзьянова В. П. Технология производства электроэнергии из биогаза, получаемого от навоза крупного рогатого скота // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 2(58). С. 144-151. – doi:10.24412/1999-6837-2021-2-144-151.
21. ПНД Ф Т 14.1:2.3.13-06/ПДН Ф Т 16.1:2.3.3.10-06 «Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования и использованием равносречных инфузорий *Paramecium caudatum*. Москва. 2014. С. 24.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Работа выполнена при поддержке гранта (№142/2024 – ПД от 16.12.2024 г.) молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан.

Сведения об авторах:

Гайфуллин Ильнур Хамзович – кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: ilnur-gai@yandex.ru

Халиуллина Зульфия Мусавиховна – кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии, животноводства и химии, e-mail: khaliullina@mail.ru

Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор РАН, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: zigan66@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

DISPOSAL OF ORGANIC AGRICULTURAL WASTE WITH BIOFERTILIZERS AND BIOGAS PRODUCTION

I. Kh. Gayfullin, Z. M. Khaliullina, B. G. Ziganshin

Abstract. This scientific article presents the possibilities of improving innovative energy-saving solutions in the agricultural sector, and also studies the issues of energy consumption management and energy efficiency. The article presents the results of experimental studies of a mobile biogas plant operating in the thermophilic fermentation mode (at a temperature of 55°C) of organic waste, obtaining biogas and organic fertilizers. Experimental data showed that the composition of the obtained biogas includes: 67.8% methane (CH₄), 28% carbon dioxide (CO₂), 3% hydrogen (H₂), 1% nitrogen (N₂), 0.1% water (H₂O) and hydrogen sulfide (H₂S) at a level of 0.03%. During the 16-day study, the efficiency of processing organic waste from various types of livestock farming was assessed, resulting in the following volumes of biogas: 10 m³ from pig manure, 7 m³ from chicken manure, 5 m³ from horse manure and 8 m³ from cattle manure. The results of a comprehensive analysis of the obtained high-quality organic fertilizer for agrochemical, microbiological, sanitary-parasitological and sanitary-entomological indicators were carried out in a certified laboratory of Federal State Budgetary Institution "Tatar Interregional Veterinary Laboratory". After processing organic waste in a biogas plant, the nitrogen content in the substrate increased by 3.5 times compared to the original material. The pH value of the obtained fertilizer was 7, which indicates a neutral pH. The phosphorus content reached 2.3%, and potassium - 1.3%. These data highlight the potential of using organic waste as a source of renewable energy, which can contribute to sustainable agricultural development and reduce the negative impact on the environment.

Key words: operating modes, biogas, biofertilizer, acidity, organic waste, soil.

For citation: Gayfullin I. Kh., Khaliullina Z. M., Ziganshin B. G. Disposal of organic agricultural waste with biofertilizers and biogas production // Agrobiotechnologies and digital farming. 2025; 1 (13). 16-23 p.

References

1. Ziganshin BG, Kashapov II, Gayfullin IKh. [Relevance of the use of biogas plants in Russia and abroad]. Vestnik Kazanskogo GAU. 2017; Vol.12. 2. 71-74 p.
2. Dubek B, Valovskiy G, Romanyuk V. [Desulfurization of raw biogas using adsorption-absorption technology for the production of biogas from pig manure]. Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. 2021; 1. 94-107 p. doi:10.51794/27132064-2021-1-94.
3. Nikiforov LL. [Processing of organic waste]. Myasnaya industriya. 2024; 2. 44-46 p. doi:10.37861/2618-8252-2024-02-44-46.
4. Mamatov NE, Samykbaev AK, Osmonkanov TO. [Biogas production from farm animal waste]. Vestnik Kyrgyzskogo natsionalnogo agrarnogo universiteta im.K.I. Skryabina. 2018; 2. 279-282 p.
5. Zhigalov DA. [Interchangeability of natural gas and biogas]. Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii. 2019; 5(97). 9 p.
6. Shevchenko VA, Solovov AM, Bondareva GI, Popova NP. [The influence of fertilizers and methods of their incorporation on the balance of soil organic matter during winter wheat cultivation in the Volga region]. Plodorodie. 2024; 1(136). 32-36 p. doi:10.25680/S19948603.2024.136.08.
7. Rubtsov AA, Nemushchenko DA. [Selection of a stirrer and optimization of the substrate mixing process in a biogas plant fermenter]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2024; Vol.25. 1. 134-150 p. doi:10.30766/2072-9081.2024.25.1.134-150.
8. Kaplina TYu. [Use of biogas plants for waste processing in the city]. Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo Slavyanskogo universiteta. 2019; Vol.19. 8. 67-69 p.
9. Osmonov ZhY. [Justification of the standard size range of biogas plants for small agricultural formations]. Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo Slavyanskogo universiteta. 2024; Vol.24. 4. 121-126 p. doi:10.36979/1694-500X-2024-24-4-121-126.
10. Gayfullin IKh, Khaliullina ZM, Ziganshin BG. [The influence of Mephosphon drug on the efficiency of the process of biogas production and utilization of carbon-containing waste]. Vestnik Kazanskogo GAU. 2021; Vol.16. 3(63). 19-26 p. – doi:10.12737/2073-0462-2021-19-26.
11. Guseva JD. Technology of using biological waste to produce biogas. The World of Science without Borders. Tambov: Izdatelskiy tsentr FGBOU VO Tambovskiy gosudarstvennuy tekhnicheskii universitet. 2023; 11-13 p.
12. Sakhmotova GE, Brenner AM, Dilman VV. Peculiarities of modeling the heat and mass transfer with accounting the scaling for biogas production reactors. Izvestiya Natsionalnoy akademii nauk Respubliki Kazakhstan. Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk. 2017; Vol.6. No.426. 207-215 p.
13. Tretyakova AN, Zhuravleva NN. Electricity generation from biogas in Russia and Germany. European Journal of Natural History. 2020; No.3. 157-161 p.
14. Aleshina TA, Chernyshev SN. [Biogas as a promising source for the development of the Russian electric

power industry]. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy*. 2010; 3. 65-68 p.

15. Kuchkorov AM, Mamayusupova A, Karimov BKh, Mirzazhonov KhZ. [Biogas and biomass]. *Tochnaya nauka*. 2019; 40. 13-17 p.

16. Gayfullin IKh, Nafikov IR, Gimaltdinov IKh. [Biogas plant with a polymer elastic reactor]. Patent RF № 2819832 C1, 27.05.2024.

17. Badmaev YuTs, Tayshin VA. [Efficiency of biogas production in Buryatia]. *Nauka, obrazovanie, novye tekhnologii: materialy ezhegodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, FGOU VPO Buryatskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya im.V.R.Filippova. Ulan-Ude: Izdatelstvo FGOU VPO BGSKhA*. 2004; 148 p.

18. Sibagatullin FS, Ganiev AS, Khaliullina ZM, Gayfullin IKh. [Use of chicken manure in organic farming]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2023; 3. 50-53 p. doi:10.24412/1029-2551-2023-3-011.

19. Sibagatullin FS, Ganiev AS, Khaliullina ZM, Gayfullin IKh. [Effect of chicken manure on some soil properties]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2024; 3. 67-71 p. doi:10.24412/1029-2551-2024-3-012.

20. Savvateeva IA, Druzyanova VP. [Technology of electricity production from biogas obtained from cattle manure]. *Dalnevostochnuy agrarnuy vestnik*. 2021; 2(58). 144-151 p. doi:10.24412/1999-6837-2021-2-144-151.

21. PND F T 14.1:2:3.13-06/PDN F T 16.1:2.3:3.10-06 [Methodology for determining the toxicity of waste, soils, sewage sludge, surface and groundwater using biotesting and the use of holotrichous infusorium *Paramecium caudatum*]. Moscow. 2014; 24 p.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. The work was supported by a grant (No. 142/2024 – PD dated 12/16/2024) to young candidates of sciences (postdoctoral fellows) in order to defend their doctoral dissertation, carry out research, as well as perform work functions in scientific and educational organizations of the Republic of Tatarstan.

Authors:

Gayfullin Ilnur Khamzovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: ilnur-gai@yandex.ru

Khaliullina Zulfiya Musavikhovna – Ph.D. of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology, Animal Husbandry and Chemistry, e-mail: khaliullinaz@mail.ru

Ziganshin Bulat Gusmanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Professor of Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: zigan66@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ОТЗЫВЧИВОСТЬ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM*) НА
ВНЕСЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН****Р. И. Гараев, Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов**

Реферат. Цель настоящего исследования заключалась в изучении влияния различных доз минеральных удобрений на развитие и урожай яровой пшеницы применительно к условиям серо-лесных и выщелоченных черноземных почв. На обоих типах почв внесение минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг действующего вещества на га обеспечило наивысший урожай зерна: 2,88-2,95 т/га и 3,47-3,59 т/га. Прибавки урожая по сорту Йолдыз составили 830-990 кг/га и 800-1060 кг/га по сорту Бурлак при урожае на контроле 2,05-2,48 и 2,15-2,3 т/га соответственно. Минеральное удобрение в дозе $N_{45}P_{45}K_{45} + N_{15}$ (внекорневая подкормка) по сравнению с контролем повысило стекловидность зерна сорта Йолдыз на 4,4% и Бурлак - на 4,2%. Одновременно увеличились содержание белка и массовой доли клейковины в зерне соответственно на 2,3 и 4,2% - у сорта Йолдыз и 1,5 и 3,3% - у Бурлак. Зерно с наибольшим количеством белка выращено при посеве яровой пшеницы на фоне $N_{90}P_{90}K_{60}$: по сорту Йолдыз-14,3% и Бурлак-14,1%, что превышает контроль на 2,0 и 1,5% соответственно. Такая же закономерность влияния удобрений на качество зерна яровой пшеницы наблюдается и на выщелоченном черноземе. На обоих типах почв получение наибольшей прибыли с гектара из изученных вариантов обеспечивает внесение $N_{45}P_{45}K_{45}$ кг. действующего вещества - 3840 и 4090 рублей. В отношении прибыли с гектара посевов и на 1 рубль дополнительных затрат малоэффективным как на серой лесной, так и выщелоченном черноземе внесение удобрений в повышенных дозах ($N_{90}P_{90}K_{60}$ д.в./га) было экономически менее выгодным.

Ключевые слова: яровая пшеница (*Triticum aestivum*), сорт, почва, урожай, качество, прибыль.

Для цитирования: Гараев Р. И., Шайхутдинов Ф. Ш., Сержанов И. М. Отзывчивость яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) на внесение минеральных удобрений в условиях Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. 1(13). С. 24-28.

Введение. Хозяйства Республики Татарстан за последние годы добились больших успехов в повышении урожайности пшеницы. Республика стала крупным поставщиком товарного зерна этой культуры. Расширяются площади посева ценных сортов [1, 2, 3].

В последние годы в производство внедрены наиболее ценные и продуктивные сорта яровой пшеницы. Но вопросы эффективного использования минеральных удобрений при возделывании этой важной продовольственной культуры остаются недостаточно полно изученными [4, 5, 6].

Среди агротехнических мероприятий, влияющих на свойства зерна, важное место занимают удобрения. Виды, дозы сроки внесения их необходимо рекомендовать, исходя из конкретных условий зоны, хозяйства, с учетом требований культуры, сорта [7, 8, 9].

Вопросу об использовании удобрений не только для повышения урожайности, но и с целью улучшения качества зерна за последние годы уделяется большое внимание; тем не менее, в этом направлении ещё предстоит многое изучить, особенно в различных климатических условиях [10, 11, 12].

В связи с ростом урожайности новых сортов пшеницы особое значение приобретает роль повышенных доз минеральных удобрений [13, 14, 15]

Яровая пшеница обладает большими потенциальными возможностями и способна формировать высокий урожай зерна в любой

зоне, если условия внешней среды соответствуют ее биологии [16, 17, 18].

Условия, материалы и методы. В 2020-2024 годах проводились опыты по изучению влияния минеральных удобрений на урожайность и качество зерна на двух типах почв: серой лесной и выщелоченном черноземе с сортами яровой мягкой пшеницы: Йолдыз и Бурлак. Сорт Йолдыз выведен в Татарском научно-исследовательском институте сельского хозяйства ФИЦ Каз НЦ РАН, среднеспелый, устойчив к засухе высокая, слабо поражается болезнями. Сорт Бурлак – оргинатор Ульяновский НИИСХ, среднеспелый, является филлером. Устойчивость поражению к болезням среднее. Опыты проводились по общепринятой методике (Б.А.Доспехов, 1985), на серой лесной среднесуглистой почве ООО “Агробиотехнопарк” Казанского ГАУ, которая имела следующие агрохимические показатели: $pH_{\text{сол.}}$ - 5,7-5,8, гумус по Тюрину 3,4-3,6%, P_2O_5 по Кирсанову 223-240 и K_2O по Кирсанову 167-183 мг/кг почвы. На выщелоченной среднесуглинистой почве ООО “Авангард” Буинского района Республики Татарстан содержание гумуса в слое почвы (0-30 см) - 6,9...7,4% (по Тюрину), подвижных форм фосфора - 175-189 мг/кг почвы (по Кирсанову), K_2O - 159-193 мг/кг $pH_{\text{сол.}}$ - 5,7-6,0. Схема опыта на обоих типах почв предусматривала изучение следующих вариантов: 1. Без удобрений. 2. $N_{45}P_{45}K_{45}$. 3. $N_{45}P_{45}K_{45}$ +внекорневая подкормка N_{15} (в фазе

колошения с использованием карбомида) 4.N₉₀P₉₀K₆₀. Удобрения вносились в форме мочевины, двойного гранулированного суперфосфат и калийной соли под предпосевную культивацию. Размеры учетных делянок в опыте 60м², повторность четырехкратная. Предшественник для яровой пшеницы – озимая пшеница после чистого пара. Агротехника применялась общепринятая для Республики Татарстан.

Хозяйственные характеристики зерна пшеницы определяли: содержание белка по ГОСТ10846-91, клейковину по ГОСТ – 13586.1-2018; стекловидность по ГОСТ – 10987-86. Дополнительные затраты на применение удобрений, в том числе на уборку и доработку прибавки урожая, рассчитали по технологическим картам возделывания яровой пшеницы.

В годы проведения исследований погодные условия складывались неодинаково. Действие удобрений зависело от количества и сроков выпадения осадков, а также температурного режима. Самым благоприятным для урожая яровой пшеницы на обоих типах почв был 2020 год (гидротермический коэффициент ГТК -1,28), а при засушливой погоде летом в 2021 году урожай яровой пшеницы резко снизился. ГТК в мае составил всего лишь 0,17, а в июне - 0,27.

Агрометеорологические условия вегетационного периода в 2022 году характеризовались с недостаточным увлажнением и высокой теплообеспеченностью (ГТК за вегетацию – 0,84). Начало вегетационного периода 2023 года было холодным, среднемесячная температура составила 11⁰С, что на 3⁰С ниже среднемноголетних значений. В июне, июле выпало 14 и 24 мм осадков, а температурный режим превышал средних значений на 4,1-4,8⁰С (ГТК за вегетацию составил 0,8). В 2024 году острозасушливые условия сложились в июне, выпало 15 мм осадков или 26% от средних значений. Такие экстремальные условия в начале вегетации негативно повлияли на рост и развитие яровой пшеницы. Среднее значение ГТК за вегетацию 0,73.

Уборка урожая проводилась при полной спелости зерна комбайном “ДОН-1500”. Статистическую обработку результатов исследований проводили по Б.А.Доспехову (2012) с использованием программ для MicrosoftExcel.

Результаты и обсуждение. Установлено, что на обоих типах почв яровая пшеница хорошо отзывается на внесение минеральных удобрений (табл.1).

Таблица 1 - Зависимость урожая зерна яровой пшеницы от удобрений (2020-2024 годах)

Варианты опыта	Серая лесная почва				Выщелоченный чернозем			
	Йолдыз		Бурлак		Йолдыз		Бурлак	
	урожайность, т/га	прибавка, кг/га	урожайность, т/га	прибавка, кг/га	урожайность, т/га	прибавка, кг/га	урожайность, т/га	прибавка, кг/га
Без удобрений (контроль)	2,05	-	2,15	-	2,48	-	2,53	-
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	2,66	610	2,74	590	3,14	660	3,22	690
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ +внекорневая подкормка N ₁₅	2,70	650	2,76	610	3,20	720	3,25	720
N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	2,88	830	2,95	800	3,47	990	3,59	1060
НСР ₀₅	0,02		0,03		0,02		0,02	

В среднем за 5 лет на серой лесной почве урожай зерна составил 2,88–2,95 т/га, а на выщелоченном черноземе — 3,47–3,59 т/га при внесении удобрений из расчета

N₉₀P₉₀K₆₀ кг действующего вещества на гектар. Минеральные удобрения не только повышают урожай, но и улучшают качество зерна яровой пшеницы (табл. 2).

Таблица 2 - Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от внесения удобрений, среднее за 5 лет (2020-2024 года)

Варианты опыта	Серая лесная почва						Выщелоченный чернозем					
	Йолдыз			Бурлак			Йолдыз			Бурлак		
	стекловидность, %	белок, %	масс. доля клейковины, %	стекловидность, %	белок, %	масс. доля клейковины, %	стекловидность, %	белок, %	масс. доля клейковины, %	стекловидность, %	белок, %	масс. доля клейковины, %
Без удобрений (контроль)	41,5	12,3	21,1	40,2	12,6	20,9	51,1	12,8	23,0	53,0	12,9	23,5
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	44,4	13,2	24,1	43,1	13,8	24,7	53,2	13,5	23,5	55,1	13,7	24,9
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ +внекорневая подкормка N ₁₅	45,9	14,0	25,7	44,4	14,1	25,3	54,4	14,9	25,6	56,7	15,2	26,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	51,6	14,3	26,1	50,0	14,1	26,3	55,8	15,2	26,1	60,0	15,3	27,3
НСР ₀₅	0,26	0,30	0,31	0,34	0,28	0,49	0,33	0,35	0,29	0,36	0,41	0,34

В среднем за годы исследований на серой лесной почве минеральное удобрение в дозе $N_{45} P_{45} K_{45} + N_{15}$ (внекорневая подкормка) по сравнению с контролем повысило стекловидность зерна сорта Йолдыз 4,4%, Бурлак - на 4,2 %. Одновременно увеличилось содержание белка и массовой доли клейковины в зерне соответственно на 1,7 и 4,6% - у сорта Йолдыз и 1,5 и 4,4% - у Бурлак.

Зерно с наибольшим количеством белка выращено при посеве яровой пшеницы на

фоне $N_{90} P_{90} K_{60}$: по сорту Йолдыз – 14,3% и у Бурлак - 14,1%, что превышает контроль на 2,0 и 1,5% соответственно. Выявленная на серой лесной почве закономерность влияния удобрений на качество зерна яровой пшеницы наблюдается и на выщелоченном черноземе.

В ходе исследования выявлена экономическая эффективность минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы. Данные по этому вопросу для сорта Йолдыз приводятся в таблице 3.

Таблица 3 - Экономическая эффективность внесения минеральных удобрений под яровую пшеницу сорта Йолдыз (2020-2024 года)

Варианты опыта	Серая лесная почва				Выщелоченный чернозем			
	урожайность зерна, т/га	получено в рублях			урожайность зерна, т/га	получено в рублях		
		дополнительной продукции с га	прибыль с 1га	на 1 руб. доп. полнительных затрат		дополнительной продукции с га	прибыль с 1га	на 1 руб. доп. полнительных затрат
Без удобрений (контроль)	2,05	-	-	-	2,48	-	-	-
$N_{45} P_{45} K_{45}$	2,66	7930	3840	1,94	3,14	8580	4090	1,91
$N_{45} P_{45} K_{45}$ +внекорневая подкормка N_{15}	2,77	8450	3270	1,39	3,20	9360	3580	1,06
$N_{90} P_{90} K_{60}$	2,88	10790	2940	1,27	3,47	12870	3810	1,36

Примечание:* – средняя цена реализации зерна пшеницы третьего класса составляла 13000 руб. на 1 тонну.

Расчеты показали, что на обоих типах почв получение наибольшей прибыли с гектара из изученных вариантов обеспечивали внесение $N_{45} P_{45} K_{45}$ кг. дв- 3840 и 4090 рублей. В отношении прибыли с гектара посевов и на 1 рубль дополнительных затрат малоэффективной как на серой лесной так и на выщелоченном черноземе внесение удобрений в повышенных дозах ($N_{90} P_{90} K_{60}$ дв/га) было экономически менее выгодным по сравнению с дозой $N_{45} P_{45} K_{45}$ кг дв/га.

Выводы. Внесение минеральных удобрений на обоих типах почв значительно повышают урожай яровой пшеницы. Наибольшее повышение урожая как на серой лесной почве, а также выщелоченном черноземе из изученных вариантов обеспечивает внесение минерального удобрения в дозе $N_{90} P_{90} K_{60}$ кг действующего вещества на га. В среднем за 5лет этот вариант обеспечил наивысший урожай зерна – 2,88-2,95 и 3,47-3,59т/га. Прибавка урожая по сорту Йолдыз составила 830-990кг/га, 800-1060 кг/га по сорту Бурлак при урожае на контроле 2,05-2,48 и 2,15-2,3т/га соответственно.

В среднем за годы исследований на серой

лесной почве минеральное удобрение в дозе $N_{45} P_{45} K_{45} + N_{15}$ (внекорневая подкормка) по сравнению с контролем повысило стекловидность зерна сорта Йолдыз на 4,4% и Бурлак – на 4,2%. Одновременно увеличилось содержание белка и массовой доли клейковины в зерне соответственно на 1,7 и 4,6% - у сорта Йолдыз и 1,5 и 4,4% - у Бурлак. Зерно с наибольшим количеством белка выращено при посеве яровой пшеницы на фоне $N_{90} P_{90} K_{60}$: по сорту Йолдыз-14,3% и Бурлак-14,1%, что превышает контроль на 2,0 и 1,5% соответственно. Выявленная на серой лесной почве закономерность влияния удобрений на качество зерна яровой пшеницы наблюдается и на выщелоченном черноземе.

На обоих типах почв получение наибольшей прибыли с гектара из изученных вариантов обеспечивает внесение $N_{45} P_{45} K_{45}$ кг. дв/га – 3840 и 4090 рублей В отношении прибыли с гектара посевов и на 1 рубль дополнительных затрат малоэффективной как на серой лесной так и выщелоченном черноземе внесение удобрений в повышенных дозах ($N_{90} P_{90} K_{60}$ д.в.га) было экономически менее выгодным, чем при внесении $N_{45} P_{45} K_{45}$ кг дв/га.

Литература

1. Современное состояние зернового производства в Российской Федерации / Д. И. Файзрахманов, А. Р. Валиев, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16, № 2(62). С. 138-142. doi: 10.12737/2073-0462-2021-138-142.
2. 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.
3. Авхадиев Ф. Н., Мухаметталиев Ф. Н., Ситдикова Л. Ф. Повышение устойчивости производства зерна (на материалах Республики Татарстан) // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11, № 4(42). С. 104-108. doi: 10.12737/article_592fc86c9e0ae1.14332306.
4. Амиров М. Ф., Толокнов Д. И. Влияние минеральных удобрений, обработки семян и посевов на продуктивность яровой пшеницы в условиях Предкамья Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 2(66). С. 8-13. doi: 10.12737/2073-0462-2022-6-11.
5. Амиров М.Ф., Сафиуллин А.Я. Отзывчивость яровой мягкой пшеницы на способы основной обработки почвы и фоны питания в условиях Предкамья Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 2(2). С. 7-11. doi: 10.12737/2782-490X-2022-7-11.
6. Адаптивные технологии возделывания полевых культур: монография / М. Ф. Амиров, В. П. Владимиров, И. М. Сержанов, Ф. Ш. Шайхутдинов. Казань: Бриг, 2018. 123 с.
7. Синещев В. Е., Васильева Н. В., Дудкина Е. А. Экономическая эффективность производства зерна // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13, № 4(51). С. 160- 167. doi: 10.12737/article_5c3de3a7e063f6.62004014.
8. Сабитов М. М. Экономическая эффективность технологий возделывания культур в зернопаровом севообороте // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 2. С. 13-18. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10202.
9. Minikayev R., Gaffarova L. The effect of bacterial preparations on the growth, development and quality indicators of sugar beet yield // Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13-14 ноября 2019 года. EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. P. 00250. doi: 10.1051/bioconf/20201700250.
10. Урожай и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от сроков посева, глубины заделки семян и фона питания в условиях северной части Среднего Поволжья / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, А. Р. Сержанова [и др.] // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 2(2). С. 28-32. doi: 10.12737/2782-490X-2022-22-26.
11. Шакиров Р.С., Тагиров М. Ш. Ресурсосберегающие технологии возделывания основных зерновых культур // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 11. С. 8-10.
12. Возделывание яровой твердой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Оренбургского Предуралья / В. Ю. Скороходов, А. А. Зоров, Н. А. Максютлов [и др.] // Земледелие. 2022. № 1. С. 19-22. doi: 10.24412/00443913-2022-1-19-22.
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.
14. Продуктивность различных видов яровой пшеницы в зависимости от фона питания при различных нормах высева в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, М. Ф. Амиров, И. М. Сержанов [и др.] // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 1(5). С. 46-51. doi: 10.12737/2782-490X-2023-46-51.
15. Краснощеков Н. В. Инновационное развитие сельскохозяйственного производства России : Научное издание; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное научное учреждение "Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса" (ФГНУ "Росинформагротех"). – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2009. 386 с.
16. Серажетдинов И. В., Терехов М. Б., Горбунов А. В. Влияние уровня минерального питания на урожайность сортов озимой тритикале // Земледелие. 2012. № 2. С. 46-48.
17. Морозов А. И., Терехов М. Б., Мухамеджанов Р. М. Экономическая и агроэнергетическая оценка возделывания яровой пшеницы при использовании препарата нано-Гро в условиях темно-серых лесных почв Нижегородской области // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. Т. 2. С. 12-17.
18. Ибятлов Р. И., Шайхутдинов Ф. Ш., Валиев А. А. Анализ урожайности яровой пшеницы методом главных компонент // Зерновое хозяйство России. 2017. № 2(50). С. 17-22.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Гараев Разиль Ильсурович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и плодовоовощеводства, e-mail: rass112@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-7774-6553>
 Шайхутдинов Фарит Шарипович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства и плодовоовощеводства, e-mail: faritshay@kazgau.com, <https://orcid.org/0009-0006-1423-4846>
 Сержанов Игорь Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства и плодовоовощеводства, e-mail: igor.serzhanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1758-0622>
 Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

RESPONSIVENESS OF SPRING SOFT WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM*) TO THE APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN
R. I. Garaev, F. Sh. Shaykhutdinov, I. M. Serzhanov

Abstract. The purpose of this study was to study the effect of different doses of mineral fertilizers on the development and yield of spring wheat in relation to the conditions of gray-forest and leached chernozem soils. On both types of soil, the application of mineral fertilizer at a dose of $N_{90}P_{90}K_{60}$ kg of active substance per hectare provided the highest grain yield: 2.88-2.95 t/ha and 3.47-3.59 t/ha. The yield increases for Yoldyz variety were 830-990 kg/ha and 800-1060 kg/ha for Burlak variety, with the yield in the control being 2.05-2.48 and 2.15-2.3 t/ha, respectively. Mineral fertilizer at a dose of $N_{45}P_{45}K_{45} + N15$ (foliar feeding) increased the vitreousness of the grain of the Yoldyz variety by 4.4% and Burlak by 4.2% compared to the control. At the same time, the protein content and the mass fraction of gluten in the grain increased by 2.3 and 4.2%, respectively, for Yoldyz variety and 1.5 and 3.3% for Burlak variety. Grain with the

highest protein content was grown when sowing spring wheat against the background of $N_{90}P_{90}K_{60}$: for the Yoldyz variety - 14.3% and Burlak - 14.1%, which exceeds the control by 2.0 and 1.5%, respectively. The same pattern of the effect of fertilizers on the quality of spring wheat grain is observed on leached chernozem. On both types of soil, obtaining the greatest profit per hectare of the studied options is ensured by the application of $N_{45}P_{45}K_{45}$ kg. of active substance - 3840 and 4090 rubles. In terms of profit per hectare of crops and per 1 ruble of additional costs, the application of fertilizers in higher doses ($N_{90}P_{90}K_{60}$ active ingredient/ha) was economically less profitable both on gray forest and leached chernozem.

Key words: spring wheat (*Triticum aestivum*), variety, soil, yield, quality, profit.

For citation: Garaev R.I., Shaikhutdinov F.Sh., Serganov I.M. Responsiveness of spring soft wheat (*Triticum aestivum*) to the application of mineral fertilizers in the conditions of the Republic of Tatarstan // Agrobiotechnologies and digital farming. 2025. 1(13). 24-28 p.

References

1. Fayzrakhmanov DI, Valiev AR, Ziganshin BG. [Current state of grain production in the Russian Federation]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 2(62). 138-142 p. doi: 10.12737/2073-0462-2021-138-142.
2. Valiev AR, Gabdrakhmanov IKh, Safin RI, Ziganshin BG. Sistema zemledeliya Respubliki Tatarstan. [Farming system of the Republic of Tatarstan]. Vol.3. Kazan: OOO Tsentr innovatsionnykh tekhnologiy. 2014; 280 p.
3. Avkhadiyev FN, Mukhametgaliev FN, Sitdikova LF. [Increasing the sustainability of grain production (based on the materials of the Republic of Tatarstan)]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016; Vol.11. 4(42). 104-108 p. doi: 10.12737/article_592fc86c9e0ae1.14332306.
4. Amirov MF, Toloknov DI. [The influence of mineral fertilizers, seed and crop treatment on the productivity of spring wheat in the conditions of Kama region of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 2(66). 8-13 p. doi: 10.12737/2073-0462-2022-6-11.
5. Amirov MF, Safullin AY. [Responsiveness of spring soft wheat to methods of primary tillage and nutritional backgrounds in the conditions of Kama region of the Republic of Tatarstan]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2022; 2(2). 7-11 p. doi: 10.12737/2782-490X-2022-7-11.
6. Amirov MF, Vladimirov VP, Serzhanov IM, Shaykhutdinov FSh. Adaptivnye tekhnologii vzdelyvaniya polevykh kultur: monografiya. [Adaptive technologies for field crops cultivation: monograph]. Kazan: Brig. 2018; 123 p.
7. Sineshchekov VE, Vasileva NV, Dudkina EA. [Economic efficiency of grain production]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018; Vol.13. 4(51). 160-167 p. doi: 10.12737/article_5c3de3a7e063f6.62004014.
8. Sabitov MM. [Economic efficiency of crop cultivation technologies in grain-fallow crop rotation]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021; Vol.35. 2. 13-18 p. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10202.
9. Minikaev R, Gaffarova L. The effect of bacterial preparations on the growth, development and quality indicators of sugar beet yield. Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13-14 noyabrya 2019 goda. EDP Sciences: EDP Sciences, 2020; 00250 p. doi: 10.1051/bioconf/20201700250.
10. Shaikhutdinov FSh, Serzhanov IM, Serzhanova AR. [Yield and grain quality of spring wheat depending on sowing time, seed placement depth and nutritional background in the northern part of Volga region]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2022; 2(2). 28-32 p. doi: 10.12737/2782-490X-2022-22-26.
11. Shakirov RS, Tagirov MSh. [Resource-saving technologies for cultivating major grain crops]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2009; 11. 8-10 p.
12. Skorokhodov VYu, Zorov AA, Maksyutov NA. [Cultivation of spring durum wheat under conditions of unstable moisture in Orenburg Urals region]. Zemledelie. 2022; 1. 19-22 p. doi: 10.24412/00443913-2022-1-19-22.
13. Lekomtsev PV, Rutkovskaya TS, Pasyukov AV, Khomyakov YuV. [Efficiency of nitrogen fertilizers in the cultivation of spring wheat on sandy loam soils]. Plodorodie. 2022; 1(124). 9-13 p. doi: 10.25680/S19948603.2022.124.03.
14. Shaykhutdinov FSh, Amirov MF, Serzhanov IM. [Productivity of various types of spring wheat depending on the nutritional background at different seeding rates in the conditions of Kama zone of the Republic of Tatarstan]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2023; 1(5). 46-51 p. doi: 10.12737/2782-490X-2023-46-51.
15. Krasnoshchekov NV. [Innovative development of agricultural production in Russia]. Nauchnoe izdanie; Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii, Federalnoe gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie "Rossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut informatsii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovaniy po inzhenerno-tekhnicheskomu obespecheniyu agropromyshlennogo kompleksa" (FGNU "Rosinformagrotekh"). Moscow: Rossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut informatsii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovaniy po inzhenerno-tekhnicheskomu obespecheniyu agropromyshlennogo kompleksa. 2009; 386 p.
16. Serazhetdinov IV, Terekhov MB, Gorbunov AV. [Influence of the Level of Mineral Nutrition on the Yield of Winter Triticale Varieties Vliyanie urovnya mineral'nogo pitaniya na urozhainost' sortov ozimoi tritikale // Zemledelie. 2012. № 2. S. 46-48.
17. Morozov AI, Terekhov MB, Mukhamedzhanov RM. [Economic and agroenergetic assessment of spring wheat cultivation using the nano-Gro preparation in dark gray forest soils of Nizhniy Novgorod region]. Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2012; Vol.2. 12-17 p.
18. Ibyatov RI, Shaykhutdinov FSh, Valiev AA. [Analysis of spring wheat yield by the principal component method]. Zernovoe khozyaystvo Rossii. 2017; 2(50). 17-22 p.

Conflict of interest

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

Authors:

Garaev Razi Ilyurovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Plant and Horticulture Department, e-mail: rass112@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-7774-6553>
 Shaykhutdinov Farit Sharipovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Plant 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 and Horticulture Department, e-mail: igor.serzhanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1758-0622>
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ КУКУРУЗЫ И ДИНАМИКУ ВЫНОСА ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПОЧВЫ**А. А. Зиганшин, Р. И. Сафин**

Реферат. В работе изложены материалы исследований по оценке влияния жидких органоминеральных удобрений на показатели продуктивности кукурузы на зерно. Исследования проведены в 2022–2024 гг. в Предкамской зоне Республики Татарстан на серой лесной почве. Схема опыта: 1) контроль – без удобрений; 2) применение "BATR 40N" 4 л/га в фазу шести настоящих листьев культуры; 3) применение баковой смеси "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га в фазу шести настоящих листьев культуры. Объект исследований – гибрид кукурузы ДКС 3006. Почва опытного участка: содержание гумуса 3,5...4,7% (по Тюрину), подвижного фосфора (по Кирсанову) – 140...155 мг/кг и обменного калия (по Кирсанову) – 112...120 мг/кг почвы, pH (солевой вытяжки) – 5,3–6,6. Повторность опыта – 3-х кратная, размещение делянок – систематическое, площадь каждой делянки 126 м². Погодно-климатические условия в годы исследований оказались контрастными – 2022 благоприятный (ГТК 1,3), 2023 и 2024 засушливые (ГТК 0,8 и 0,9 соответственно). Некорневая подкормка способствовала увеличению урожайности (средняя прибавка за годы исследований составила 3,9–10,7 ц/га), улучшению качества (содержание крахмала увеличивалось на 2 – 4,4 %, содержание азота в зерне на 0,1 – 0,14%). Наибольший эффект оказало применение смеси удобрений "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га. В среднем за годы исследований, прибавка урожая составила 10,7 ц/га, прибавка в содержании крахмала 4,4%, массы зерна с початка на 15,56 г (за счет увеличения количества зерен и массы тысячи зерен). Среднее содержание NPK в зерне, в зависимости от варианта, составило: азота 1,03–1,17%, фосфора – 0,3–0,39%, калия – 0,32–0,35%. Средний вынос азота составил 202,6–246,5 кг/га, фосфора 66,4–77,6 кг/га, калия – 318,7–363,2 кг/га.

Ключевые слова: азот, цинк, органоминеральные удобрения, кукуруза (*Zea Mays*).

Для цитирования: Зиганшин А.А., Сафин Р.И. Влияние жидких органоминеральных удобрений на урожайность, качество зерновой продукции кукурузы и динамику выноса питательных элементов из почвы // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. №1 (13). С. 29–35.

Введение. Кукуруза в мировом сельскохозяйственном производстве входит в тройку культур, лидирующих по объемам производства, уступая только пшенице и рису [1, 2, 3].

Данная культура используется разносторонне – для питания людей и кормления животных, производство технического сырья, биогаза и др. [4].

Для Республики Татарстан, как лидера по производству продукции молочного животноводства, кукуруза является особенно ценной культурой [5, 6].

Современное сельскохозяйственное производство предъявляет высокие требования к количеству и качеству получаемой сельскохозяйственной продукции с наименьшими затратами [7, 8, 9].

Для достижения необходимого уровня продуктивности необходимо обеспечивать растения важными элементами минерального питания [10].

Это можно сделать следующими способами: внесение удобрений в почву, что является основным методом, корневая подкормка, а также наиболее современный метод, который позволяет оперативно скорректировать недостаток того или иного элемента минерального питания – некорневая (или листовая) подкормка [11].

Обеспечение растений питанием через лист в виде некорневой подкормки является одним из наиболее экономически и

агрономически эффективных приемов, т. к. коэффициент использования питательных элементов при данном способе внесения максимальный [12, 13, 14].

Расширению применения некорневой подкормки способствует также тот факт, что ежегодно на рынке появляются новые высокоэффективные удобрения с различным составом, что позволяет сельхозтоваропроизводителю иметь широкий ассортимент под конкретные потребности [15, 16, 17].

Одними из достаточно широко применяемых для некорневой подкормки препаратами являются органоминеральные удобрения марки «Батр», производство которых локализовано на территории Республики Татарстан.

Удобрения данной марки исследовались в некоторых зонах Российской Федерации, где показали хорошую эффективность [18, 19, 20].

Однако, в целом на территории Поволжья, и Республики Татарстан в частности, на сегодня проведено недостаточное количество исследований данных препаратов на современных гибридах кукурузы. В связи с чем мы посчитали актуальным проведение наших исследований.

Цель исследований – изучить влияние некорневых подкормок жидкими удобрениями марки "BATR" - "BATR 40N" + "BATR Zn" на урожайность, структуру урожая, содержание крахмала, содержание и вынос NPK с урожаем кукурузы.

Условия, материалы и методы. Полевые опыты проводились на территории Агробιο-технопарка Казанского государственного аграрного университета (КазГАУ) в Лаишевском районе Республики Татарстан. Почва опытного участка серая лесная легкосуглинистая. Содержание гумуса по Тюрину в пахотном слое составляло 3,5...4,7%, подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову – соответственно 140...155 и 112...120 мг/кг, реакция среды слабокислая – pH почвенного раствора 5,3-6,5. Обеспеченность почвы микроэлементами (по Пейве-Ринкису): цинком, молибденом – низкая, марганцем, медью, бором – высокая.

Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов:

- 1) Контроль – без обработки
- 2) Обработка "BATR 40N" 4 л/га в фазу шести настоящих листьев
- 3) Обработка баковой смесью "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га в фазу шести настоящих листьев

Общая площадь делянки – 126 м², учетная площадь – 20 м². Повторность в опыте – трехкратная, размещение делянок – систематическое. Полевые опыты и статистическая обработка данных соответствуют общепринятой методикой Доспехова Б.А. [21]. Биохимические анализы проводились в специальной лаборатории в соответствии с принятыми ГОСТами – для определения азота ГОСТ 13496.4; фосфора ГОСТ 26657; для калия ГОСТ 30504; крахмала ГОСТ 26176. Посев проводился пропашной сеялкой с нормой высева 80 тыс. растений на гектар. Фон минерального питания: под предпосевную культивацию внесено

70 кг/га диаммофоски + 50 кг/га в аммиачной селитры в физическом весе. Фон защиты растений от сорняков: 1) до всходов культуры – Симба, КЭ; 2) в фазу 4 настоящего листа – Дублон, СК + Балерина, СЭ. Норма расхода рабочей жидкости 200 л/га. Гибрид кукурузы "ДКС 3006" – ФАО 190, зубовидный тип зерна, отличается повышенной отзывчивостью на факторы интенсификации. Состав удобрения "BATR 40N" – N (411 г/л), SO₃ (53,3 г/л), MgO (5 г/л), B (0,5 г/л), Zn (2 г/л), Cu (0,74 г/л), Fe (0,63 г/л), Mn (0,44 г/л), Mo (0,15 г/л), Co (0,1 г/л), комплекс органических кислот 20 г/л. "BATR Zn" – Zn (60 г/л), SO₃ (86 г/л), комплекс органических кислот 150 г/л.

Погодно-климатические условия в годы исследований оказались контрастными. В 2022 год наблюдались благоприятные условия с повышенным количеством осадков (с мая по октябрь выпало 302 мм) и умеренно высокими температурами (ГТК 1,3), что позволило получить максимальную продуктивность культуры. Вегетационные периоды 2023 и 2024 оказались неблагоприятными для роста и развития кукурузы. В 2023 году наблюдался сильный дефицит осадков (менее 100 мм за вегетационный период) и повышенные, иногда экстремально высокие (до 42°C) температуры (ГТК 0,8). В 2024 году также наблюдались экстремально высокие температуры, однако количество осадков было умеренным (более 150 мм), что позволило достичь средних показателей урожайности (ГТК 0,9).

Результаты и обсуждение. Результаты оценки урожайности зерна представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность зерна кукурузы в зависимости от внесения удобрений при стандартной влажности, ц/га

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Прибавка, ц/га	Прибавка, %
Контроль	106	54,4	71,4	77,3	-	-
BATR 40N 4 л/га	109,3	58,9	75,5	81,2	3,9	5
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	114,8	64,1	85,1	88	10,7	13,8
НСП ₀₅	2,89	3,66	1,56			

По результатам оценки урожайности кукурузы в 2022–2024 годах можно сделать вывод о том, что все варианты некорневых подкормок показывают достоверное увеличение урожайности зерна с гектара.

Годы исследований оказались контрастными по погодно-климатическим условиям, в связи с чем наблюдалась существенная разница по урожайности.

Так, в благоприятный 2022 год урожайность оказалась максимальной (106–114,8 ц/га). Наименьшая урожайность зафиксирована в засушливый 2023 год (54,4–64,1 ц/га) и оказалась практически вдвое меньше, чем в 2022

году. В 2024 году урожайность составила 71,4–88 ц/га, тем самым оказалась близка к средней урожайности за годы исследований.

Наилучший результат по средней урожайности – 88 ц/га был достигнут на варианте "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га и превышал контрольный вариант на 10,7 ц/га или 13,8%.

Обработка "BATR 40N" 4 л/га также способствовало росту урожайности зерна, особенно в 2023 и 2024 года. Средняя прибавка к контролю составила 3,9 ц/га или 5%.

Влияние подкормок на структуру урожайности зерна приведено в таблице 2.

АГРОНОМИЯ

Таблица 2 – Структура урожая зерна в зависимости от внесения удобрений

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Прибавка, г/шт
Масса зерна с початка, г					
Контроль	146,61	82,1	102,49	110,4	-
BATR 40N 4 л/га	149,70	88,83	108,27	115,6	5,2
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	158,78	96,15	122,05	125,66	15,26
НСП ₀₅	2,53	4,67	4,05		
Количество зерен в початке, шт					
Контроль	479,6	432,3	438,9	450,3	-
BATR 40N 4 л/га	500,4	451,8	464,4	472,2	21,9
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	522,1	482,6	495,3	500	49,7
НСП ₀₅	11,4	13,8	13,1		
Масса 1000 зерен, г					
Контроль	297,16	195,08	226,93	239,72	-
BATR 40N 4 л/га	302,75	201,32	233,55	245,87	6,15
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	306,76	206,12	238,93	250,6	10,88
НСП ₀₅	3,02	3,54	3,14		

Некорневые подкормки повлияли на все элементы структуры урожайности зерна кукурузы. Наиболее сильная зависимость выявлена в массе зерна с початка (средняя прибавка составила 5,2–15,26 г или 4,7–13,8%) и количестве зерен в початке (прибавка составила 21,9–49,7 шт. или 4,8–11%). Относительная прибавка массы зерна с початка оказалась несколько больше, в процентном соотношении, чем прибавка по количеству зерен, что объясняется прибавкой в массе 1000 зерен.

Баковая смесь удобрений "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га внесенная в

фазу шести настоящих листьев оказалась наиболее эффективной и позволила увеличить в среднем за годы исследований: массу зерна с початка на 15,26 г, количество зерен в початке на 49,7 шт., а также массу 1000 зерен на 10,88 г.

Достоверная прибавка по всем показателям, однако с меньшей отдачей, наблюдалась и при применении только удобрения "BATR 40N" 4 л/га.

Одним из основных показателей качества зерна является содержание крахмала. Результаты анализа данного показателя представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние удобрений на содержание крахмала в зерне кукурузы, %

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Прибавка, %
Контроль	77,4	57,5	57,7	64,3	-
BATR 40N 4 л/га	78,1	60,2	60,5	66,3	+2
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	80,5	62,1	63,6	68,7	+4,4
НСП ₀₅	0,44	1,34	1,78		

По результатам оценки содержания крахмала в зерне кукурузы, можно сделать вывод о том, что некорневые подкормки оказывают положительное влияние на данный показатель.

Содержание крахмала в зерне по годам исследований существенно различается, что вызвано отличиями в погодно-климатических условиях, однако тенденция прибавки данного показателя относительно контроля сохраняется во все годы исследований и наиболее

выражена в засушливые 2023 и 2024 года.

Так, в среднем за 2022-2024 годы исследований, некорневые подкормки удобрениями "BATR 40N" 4 л/га и "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га в фазу шести настоящих листьев культуры привели к росту содержания крахмала в зерне на 2% и 4,4% соответственно.

Оценка влияния некорневых подкормок на содержание NPK в зерне кукурузы приведена в таблице 4.

АГРОНОМИЯ

Таблица 4 – Влияние удобрений на содержание азота (N), фосфора (P) и калия (K) в зерне кукурузы, %

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Отклонение, % (процентные пункты)
Азот					
Контроль	1,46	0,81	0,82	1,03	-
BATR 40N 4 л/га	1,59	0,85	0,94	1,13	+0,1
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	1,61	0,91	0,99	1,17	+0,14
HCP ₀₅	0,03	0,07	0,06		
Фосфор					
Контроль	0,38	0,35	0,37	0,37	-
BATR 40N 4 л/га	0,38	0,35	0,39	0,37	-
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	0,38	0,37	0,41	0,39	+0,02
HCP ₀₅	0,06	0,05	0,09		
Калий					
Контроль	0,46	0,23	0,28	0,32	-
BATR 40N 4 л/га	0,46	0,26	0,28	0,33	+0,01
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	0,48	0,27	0,29	0,35	+0,03
HCP ₀₅	0,05	0,08	0,04		

По годам исследований наблюдались существенные различия по содержанию NPK. Что связано, прежде всего с погодно-климатическими условиями периодов вегетации – в засушливые 2023 и 2024 годах содержание элементов питания в зерне оказалось существенно ниже, чем в 2024 году, т. к. вследствие недостатка влаги, поступление элементов минерального питания было существенно ограничено.

Достоверная прибавка отмечена лишь в содержании азота между контролем и вариантами обработок. Достоверных различий между вариантами обработок не отмечено.

В среднем за годы исследований, обработка "BATR 40N" 4 л/га + "BATR Zn" 1 л/га позволила увеличить содержание азота в зерне на

0,14%, тогда как обработка "BATR 40N" 4 л/га показала меньшее увеличение – на 0,1%.

Некорневые подкормки не оказали существенного влияния на содержание фосфора и калия. Разница не превышает HCP₀₅.

Вероятно, увеличение содержания азота происходит как за счет дополнительного внесения с препаратом, так и за счет стимулирования поглощения элементов питания, в т. ч. и азота, из почвы. В работе Hu Y. и Virgus Z. [22] отмечается, что некорневой способ внесения удобрений позволяет быстрее доставить и включить в метаболизм растения элементы минерального питания.

Некорневые подкормки также повлияли и на вынос NPK с 1 гектара. Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Вынос NPK кукурузой из почвы с урожаем зерна и соответствующим количеством побочной продукции, кг/га

Вариант	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее по годам	Отклонение, кг/га
Азот					
Контроль	328,8	123,7	155,4	202,6	-
BATR 40N 4 л/га	361,8	138,6	176,4	225,6	+23
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	385,9	148,8	204,7	246,5	+43,9
Фосфор					
Контроль	89,1	49,4	60,6	66,4	-
BATR 40N 4 л/га	91,2	51,6	65,9	69,6	+3,2
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	98,7	56,4	77,6	77,6	+11,2
Калий					
Контроль	447,5	244,8	263,8	318,7	-
BATR 40N 4 л/га	453,8	264,2	279,7	332,6	+13,9
BATR 40N 4 л/га + BATR Zn 1 л/га	483,1	268,2	324,4	363,2	+44,5

Оценка результатов расчета выноса NPK с урожаем основной и соответствующим количеством побочной продукции позволяет сделать вывод о том, что применение изучаемых препаратов существенно влияет на величину выноса элементов питания. Средний вынос азота за годы исследований увеличивается на 23–43,9 кг/га, фосфора на 3,2–11,2 кг/га, калия на 13,9–44,5 кг/га. Вынос азота увеличивается как за счет увеличения концентрации в растении, так и за счет увеличения урожайности [23]. Тогда как вынос фосфора и калия увеличивается только за счет увеличения урожайности, т. к. некорневые подкормки не оказали существенного влияния на содержание данных элементов питания в растениях.

Основной причиной можно считать стимулирование процессов роста, развития и накопления питательных веществ в растениях в целом и зерне в частности – что приводит к росту продуктивности культуры и, соответственно, увеличению показателей выноса элементов питания из почвы.

Выводы. Количественные и качественные показатели зерновой продуктивности кукурузы в годы исследований существенно различались, чему способствовали контрастные погодно-климатические условия периодов вегетации. Однако, в целом удалось выявить достоверные различия вариантов опыта по следующим показателям – урожайность зерна

(достоверные различия по всем вариантам), содержание крахмала (достоверные различия по всем вариантам) и содержание NPK в зерне (достоверное различие в содержании азота между контролем и вариантами обработок).

Наибольшая отзывчивость на внесение удобрений выявлена в засушливые 2023 и 2024 года исследований, что, вероятно, вызвано слабой доступностью элементов минерального питания из почвы вследствие почвенной засухи, и, соответственно, лучшей отзывчивостью на внесение удобрений через листовую поверхность. Доказательством выводов служит разница в процентном соотношении по показателям продуктивности: прибавка урожайности в благоприятный 2022 год составила 3,1–8,3%, тогда как в засушливые 2023 и 2024 года 8,3–17,8% и 5,7–19,2% соответственно. Прибавка в содержании крахмала составила: в 2022 году 0,1–4%; в 2023 4,7–8%; в 2024 4,8–10,2%. Аналогичная тенденция прослеживается и в выносе NPK.

Проведенные исследования по оценке влияния жидких органоминеральных удобрений марки "BATR" на урожайность, качественные характеристики и вынос NPK растениями кукурузы позволяют сделать вывод о том, что можно рекомендовать данные препараты к применению в фазу шести настоящих листьев культуры в современных технологиях выращивания кукурузы на зерно.

Литература

1. Влияние норм полива на продуктивность сахарной кукурузы в условиях экологически чистой горной зоны Кабардино-Балкарии / З. Г. С. Шибзухов, А. Ю. Кишев, З. С. Шибзухова и др. // Аграрная Россия. 2021. № 8. С. 28–31. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2021-8-28-31>.
2. Давыдов А. С., Ермакова К.С. Режим орошения кукурузы на зерно // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 5. С. 55–59.
3. Кириллов Н. А., Соколова Е.А. Урожайность зеленой массы и зерна гибридов кукурузы отечественной селекции // Аграрная Россия. 2019. № 6. С. 29–33. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2019-6-29-33>.
4. Виноградов И. С., Лазарев Н.Н. Комплексная оценка гибридов кукурузы для производства силоса // Кормопроизводство. 2023. № 1. С. 26–30.
5. Фомин В. Н., Миназов И.Р. Совместные посевы кукурузы с бобовыми культурами в республике Татарстан // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 2. С. 55–57.
6. Влияние внекорневой обработки суспензией наноструктурного материала на урожайность и кормовую ценность зеленой массы кукурузы / Г. Ф. Рахманова, Н. Л. Шаронова, Ш. А. Алиев и др. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2017. Т. 232, № 4. С. 120–123.
7. Некорневое питание растений кукурузы водорастворимыми удобрениями марки Aqualis / В. Н. Баринцева, И. Н. Ивашенко, В. В. Дриггер и др. // Плодородие. 2024. № 4. С. 27–31. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.06>.
8. Effect of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizers management on wheat yield / Shabana Ehsan, Shahid Javed, Ifra Saleem, Fareeha Habib, Tahir Majeed // International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 2014. Vol. 4. № 4. P. 28–33.
9. Shcatula Y. Evaluation of efficiency of application of growth stimulators and micro- fertilizers in maize crops // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2021. № 57-2. P. 8–14. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-57-2-8-14>.
10. Cakmak I., Kutman U. B. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review // European Journal of Soil Science. 2018. Vol. 69, № 1. P. 172–180. <https://doi.org/10.1111/ejss.12437>.
11. Семина С. А., Гаврюшина И.В., Палийчук А.С. Урожайность и биохимический статус кукурузы в зависимости от минерального питания и густоты стояния растений // Нива Поволжья. 2022. № 2. С. 1002.
12. Егоров В. С., Держинская А.А. Фолиарное применение удобрений и механизм их поступления в растения // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. № 2. С. 51–57.
13. Эффективность некорневых подкормок кукурузы цинком при различной обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы этим элементом / М. В. Рак, С. А. Титова, Т. Г. Николаева и др. // Почвоведение и агрохимия. 2018. № 2. С. 120–128.
14. Интенсификация системы удобрения кукурузы в условиях орошения в Чеченской Республике / Н. Л. Адаев, М. Х. Хамзатова, А. Г. Амаева и др. // Кукуруза и сорго. 2019. № 2. С. 14–21. <https://doi.org/10.25715/KS.2019.2.31829>.

15. Багринцева В. Н., Ивашененко И.Н. Эффективность азотного удобрения на гибридах кукурузы в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края // *Агрохимия*. 2018. № 1. С. 72-76. <https://doi.org/10.7868/S0002188118010076>.
16. Шмально И. А., Багринцева В.Н. Повышение урожайности кукурузы посредством некорневой подкормки растений // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 3. С. 66-68. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-63-68>.
17. Шогенов Ю. М., Ханиева И.М. Урожайность и качество зерна кукурузы в зависимости от применяемых органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста // *Роль науки и технологий в обеспечении устойчивого развития АПК: сборник научных трудов по итогам IX Международной науч.-практ. конф. Нальчик: ФГБОУ "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М.Кокова"*, 2021. С. 91-95.
18. Багринцева В. Н., Ивашененко И.Н. Эффективность некорневых подкормок кукурузы удобрениями марки Батр // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2021. № 1. С. 28-36.
19. Багринцева В. Н., Ивашененко И.Н., Сотченко Д.Ю. Влияние некорневой подкормки микроудобрением Батр Цинк на урожайность кукурузы и кормовые качества зерна // *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. Т. 106, № 3. С. 213-224. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-1-99-28-36>.
20. Роль макро- и микроудобрений в повышении урожайности и качества зеленой массы кукурузы на серых лесных почвах Республики Татарстан / М. Ю. Михайлова, М. Ю. Гилязов, Р. М. Низамов и др. // *Вестник Курганской ГСХА*. 2023. № 2. С. 34-41. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-213>.
21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
22. Hu Y., Burcus Z., Schmidhalter U. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. // *Soil Science Plant Nutrition*. 2008. Vol. 54. P. 133–141.
23. Ивашененко И. Н., Багринцева В. Н. Оценка эффективности некорневых подкормок азотсодержащими удобрениями на кукурузе // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2021. №3. С. 40-54.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Зиганшин Андрей Алексеевич – аспирант кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: ziganshinandrei@mail.ru

Сафин Радик Ильясевич – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой общего земледелия, защиты растений и селекции, член-корр. АН РТ, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728> Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

INFLUENCE OF LIQUID ORGANOMINERAL FERTILIZERS ON YIELD, QUALITY OF GRAIN PRODUCTION OF CORN AND THE DYNAMICS OF NUTRIENT REMOVAL FROM THE SOIL

A. A. Ziganshin, R. I. Safin

Abstract. The article presents the research materials on assessing the effect of liquid organomineral fertilizers on the productivity indicators of grain corn. The studies were conducted in 2022-2024 in Kama zone of the Republic of Tatarstan on gray forest soil. Experimental design: 1) control - without fertilizers; 2) application of BATR 40N at a dose of 4 l/ha in the phase of six true leaves of the crop; 3) application of a tank mixture of BATR 40N at a dose of 4 l/ha + BATR Zn at a dose of 1 l/ha in the phase of six true leaves of the crop. The object of research is DKS 3006 corn hybrid. The soil of the experimental plot: humus content is 3.5...4.7% (according to Tyurin), mobile phosphorus (according to Kirsanov) - 140...155 mg / kg and exchangeable potassium (according to Kirsanov) - 112...120 mg / kg of soil, pH (salt extract) - 5.3-6.6. The experiment was repeated 3 times, the plots were placed systematically, the area of each plot was 126 m². The weather and climatic conditions during the years of research turned out to be contrasting - 2022 was favorable (HTC 1.3), 2023 and 2024 were droughty (HTC 0.8 and 0.9, respectively). Foliar feeding contributed to an increase in yield (the average increase over the years of research was 3.9-10.7 c/ha), improved quality (starch content increased by 2-4.4%, nitrogen content in grain by 0.1-0.14%). The greatest effect was achieved with the use of a mixture of fertilizers BATR 40N at a dose of 4 l/ha + BATR Zn at a dose of 1 l/ha. On average, over the years of research, the yield increase was 10.7 c/ha, the starch content increased by 4.4%, and the grain weight per cob by 15.56 g (due to an increase in the number of grains and the thousand-grain weight). The average NPK content in grain, depending on the variant, was: nitrogen 1.03-1.17%, phosphorus - 0.3-0.39%, potassium - 0.32-0.35%. The average removal of nitrogen was 202.6-246.5 kg/ha, phosphorus 66.4-77.6 kg/ha, potassium - 318.7-363.2 kg/ha.

Key words: nitrogen, zinc, organomineral fertilizers, corn (*Zea Mays*).

For citation: Ziganshin A.A., Safin R.I. Influence of liquid organomineral fertilizers on yield, quality of grain production of corn and the dynamics of nutrient removal from the soil. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2025; 1(13): 29-35 p.

References

1. Shibzukhov ZGS, Kishev AYU, Shibzukhova ZS. [The influence of irrigation rates on the productivity of sweet corn in the conditions of an ecologically clean mountain zone of Kabardino-Balkaria]. *Agrarnaya Rossiya*. 2021; 8. 28-31 p. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2021-8-28-31>.
2. Davydov AS, Ermakova KS. [Irrigation regime for grain corn]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019; 5. 55-59 p.
3. Kirillov NA, Sokolova EA. [Yield of green mass and grain of domestically bred corn hybrids]. *Agrarnaya Rossiya*. 2019; 6. 29-33 p. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2019-6-29-33>.
4. Vinogradov IS, Lazarev NN. [Comprehensive assessment of corn hybrids for silage production]. *Kormoproizvodstvo*. 2023; 1. 26-30 p.
5. Fomin VN, Minazov IR. [Joint crops of corn with legumes in the Republic of Tatarstan]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2012; 2. 55-57 p.
6. Rakhmanova GF, Sharonova NL, Aliev ShA. [Influence of foliar treatment with a suspension of nanostructured

material on the yield and feed value of green mass of corn]. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman*. 2017; Vol.232. 4. 120-123 p.

7. Bagrintseva VN, Ivashenko IN, Dridiger VV. [Foliar nutrition of corn plants with water-soluble fertilizers of Aqualis brand]. *Plodorodie*. 2024; 4. 27-31 p. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.06>.

8. Shabana Ehsan, Shahid Javed, Ifra Saleem, Fareeha Habib, Tahir Majeed Effect of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizers management on wheat yield. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 2014; Vol.4. 4. 28-33 p.

9. Shcatula Y. Evaluation of efficiency of application of growth stimulators and micro- fertilizers in maize crops. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2021; 57-2. 8-14 p. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-57-2-8-14>.

10. Cakmak I, Kutman UB. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. *European Journal of Soil Science*. 2018; Vol.69. 1. 172-180 p. <https://doi.org/10.1111/ejss.12437>.

11. Semina SA, Gavryushina IV, Paliychuk AS. [Yield and biochemical status of corn depending on mineral nutrition and plant density]. *Niva Povolzhya*. 2022; 2. 1002 p.

12. Egorov VS, Dzerzhinskaya AA. [Foliar application of fertilizers and the mechanism of their entry into plants]. *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2015; 2. 51-57 p.

13. Rak MV, Titova SA, Nikolaeva TG. [Efficiency of foliar feeding of corn with zinc under different conditions of provision of sod-podzolic sandy loam soil with this element]. *Pochvovedenie i agrokhiimiya*. 2018; 2. 120-128 p.

14. Adaev NL, Khamzatova MKh, Amaeva AG. [Intensification of the corn fertilization system under irrigation conditions in the Chechen Republic]. *Kukuruza i sorgo*. 2019; 2. 14-21 p. <https://doi.org/10.25715/KS.2019.2.31829>.

15. Bagrintseva VN, Ivashenko IN. [Efficiency of nitrogen fertilizer on corn hybrids in the zone of sufficient moisture of Stavropol Kray]. *Agrokhiimiya*. 2018; 1. 72-76 p. <https://doi.org/10.7868/S0002188118010076>.

16. Shmalko IA, Bagrintseva VN. [Increasing corn yields through foliar feeding of plants]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 3. 66-68 p. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-63-68>.

17. Shogenov YuM, Khanieva IM. [Yield and quality of corn grain depending on the applied organic, macro-, micro-fertilizers and growth regulator. The role of science and technology in ensuring sustainable development of the agro-industrial complex]. *Sbornik nauchnykh trudov po itogam IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Nalchik: FGBOU Kabardino-Balkarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni V.M.Kokova*. 2021; 91-95 p.

18. Bagrintseva VN, Ivashenko IN. [Efficiency of foliar feeding of corn with Batr fertilizers]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2021; 1. 28-36 p.

19. Bagrintseva VN, Ivashenko IN, Sotchenko DYU. [The effect of foliar feeding with Batr Zinc microfertilizer on corn yield and forage quality of grain]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2023; Vol.106. 3. 213-224 p. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-1-99-28-36>.

20. Mikhaylova MYu, Gilyazov MYu, Nizamov RM. [The role of macro- and microfertilizers in increasing the yield and quality of green mass of corn on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2023; 2. 34-41 p. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-213>.

21. Dospekhov BA. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy)*. [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Agropromizdat. 1985; 351 p.

22. Hu Y, Burcus Z, Schmidhalter U. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. *Soil Science Plant Nutrition*. 2008; Vol.54. 133-141 p.

23. Ivashenko IN, Bagrintseva VN. [Evaluation of the effectiveness of foliar feeding with nitrogen-containing fertilizers on corn]. *Izvestiya Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 3. 40-54 p.

Conflict of interest

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

Authors:

Ziganshin Andrey Alekseevich - Postgraduate student of the Department of General Agriculture, Plant Protection and Breeding, e-mail: ziganshinandrei@mail.ru

Safin Radik Ilyasovich - Doctor of Agricultural Sciences, Head of Department of General Agriculture, Plant Protection and Breeding, Corresponding Member Academy of the Republic of Tatarstan, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ПОКАЗАТЕЛИ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ****О. А. Логаева, Н. В. Смолин, Н. В. Потапова, Д. Р. Абдюшева**

Реферат. Целью исследований явилось выявление действия средств химизации на показатели структуры урожайности озимой пшеницы. Исследование проводилось в 2024 году на базе стационарной лизиметрической лаборатории аграрного института МГУ им. Н. П. Огарёва. Агрохимические показатели чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого, среднемощного: содержание гумуса 6,4% (по И. В. Тюрину), подвижных форм фосфора – 155 мг/кг, калия – 120 мг/кг (по Кирсанову), pH солевой вытяжки – 6,2. Объект исследования – озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорта Московская 39. Опыт – двухфакторный в трехкратной повторности. Схема опыта: Фактор А – 1) без удобрений (контроль); 2) умеренная доза ($N_{60}P_{60}K_{40}$); 3) высокая доза ($N_{120}P_{120}K_{80}$). Фактор В – 1) без средств защиты растений (контроль); 2) с использованием комплекса средств защиты (гербицид – Балерина 0,6 л/га + Мортира 0,015 г/га; инсектицид – Борей Нео 0,15 л/га; фунгицид – Балий, КМЭ 0,8 л/га, + Ракурс СК 0,2 л/га). По данным метеорологической станции г. Саранск 2024 года был засушливым, при количестве осадков 460 мм, сумме эффективных температур ($< 10^{\circ}C$) $729^{\circ}C$ и среднесуточной температурой $+17,4^{\circ}C$. Было установлено, что при внесении высокой дозы удобрений и средств защиты количество зерен в колосе увеличилось с 14,8 шт. до 28,7 шт. На массу 1000 зерен средства химизации не оказали достоверного влияния. Урожайность озимой пшеницы в контрольной группе составила 2,66 т/га, применение средств защиты увеличило урожайность на 14%, а умеренные дозы удобрений обеспечили прирост на 34%, достигая 78% в сочетании с пестицидами. Высокие дозы удобрений увеличили урожайность на 89%, а комплексная обработка практически удвоила этот показатель (5,52 т/га).

Ключевые слова: лизиметр, озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), минеральные удобрения, средства защиты растений, показатели структуры, урожайность.

Для цитирования: Логаева О. А., Смолин Н. В., Потапова Н. В., Абдюшева Д. Р. Показатели структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от применения средств химизации // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. 1 (13). С. 36-41.

Введение. Для Российской Федерации пшеница является культурой стратегического значения. Приоритетное производство пшеницы удовлетворяет не только внутренние потребности страны, значительная доля зерна также направляется на экспорт. Это создает валютные поступления в виде оплаты за возобновляемый ресурс и приносит определенные политические преимущества на международной арене. Россия занимает одно из ведущих мест среди стран-производителей зерна в мире и усиливает влияние на глобальные поставки пшеницы [1, 2]. В структуре производства пшеничного зерна более заметную долю занимают озимые формы. Удельный вес собранного в общем объеме зерна озимой пшеницы в 2023 году составил 69%, тогда как на долю яровой пришлось всего 31% [3].

Повышение урожайности озимой пшеницы является важным фактором для обеспечения продовольственной безопасности сельскохозяйственного рынка и снижает зависимость пищевой отрасли от импорта зерна, оказывает положительное воздействие на экономику и способствует улучшению условий и качества жизни населения. Урожайность зерновых культур складывается из составных частей – структуры, на которую оказывает существенное влияние ряд агротехнических приемов [4, 5].

Чтобы достичь высоких урожаев зерна озимой пшеницы с хорошими качественными показателями растениям необходимы доступные питательные вещества на протяжении

всего вегетационного периода. Защитные мероприятия в посевах озимой пшеницы играют ключевую роль в получении высоких урожаев, поскольку в отдельные годы потери зерна из-за болезней могут превышать 40% [6, 7]. Высокая урожайность озимой пшеницы, требует точного соблюдения регламента применения современных пестицидов, обеспечивающих экологическую безопасность, как для окружающей среды, так и для произведенной зерновой продукции [8].

Применение современных агрономических методов в выращивании озимой пшеницы способствует достижению не только высокой урожайности, но и желаемых качественных параметров зерна [9]. Тем не менее, несоблюдение агрономических норм может повлечь ряд негативных последствий, которые, в свою очередь, сказываются на уменьшении количества зерен в колосках (пустоколосица). Это оказывает отрицательное влияние на общий урожай, снижая как его объем, так и качественную сторону. Поэтому строгое следование агрономическим рекомендациям является основой для успешного производства озимой пшеницы [10].

Урожайность зерновых культур складывается из составных частей – структуры, на которую оказывает существенное влияние ряд технологических приемов [11]. Удобрения, применяемые в правильных пропорциях, способствуют росту озимой пшеницы и помогают формировать оптимальную структуру урожая даже в условиях неблагоприятной погоды. Таким образом, сбалансированные

дозы удобрений становятся инструментом для создания оптимальной структуры урожая, обеспечивая эффективное насыщение питательными веществами единицы товарной продукции [12].

Положительное влияние удобрений на продуктивность озимой пшеницы объясняется тем, что на большинстве типов почв со временем происходит снижение уровня доступных питательных веществ, которые часто находятся в формах, труднорастворимых и плохо усваиваемых растениями. Кроме того, нередко наблюдается низкая физиологическая активность корневой системы пшеницы. Поэтому применение удобрений существенно увеличивает урожайность пшеницы на разных типах почв, что, в свою очередь, ведет к улучшению общей продуктивности этого культурного растения [13].

Зачастую урожайность озимой пшеницы ограничивается ее болезнями. Посевы ежегодно поражаются комплексом заболеваний, и патогены получают все большее распространение. Это связано как с численностью патогенов, их резистентностью и способностью к адаптации, так и с множеством сортов, подверженных их воздействию [14]. Снижение эффективного плодородия почвы и дисбаланс питательных веществ ослабляют вегетирующие растения, что приводит к увеличению агрессивности заболеваний, следствием чего становится подавление роста и развития. В таких условиях важность интегрированной защиты растений возрастает, поскольку она позволяет эффективно управлять фитосанитарной ситуацией на полях, минимизируя затраты на обработку и негативное воздействие пестицидов на экологию [15].

Использование химических средств для озимой пшеницы является ключевым фактором для удовлетворения внутренних потребностей и экспорта высококачественного зерна. По мнению А. М. Алиева и соавт. [16] «для достижения этой цели необходимо оптимизировать технологии, включая рациональное применение удобрений и пестицидов без значительного расширения посевных площадей. Убыль урожая в современной земледелии из-за вредителей и болезней составляет не менее 25% от потенциального объема».

Увеличение урожая и повышение затрат при внесении минеральных удобрений могут быть компенсированы за счет эффективной защиты от болезней и вредителей. Применение химических веществ критически важно для достижения стабильной урожайности и высокого качества продукции [17].

Однако долгосрочное применение средств химизации имеет как положительные, так и отрицательные последствия, поскольку на урожай влияет множество факторов, включая агрохимию, погоду и средства защиты. Оптимальное взаимодействие всех этих элементов позволяет максимально реализовать потенциал урожайности. При неправильном применении

химизации могут возникать негативные эффекты, такие как снижение резистентности культуры к заболеваниям и вредителям [18, 19].

Подобное исследование проводилось в многолетнем опыте с 1960 года на ЦОС ВИУА авторами А. М. Алиевым и Н. И. Цимбалом [20]. В период от закладки опыта и до конца 8-й ротации севооборота было установлено, что «комплексное применение удобрений и средств защиты растений, значительно повышало урожайность озимой пшеницы. Урожайность колебалась от 1,0–1,5 т/га в начальных ротациях до 7,6 т/га – в девятой. Фунгициды также способствовали увеличению урожайности в сочетании с удобрениями. В целом, агрохимикаты повышали урожайность озимой пшеницы в 1,3–5 раз, подчеркивая важность их комплексного использования для оптимизации производства зерна».

Целью работы было выявление действия средств химизации на показатели структуры урожайности озимой пшеницы.

Условия, материалы и методы. Изучение действия средств химизации по разным факторам применения минеральных удобрений и использования средств защиты растений проводилось в 2024 году на базе лизиметрической лаборатории аграрного института, построенной и введенной в эксплуатацию в 1987 году. Год проведения опыта был засушливым, при ГТК равном 0,61 (по Г. Т. Селянинову). Количество осадков за гидрологический период (август–июль) составило – 460 мм, сумма активных положительных температур – 729°C, среднесуточная температура – +17,4°C. Объект исследования – озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорта Московская 39. Норма высева 5,5 млн. шт./га. Почва выщелоченный чернозем тяжелого гранулометрического состава с периодически промывным типом водного режима [21]. Перед началом эксплуатации лизиметрической лаборатории исходные агрохимические характеристики верхнего слоя почвы имели следующие значения: содержание гумуса составляло 6,4%, подвижных форм фосфора – 155 мг/кг, калия – 120 мг/кг, pH солевой вытяжки – 6,2, гидролитической кислотности – 32,8 мг-экв/100 г почвы.

Исследование проводилось в двухфакторном опыте в трех повторностях. Первый изучаемый фактор (А) был направлен на изучение доз внесения минеральных удобрений:

- 1) без удобрений (контроль);
- 2) умеренная доза ($N_{60}P_{60}K_{40}$);
- 3) высокая доза ($N_{120}P_{120}K_{80}$).

Под культуры севооборота в течение 38 лет ежегодно применялись дозы минеральных удобрений согласно схеме опыта.

Второй фактор (В) включал использование средств защиты растений, которые рассматривались в двух вариантах:

- 1) без средств защиты растений (контроль);
- 2) с использованием комплекса средств защиты (гербицид – Балерина 0,6 л/га + Мортира 0,015 г/га; инсектицид – Борей Нео

0,15 л/га; фунгицид – Балий, КМЭ 0,8 л/га, + Ракурс СК 0,2 л/га).

Использованные пестициды универсально и интенсивно защищают и работают по определенным доминирующим вредным объектам региона. Гербицидная обработка была стандартной против двудольных однолетних и многолетних видов. Фунгициды защищали растения от мучнистой росы, септориоза, стеблевой бурой ржавчины. Инсектицид обладал длительным защитным эффектом и применялся против основных вредителей: пшеничного трипса, злаковых тлей, злаковых клопов.

Всего 18 лизиметров набивного типа. Учетная площадь одного лизиметра составляет 4 м².

Оценка показателей структуры урожая озимой пшеницы проводилась по общепринятой методике: На каждом лизиметре по диагонали с помощью рамки 50×50 см (0,25 кв. м.) в 4-х кратной повторности были отобраны в

фазу полной спелости растения с корневой системой и собраны в снопы. При анализе снопов определяли: общее количество растений; общее количество стеблей; количество продуктивных стеблей (с колосом); массу зерна со снопа. Также проводили подсчет количества зёрен в колосе главного стебля в результате ручного обмолота и определение *массы 1000 зёрен* (ГОСТ 10842-89). Экспериментальные данные обработаны статистически: использован метод дисперсионного анализа данных многофакторного полевого опыта.

Результаты и обсуждения. Результаты дисперсионного анализа структуры урожая показали (табл. 1), что минеральные удобрения и средства защиты растений оказали значительное благоприятное воздействие на сохранность растений к моменту уборки урожая. На наиболее эффективном варианте подсчитано на 12% больше продуктивных стеблей по сравнению с контролем.

Таблица 1 – Влияние средств химизации на показатели структуры урожая озимой пшеницы

Вариант		Количество растений, шт./м ²	Количество колосьев, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Биологическая урожайность, т/га
Доза удобрений (фактор А)	Средства защиты растений (СЗР) (фактор В)					
Контроль	Контроль	430	524	14,8	34,3	2,66
	СЗР	452	529	17,2	33,3	3,03
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	Контроль	462	537	19,9	33,3	3,56
	СЗР	480	565	24,0	35,0	4,75
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₈₀	Контроль	497	579	25,6	33,9	5,02
	СЗР	538	586	28,7	32,8	5,52
НСР ₀₅ частных различий		8	8	1,1	F _ф <F _т	0,36
А		7	7	0,9	F _ф <F _т	0,29
В		5	5	0,8	F _ф <F _т	0,24
АВ		6	6	F _ф <F _т	F _ф <F _т	0,25

Значительное воздействие на уровень урожайности озимой пшеницы оказывал показатель озернённости колоса. В контрольном варианте количество зерен в колосе составляло 14,8 шт., а с внесением высокой дозы удобрений и комплекса средств защиты этот показатель увеличился до 28,7 шт.

В условиях летней засухи 2024 года, при количестве осадков 460 мм, сумме активных положительных температур 729°С и среднесуточной температурой +17,4°С (по данным метеорологической станции г. Саранск), средства химизации достоверного действия на массу 1000 зерен не оказали. Однако можно отметить щуплость зерна, собранного в этот неблагоприятный вегетационный период. При относительно невысокой выполненности зерна урожайность озимой пшеницы в контрольной группе составила 2,66 т/га. Использование средств защиты на неудобренном фоне привело к увеличению урожайности на 0,37 т/га, что соответствует 14%.

Внесение умеренных доз минеральных

удобрений обеспечивало прирост урожайности озимой пшеницы на 34% по сравнению с контрольным вариантом, а в сочетании с комплексом средств защиты эта прибавка увеличилась до 78%. Применение высоких доз минеральных удобрений повышало урожайность зерна озимой пшеницы на 89%, и с учетом комплексной обработки посевов средствами защиты этот показатель практически удваивался, достигнув 5,52 т/га.

Положительное взаимодействие было выявлено между изучаемыми факторами и уровнем урожайности зерна озимой пшеницы. Применение минеральных удобрений способствовало увеличению эффективности использования методов защиты растений, а комплекс агрозащитных мероприятий повышал коэффициент использования питательных веществ растениями из минеральных удобрений.

Выводы. Проведенные в лизиметрическом опыте на озимой пшеницы исследования показали, что внесение удобрений и повышение их дозы на фоне обработки посевов

комплексом средств защиты положительно сказывалось на продуктивном стеблестое и озерненности колоса. Эти два показателя оказались наиболее существенными в формировании урожайности зерна озимой пшеницы. На массу 1000 зерен средства химизации не оказали достоверного влияния.

В контрольном варианте количество зерен в колосе составило 14,8 шт., а при внесении высокой дозы удобрений и средств защиты увеличилось до 28,7 шт., что подтверждает влияние агрономических мероприятий на урожай. Урожайность озимой пшеницы в контрольной группе составила 2,66 т/га, применение средств защиты увеличило урожайность на 14%, а умеренные дозы удобрений обеспечили прирост на 34%, достигая 78% в сочетании с пестицидами. Высокие дозы удобрений

увеличили урожайность на 89%, а комплексная обработка практически удвоила этот показатель, подчеркивая важность интегрированного подхода и положительное взаимодействие удобрений с эффективностью защиты растений.

Данные исследования могут быть основой для рекомендаций по оптимизации агротехники в условиях южной части Нечерноземной зоны РФ. Это позволит повысить эффективность использования ресурсов, улучшить качество и количество урожая, а также адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям. Внедрение интегрированных подходов к применению удобрений и средств защиты растений поможет снизить затраты на производство и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Литература

1. Совершенствование технологии возделывания озимой пшеницы в условиях аридизации климата Орловской области / А. Ф. Мельник, Е. В. Кирсанова, Л. П. Степанова и др. // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2023. № 6 (105). С. 38-43. URL: [https://ej.orelsau.ru/files/archive/2023,%206\(105\).pdf](https://ej.orelsau.ru/files/archive/2023,%206(105).pdf) (дата обращения: 27.10.2024).
2. Экономическая и географическая специфика осуществления экспорта российской пшеницы / О. С. Фомин, Д. А. Зюкин, С. А. Беляев и др. // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. №2. С. 138-142. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-i-geograficheskaya-spetsifika-osuschestvleniya-eksporta-rossiyskoj-pshenitsy> (дата обращения: 27.10.2024).
3. Яровая пшеница. Посевные площади, валовые сборы и урожайность в 2023 г.: сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://ab-centre.ru/news/yarovaya-pshenica-posevnye-ploschadi-valovye-sbory-i-urozhaynost-v-2023-godu> (дата обращения 02.11.2024).
4. Гордей С. И., Сацюк И. В., Урбан Э. П. Направления и основные результаты селекции озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в Республике Беларусь // Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2019. № 4 (57). С. 444-453. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-4-444-453>.
5. Дудкина Т. А. Факторы повышения урожайности озимой // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: Сборник статей VI Международной науч.-практ. конф. (30-31 марта 2023 г., г. Минск). Минск : Изд-во БГАТУ, 2023. С. 189-191.
6. Самойлов Л. Н., Чернова Л. С., Трушкин С. В. Комплекс факторов, влияющих на производство и качество зерна пшеницы // Плодородие. 2018. № 6 (105). С. 12-16. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2018.105.04>.
7. Влияние систематического внесения удобрений и предшественников на урожай и качество зерна озимой пшеницы / А. В. Федюшкин, С. В. Пасько, А. В. Парамонов и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №4 (66). С. 65-68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-sistematicheskogo-vneseniya-udobreniy-i-predshestvennikov-na-urozhay-i-kachestvo-zerna-ozimoy-pshenitsy> (дата обращения: 18.11.2024).
8. Эффективность защиты озимой пшеницы от болезней современными препаратами Bayer / М. А. Догадина, А. В. Таракин, Л. П. Еремин и др. // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2023. № 6(105). С. 17-25. URL: [https://ej.orelsau.ru/files/archive/2023,%206\(105\).pdf](https://ej.orelsau.ru/files/archive/2023,%206(105).pdf) (дата обращения: 30.10.2024).
9. Сравнительная оценка сортов озимой мягкой пшеницы в межстанционном испытании по показателям качества / М. М. Иванисов, Д. М. Марченко, Е. И. Некрасов и др. // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4 (70). С. 14-18. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-70-4-14-18>.
10. Бахвалова С. А., Демьянова-Рой Г. Б., Федорова А. В. Формирование элементов структуры урожайности в зависимости от норм высевы озимой пшеницы сортов отечественной селекции // Современная наука: актуальные вопросы и достижения в эпоху трансформационных процессов: материалы 74-й Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. (26 января 2023 г., г. Караваево). Караваево : Изд-во Костромская ГСХА, 2023. С. 7-11.
11. Ковтун В. И. Урожайность и элементы ее структуры у новых сортообразцов озимой мягкой пшеницы // Земледелие. 2014. №5. С. 43-44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/urozhaynost-i-elementy-ee-struktury-u-novyh-sortoobraztsov-ozimoy-myagkoj-pshenitsy> (дата обращения: 12.01.2025).
12. Гоман Н. В., Попова В. И., Бобренко И. А. Влияние микроудобрений на структуру урожая озимой пшеницы // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (112). С. 114-117. URL: http://www.kgau.ru/vestnik/2016_1/content/19.pdf (дата обращения: 12.01.2025).
13. Гамаюнова В. В., Смирнова И. В. Основные элементы структуры урожая пшеницы озимой в зависимости от сорта и фона питания // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 3 (67). С. 145-149. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30554585> (дата обращения: 09.01.2025).
14. Пасько Т. И. Эффективность фунгицидов на озимой пшенице // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 3. С. 144-146. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32811066> (дата обращения: 08.12.2024).
15. Тойгильдин А. Л., Аюпов Д. Э., Тойгильдина И. А. Эффективность применения средств защиты растений от болезней при возделывании озимой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной

сельскохозяйственной академии. 2017. № 3 (39). С. 26-33. URL: <http://lib.ugsha.ru:8080/bitstream/123456789/1442/1/vestnik-2017-3-26-33.pdf> (дата обращения: 10.12.2024).

16. Энергетическая эффективность комплексного применения средств химизации при возделывании озимой пшеницы / А. М. Алиев, Е. Н. Старостина, Н. А. Кирпичников и др. // Плодородие. 2018. № 5(104). С. 29-31. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36286596> (дата обращения: 14.01.2025).

17. Тютёрев С. Л. Сочетание факторов повышения продуктивности и защиты от болезней – необходимое условие рационального возделывания пшеницы в Российской Федерации // Вестник защиты растений. 2016. № 1(87). С. 5-13. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26164677> (дата обращения: 14.01.2025).

18. Плодородие чернозема при длительном применении удобрений в зернопаропропашном севообороте / Н. М. Доманов, К. Б. Ибадуллаев, П. И. Солнцев и др. // Плодородие. 2008. № 5(44). С. 15-17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12799699> (дата обращения: 15.01.2025).

19. Влияние удобрений и средств химизации на плодородие почвы и питание растений / А. С. Карашаева, А. А. Завалин, Г. А. Ивашенков и др. // АгроЭкоИнженерия. 2023. №4 (117). С. 4-14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-udobreniy-i-sredstv-himizatsii-na-plodorodie-pochvy-i-pitanie-rasteniy> (дата обращения: 12.01.2025).

20. Алиев А. М., Цимбалист Н. И. Эффективность технологий производства зерна озимой пшеницы в севообороте многолетнего стационара // Плодородие. 2015. №2 (83). С. 20-24. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23298757> (дата обращения: 12.01.2025).

21. Инфильтрация осадков в выщелоченном черноземе при аридизации климата / Н. В. Смолин, Д. В. Бочкарев, А. В. Ивойлов и др. // Метеорология и гидрология. 2020. № 12. С. 86-94. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44525636>. (дата обращения: 02.12.2024).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Логаева Ольга Александровна – аспирант кафедры агрономии и ландшафтной архитектуры, e-mail: suhareva.olga2010@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-9506-808X>

Смолин Николай Васильевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агрономии и ландшафтной архитектуры, e-mail: smolin89@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8160-5487>

Потапова Наталья Васильевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии и ландшафтной архитектуры, e-mail: potapovan24@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5572-9534>

Абдюшева Диана Ренатовна – магистрант кафедры агрономии и ландшафтной архитектуры, e-mail: dianaabdyusheva@yandex.ru

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, г. Саранск, Россия.

INDICES OF WINTER WHEAT CROP STRUCTURE DEPENDING ON THE USE OF CHEMICALS

O. A. Logaeva., N. V. Smolin, N. V. Potapova, D. R. Abdyusheva

Abstract. The aim of the research was to identify the effect of chemicals on the indicators of the winter wheat yield structure. The study was conducted in 2024 at the stationary lysimetric laboratory of Agrarian Institute of Moscow State University named after N.P. Ogarev. Agrochemical indicators of leached heavy loamy chernozem, medium-deep: humus content 6.4% (according to I.V. Tyurin), mobile forms of phosphorus - 155 mg/kg, potassium - 120 mg/kg (according to Kirsanov), pH of salt extract - 6.2. The object of the study is winter wheat (*Triticum aestivum* L.) of Moskovskaya 39 variety. The experiment is a two-factor one, repeated three times. Experimental design: Factor A – 1) without fertilizers (control); 2) moderate dose (N₆₀P₆₀K₄₀); 3) high dose (N₁₂₀P₁₂₀K₈₀). Factor B – 1) without plant protection products (control); 2) using a set of plant protection products (herbicide – Balerina 0.6 l/ha + Mortira 0.015 g/ha; insecticide – Borey Neo 0.15 l/ha; fungicide – Baliy, KME 0.8 l/ha, + Rakurs SK 0.2 l/ha). According to Saransk meteorological station, 2024 was a dry year, with a precipitation amount of 460 mm, a sum of effective temperatures (<10°C) of 729°C and an average daily temperature of +17.4°C. It was found that with the application of a high dose of fertilizers and plant protection products, the number of grains in an ear increased from 14.8 pcs. to 28.7 pcs. Chemicals did not have a reliable effect on the weight of 1000 grains. The productivity of winter wheat in the control group was 2.66 t/ha, the use of plant protection products increased the productivity by 14%, and moderate doses of fertilizers provided an increase of 34%, reaching 78% in combination with pesticides. High doses of fertilizers increased the yield by 89%, and complex treatment almost doubled this figure (5.52 t/ha).

Key words: lysimeter, winter wheat (*Triticum aestivum* L.), mineral fertilizers, plant protection products, structure indicators, yield.

For citation: Logaeva O.A., Smolin N.V., Potapova N.V., Abdyusheva D.R. Indices of winter wheat crop structure depending on the use of chemicals. Agrobiotechnologies and digital farming. 2025. 1 (13). 36-41 p.

References

1. Melnik AF, Kirsanova EV, Stepanova LP. [Improving the technology of winter wheat cultivation in the arid climate of Orel region]. Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; 6 (105). 38-43 p. [cited 2024, October 27]. Available from: [https://ej.orelsau.ru/files/archive/2023,%206\(105\).pdf](https://ej.orelsau.ru/files/archive/2023,%206(105).pdf).

2. Fomin OS, Zyukin DA, Belyaev SA. [Economic and geographical specifics of Russian wheat exports]. Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal. 2023; 2. 138-142 p. [cited 2024, October 27]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-i-geograficheskaya-spetsifika-osuschestvleniya-eksporta-rossiyskoy-pshenitsy>.

3. Spring wheat. Sown areas, gross harvests and yields in 2023. [Internet]. Expert and analytical center of agribusiness. [cited 2024, November 02]. Available from: <https://ab-centre.ru/news/yarovaya-pshenica-posevnye-ploschadi-valovye-sbory-i-urozhaynost-v-2023-godu>.

4. Gordey SI, Satsyuk IV, Urban EP. [Directions and main results of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding in the Republic of Belarus]. Vesti Natsionalnoy akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk. 2019; 4 (57). 444-453 p. Available from: <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-4-444-453>.

5. Dudkina TA. [Factors for increasing winter crop yields. Processing and quality management of agricultural

products]. Sbornik statey VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. (30-31 marta 2023 g., g. Minsk). Minsk: Izd-vo BGATU. 2023; 189-191 p.

6. Samoylov LN, Chernova LS, Trushkin SV. [Complex of factors influencing the production and quality of wheat grain]. Plodorodie. 2018; 6 (105). 12-16 p. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2018.105.04>.

7. Fedyushkin AV, Pasko SV, Paramonov AV. [The influence of systematic application of fertilizers and precursors on the yield and quality of winter wheat grain]. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; 4 (66). 65-68 p. [cited 2024, November 18]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sistematicheskogo-vneseniya-udobreniy-i-predshestvennikov-na-urozhay-i-kachestvo-zerna-ozimoy-pshenitsy>.

8. Dogadina MA, Tarakin AV, Eremin LP. [Efficiency of winter wheat protection from diseases with modern Bayer preparations]. Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; 6 (105). 17-25 p. [cited 2024, October 30]. Available from: [https://ej.orelsau.ru/files/archive/2023,%206\(105\).pdf](https://ej.orelsau.ru/files/archive/2023,%206(105).pdf).

9. Ivanisov MM, Marchenko DM, Nekrasov EI. [Comparative assessment of winter soft wheat varieties in an interstation test for quality indicators]. Zernovoe khozyaystvo Rossii. 2020; 4 (70). 14-18 p. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-70-4-14-18>.

10. Bakhvalova SA, Demyanova-Roy GB, Fedorova AV. [Formation of yield structure elements depending on seeding rates of winter wheat varieties of domestic selection]. Sovremennaya nauka: aktualnye voprosy i dostizheniya v epokhu transformatsionnykh protsessov: materialy 74-y Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii. (26 yanvarya 2023 g., g. Karavaevo). Karavaevo: Izd-vo Kostromskaya GSKhA. 2023; 7-11 p.

11. Kovtun VI. [Productivity and elements of its structure in new varieties of winter soft wheat]. Zemledelie. 2014; 5. 43-44 p. [cited 2025, January 12]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/urozhaynost-i-elementy-ee-struktury-u-novykh-sortoobraztsov-ozimoy-myagkoy-pshenitsy>.

12. Goman NV, Popova VI, Bobrenko IA. [Effect of microfertilizers on the structure of winter wheat yield]. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016; 1 (112). 114-117 p. [cited 2025, January 12]. Available from: http://www.kgau.ru/vestnik/2016_1/content/19.pdf.

13. Gamayunova VV, Smirnova IV. [Main elements of the winter wheat yield structure depending on the variety and nutrition background]. Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2017; 3 (67). 145-149 p. [cited 2025, January 09]. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30554585>.

14. Pas'ko T. I. Effektivnost' fungitsidov na ozimoi pshenitse // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. Efficiency of fungicides on winter wheat // International Journal of Humanitarian and Natural Sciences. 2018. № 3. S. 144-146 p. [cited 2024, December 08]. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32811066>.

15. Toygildin AL, Ayupov DE, Toygildina IA. [Efficiency of application of plant protection products against diseases in winter wheat cultivation]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2017; 3 (39). 26-33 p. [cited 2024, December 10]. Available from: <http://lib.ugsha.ru:8080/bitstream/123456789/1442/1/vestnik-2017-3-26-33.pdf>.

16. Aliev AM, Starostina EN, Kirpichnikov NA. [Energy efficiency of the complex use of chemicals in winter wheat cultivation]. Plodorodie. 2018; 5(104). 29-31 p. [cited 2025, January 14]. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36286596>.

17. Tyuterev SL. [Combination of factors increasing productivity and protecting against diseases is a necessary condition for rational cultivation of wheat in the Russian Federation]. Vestnik zashchity rasteniy. 2016; 1(87). 5-13 p. [cited 2025, January 14]. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26164677>.

18. Domanov NM, Ibadullaev KB, Solntsev PI. [Fertility of chernozem with long-term use of fertilizers in grain-fallow-row crop rotation]. Plodorodie. 2008; 5(44). 15-17 p. [cited 2025, January 15]. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12799699>.

19. Karashaeva AS, Zavalin AA, Ivashenkov GA. [The influence of fertilizers and chemicals on soil fertility and plant nutrition]. AgroEkoInzheneriya. 2023; 4 (117). 4-14 p. [cited 2025, January 12]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-udobreniy-i-sredstv-himizatsii-na-plodorodie-pochvy-i-pitanie-rasteniy>.

20. Aliev AM, Tsimbalist NI. [Efficiency of winter wheat grain production technologies in the crop rotation of a long-term station]. Plodorodie. 2015; 2 (83). 20-24 p. [cited 2025, January 12]. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23298757>.

21. Smolin NV, Bochkarev DV, Ivoylov AV. [Precipitation infiltration in leached chernozem during climate aridization]. Meteorologiya i gidrologiya. 2020; 12. 86-94 p. [cited 2024, December 02]. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44525636>.

Conflict of interest

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

Authors:

Logaeva Olga Aleksandrovna – post-graduate student of Agronomy and Landscape Architecture Department, e-mail: suhareva.olga2010@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-9506-808X>

Smolin Nikolay Vasilevich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Agronomy and Landscape Architecture Department, e-mail: smolin89@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8160-5487>

Potapova Nataliya Vasilevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agronomy and Landscape Architecture Department, e-mail: potapovan24@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5572-9534>

Abdyusheva Diana Renatovna – Master's student of Agronomy and Landscape Architecture Department, e-mail: dianaabdyusheva@yandex.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev", Saransk, Russia.

**СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ
ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ И ГУМИНОВЫХ БИОСТИМУЛЯТОРОВ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ****Н. А. Медведев, Р. И. Сафин, А. Р. Валиев**

Реферат. В работе изложены материалы исследований по оценке влияния обработки посевов биопрепаратом на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17 и его смесей с различными гуминовыми биостимуляторами на продуктивность, устойчивость к болезням, качество зерна ярового ячменя. Полевые исследования проводились на территории опытных полей Агробиотехнопарка Казанского ГАУ в 2023-2024 годах. Схема стационарного полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов: контроль (без опрыскивания); опрыскивание растений Гумат +7 0,5 л/га; опрыскивание растений Бигус экстра 0,5 л/га; опрыскивание растений PS-17 1 л/га; опрыскивание растений баковой смесью препаратов Гумат +7 0,5 л/га и PS-17 1 л/га; опрыскивание растений баковой смесью препаратов Бигус экстра 0,5 л/га и PS-17 1 л/га. Исходное содержание гумуса составляло 4%, подвижного фосфора 275 мг/кг почвы по Кирсанову и обменного калия 185 мг/кг почвы по Кирсанову, pH 6,1 в солевой вытяжке. Повторность опыта – трехкратная, размещение делянок методом рандомизированных повторений, площадь опытных делянок – 25 м². Система основной и предпосевной подготовки почвы включала лущение стерни, вспашку, культивацию, предпосевное боронование, внесение азофоски в норме 150 кг/га. Наименьшее развитие сетчатой пятнистости листьев было при применении биопрепарата на основе эндофитной бактерии *B.m.* PS-17 (биологическая эффективность – 28,6%, по сравнению с контролем). Минимальное развитие корневых гнилей отмечалось при использовании смеси гуминового препарата Гумат +7 с биопрепаратом на основе *B.m.* PS-17 (биологическая эффективность – 13,8%, по сравнению с контролем). Биологическая эффективность определялась по формуле Аббота по средним значениям за 2 года. Использование всех вариантов обработки растений стимулировало рост площади листовой поверхности растений. Максимальные показатели (17,3 м²/га) были в варианте – Гумат +7 + PS-17. Двукратное применение биопрепарата Бигус экстра обеспечило получение максимальной прибавки урожая 13,88%, однако его положительное влияние было обеспечено за счет более существенного роста урожайности в засушливом 2023 году. В 2024 году урожайность по всем вариантам опыта с обработками была примерно на одном уровне.

Ключевые слова: гуминовые препараты, яровой ячмень (*Hordeum vulgare*), эндофитные бактерии, стимуляторы роста.

Для цитирования: Медведев Н. А., Сафин Р. И., Валиев А. Р. Синергетический эффект комбинированного применения эндофитных бактерий и гуминовых биостимуляторов на продуктивность ярового ячменя// Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. №1 (13). С. 42-48.

Введение. Одним из наиболее перспективных направлений в защите сельскохозяйственных культур от вредных биологических объектов, можно назвать внедрение в технологию возделывания биологических препаратов, производимых на основе природных агентов [1, 2]. Данная группа препаратов полностью соответствует требованиям биологического земледелия, сохраняя благоприятные экологические условия внутри агроценозов, как для развития самих растений, так и для развития полезной биоты [3]. Помимо прямого воздействия на фитопатогены, использование биопрепаратов может оказывать положительное влияние на иммунные процессы растений, что в свою очередь позволяет снизить потери от абиотических стрессовых факторов [4]. Имея в своей основе, в большинстве случаев, живые микроорганизмы или продукты их метаболизма, биопрепараты, при попадании в верхние слои почвы, способны становиться частью микробиома почвы или оказывать положительное влияние на него [5].

Все больший интерес, в качестве

агентов потенциально пригодных для создания и разработки биопрепаратов, вызывают интерес эндофитные бактерии [6]. Эндосфера растения-хозяина является особой средой обитания для данной группы микроорганизмов, так как способна обеспечивать их всеми необходимыми элементами для поддержания процессов жизнедеятельности, а также защищать от неблагоприятных факторов окружающей среды [7, 8]. Они обнаруживаются, как на вегетативных органах растений, так и на генеративных, в том числе и на корневой системе [9]. Помимо этого, эндофитные бактерии могут встречаться не только на тканях растений, но и в верхних слоях почвы [10].

Несмотря на то, что еще накоплено не так много сведений о влиянии на экологическое и физиологическое состояние растений эндофитных бактерий, они являются перспективными агентами при разработке биопрепаратов [11]. Имеется ряд исследований, посвященных изучению влияния данной группы бактерий на фитопатогенные микроорганизмы в рамках

интегрированной системы защиты растений [12]. В частности, при изучении бактерий рода *Bacillus spp* удалось установить их ингибирующий эффект на рост и развитие возбудителей грибных заболеваний растений, за счет способности продуцировать противогрибковые липопептиды [13]. Использование биопрепаратов на основе эндофитных бактерий способно оказывать ростостимулирующий эффект на проростки растений, положительно сказаться на адаптивных процессах к вегетационным условиям [14, 15]. В литературе встречаются материалы исследований, показывающие способность отдельных штаммов эндофитных бактерий оказывать влияние на процент всхожести и выживаемости семенного материала многих сельскохозяйственных культур [16].

Республика Татарстан находится в зоне рискованного земледелия, где растения на протяжении всего вегетационного периода подвергаются различным абиотическим стрессам [17]. В следствие чего особое значение приобретает внедрение антистрессовых препаратов в систему возделывания сельскохозяйственных культур, в частности гуминовых препаратов [18]. Данная группа препаратов подходит, как для обработки семенного и посадочного материала, так и для некорневого внесения по вегетирующим растениям [19]. Гуминовые вещества даже в малой концентрации способны оказывать ростостимулирующий эффект, воздействовать на процессы фотосинтеза, а также сказываются на интенсивности минерального питания и устойчивости растений к биотическим и абиотическим стрессам. Подобный эффект наблюдается на многих возделываемых культурах, в том числе и на яровом ячмене [20, 21].

Учитывая все вышеизложенное, целью настоящей работы являлась оценка эффективности применения смесей биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17 и различных гуминовых биостимуляторов на яровом ячмене зернофуражного назначения сорта Раушан.

Условия, материалы и методы. Закладка и проведение полевого опыта происходили в Лаишевском районе Предкамской зоны Республики Татарстан на территории опытных полей Агробιοтехнопарка Казанского ГАУ в 2023-2024 годах. В качестве объекта для исследования был выбран яровой двурядный пленчатый ячмень сорта Раушан. Репродукция семян – элита. На опытном участке были серые лесные суглинистые почвы, характеризующиеся содержанием гумуса 4%, подвижного фосфора 275 мг/кг почвы по Кирсанову и обменного калия 185 мг/кг почвы по Кирсанову, pH 6,1 в солевой вытяжке. Показатель реакции почвенного раствора близок к нейтральному

(pH_{сол.} – 6,1). Для агроклиматических условий 2023 года характерны были засушливые периоды на протяжении всего периода вегетации ячменя. В июне месяце количество выпавших осадков составило всего 6 мм, при средне многолетнем значении 57 мм. В июле и августе 33 мм. и 20 мм., при норме 62 мм. и 55 мм. соответственно. В 2024 году на территории Предкамья Республики Татарстан также отмечались периоды с низкой влагообеспеченностью. Так количество осадков, выпавших в мае месяце составило 52,9 мм, при среднемесячной норме в этот период 38,0 мм. Июнь месяц характеризовался, как засушливый период, так как выпало 15,8 мм. осадков, при среднемноголетней норме 57 мм. За июль месяц количество осадков выпало 56,1 мм, что на 5,9 мм. меньше среднего многолетнего значения.

Полевой опыт был заложен по следующей схеме:

1. Контроль (без применения эндофитных бактерий и гуминовых препаратов);
2. Опрыскивание растений Гумат +7 0,5 л/;
3. Опрыскивание растений Бигус экстра 0,5 л/га;
4. Опрыскивание растений препаратом на основе *Bacillus mojavensis* PS-17 1 л/га КОЕ не менее 5×10^9 в 1 мл;
5. Опрыскивание растений баковой смесью: Гумат +7 0,5 л/га и препаратом на основе *Bacillus mojavensis* PS-17 1 л/га КОЕ не менее 5×10^9 в 1 мл;
6. Опрыскивание растений баковой смесью: Бигус экстра 0,5 л/га и препаратом на основе *Bacillus mojavensis* PS-17 1 л/га КОЕ не менее 5×10^9 в 1 мл;

Препараты в баковых смесях смешивались одновременно, не позднее чем за 1 час до обработки вегетирующих растений. Гуминовый препарат Гумат +7 «здоровый урожай» производится на основе бурого угля. Гуминовый препарат Бигус экстра производится на основе сапропеля.

Закладка опыта произведена в трехкратной повторности. Площадь опытных делянок составляла 25 м², учетная площадь делянок составила 20 м². Опрыскивание вегетирующих растений осуществлялось дважды – в фазы выхода в трубку и колошения. Норма расхода рабочего раствора составляла 200 л/га.

Совместно с проведением предпосевной культивации вносились минеральные удобрения, а именно нитроаммофоска 150 кг/га. Агротехнология возделывания культуры составлена на основе зональных рекомендаций по возделыванию ярового ячменя в условиях Республики Татарстан (ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН).

Результаты и обсуждения. Результаты оценки процента развития сетчатой пятнистости в фазу молочной спелости на яровом ячмене сорта Раушан представлены в таблице 1.

АГРОНОМИЯ

Таблица 1 – Показатели развития сетчатой пятнистости при использовании биопрепаратов на яровом ячмене в фазу молочной спелости, %, 2023-2024 года

Вариант	2023 год	2024 год	В среднем за 2 года	Биологическая эффективность*, %
Контроль	26,0	30,0	28,0	-
Гумат +7	20,0	24,0	22,0	21,4
Бигус экстра	20,0	25,0	22,5	19,6
<i>Bacillus mojavensis PS-17</i>	18,0	22,0	20,0	28,6
Гумат +7 + <i>Bacillus mojavensis PS-17</i>	18,0	24,0	21,0	25,0
Бигус экстра + <i>Bacillus mojavensis PS-17</i>	20,0	23,0	21,5	23,2

*Примечание – биологическая эффективность определялась по формуле Аббота по средним значениям за 2 года.

Показатели развития сетчатой пятнистости листьев ярового ячменя, в агроклиматических условиях 2024 года, были сравнительно выше, чем в 2023 году. При этом, использование в период вегетации для обработки растений всех изучаемых препаратов позволило снизить интенсивность развития заболевания в среднем на 5-8%. Несколько больший эффект по показателю биологической эффективности контроля развития сетчатой

пятнистости листьев (в среднем за 2 года) имел вариант с обработкой растений биопрепаратом на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis PS-17*.

На территории Республики Татарстан ежегодно на протяжении всего периода вегетации наблюдается поражение растений ячменя корневыми гнилями. Наиболее распространенными возбудителями данного микоза являются грибы из родов *Helminthosporium* и *Fusarium*.

Таблица 2 – Развитие корневой гнили ярового ячменя сорта Раушан при использовании гуминовых препаратов и эндофитных бактерий в фазу молочной спелости, %, 2023-2024 года

Вариант	2023 год	2024 год	В среднем за 2 года	Биологическая эффективность*, %
Контроль	36,0	36,3	36,2	-
Гумат +7	30,0	33,6	31,8	12,2
Бигус экстра	34,0	33,9	34,0	6,1
<i>Bacillus mojavensis PS-17</i>	30,0	32,7	31,4	13,3
Гумат +7 + <i>Bacillus mojavensis PS-17</i>	29,0	33,3	31,2	13,8
Бигус экстра + <i>Bacillus mojavensis PS-17</i>	30,6	33,6	32,1	11,3

*Примечание – биологическая эффективность определялась по формуле Аббота по средним значениям за 2 года.

В целом, все варианты обработки изучаемыми биопрепаратами оказали положительное влияние на снижение развития заболевания в фазу молочной спелости зерна, показатели снизились на 2-7% к контролю. По показателю биологической эффективности совместное

применение Гумат +7 + *Bacillus mojavensis PS-17* обеспечило максимальную величину биологической эффективности (13,8%).

Площадь листового аппарата играет ведущую роль в формировании урожая ячменя (табл. 3).

Таблица 3 – Площадь листовой поверхности ярового ячменя сорта Раушан (фаза колошения), тыс. м²/га, 2023-2024 года

Вариант	2023 год	2024 год	В среднем за 2 года	Отклонение от контроля	
				тыс. м ² /га	%
Контроль	15,2	17,2	16,20	-	-
Гумат +7	16,2	18,1	17,15	+0,95	+5,86
Бигус экстра	16,1	17,8	16,95	+0,75	+4,63
<i>Bacillus mojavensis PS-17</i>	15,9	18,4	17,15	+0,95	+5,86
Гумат +7 + <i>Bacillus mojavensis PS-17</i>	16,0	18,6	17,30	+1,10	+6,79
Бигус экстра + <i>Bacillus mojavensis PS-17</i>	15,9	18,6	17,25	+1,05	+6,48
НСР ₀₅	1,03	1,26			

Обработка изучаемыми препаратами оказала положительное влияние на развитие ассимиляционной поверхности. В среднем за весь период наблюдения, наибольшая площадь листьев наблюдалась в варианте

опыта с совместным применением препарата Гумат +7 «здоровый урожай» и биопрепарата на основе *Bacillus mojavensis* PS 17 (прибавка к контролю составила 1,1 тыс. м²/га или же 6,79%).

Таблица 4 - Урожайность ярового ячменя сорта Раушан при применении гуминовых препаратов, т/га, 2023-2024 года

Вариант	2023 год	2024 год	В среднем за 2 года	Отклонение от контроля	
				т/га	%
Контроль	4,72	5,22	4,97	-	-
Гумат +7	5,13	5,33	5,23	0,26	5,23
Бигус экстра	5,97	5,35	5,66	0,69	13,88
<i>Bacillus mojavensis</i> PS 17	5,52	5,32	5,42	0,45	9,05
Гумат +7 + <i>Bacillus mojavensis</i> PS 17	5,52	5,31	5,42	0,45	9,05
Бигус экстра + <i>Bacillus mojavensis</i> PS 17	5,57	5,34	5,46	0,49	9,86
НСР ₀₅	0,47	0,28			

Использование всех изучаемых биопрепаратов способствовало повышению урожайности ярового ячменя сорта Раушан. Вегетационный период 2024 года характеризовался большим количеством выпавших осадков, что также в сочетании с применяемыми препаратами, способствовало большему росту урожайности, в сравнении с 2023 годом. По показателю средней урожайности за 2 года исследования, прирост к урожаю составлял от 5,23% до 13,88%. Наибольшую прибавку к урожаю удалось получить в варианте с применением для некорневого внесения в фазы выхода в трубку и колошения гуминового препарата Бигус экстра, где прибавка составила 13,88% или 0,69 т/га.

При возделывании ярового ячменя на кормовые цели, одним из наиболее важных показателей является содержание в зерне белка (табл. 5). Несмотря на то, что 2023 год был более засушливым, в сравнении с 2024 годом, в зерне ярового ячменя отмечалось большее накопления белка. Так в 2023 году этот показатель варьировал в диапазоне от 14,8% до 16,4%, тогда как в 2024 году этот показатель составлял от 12,6% до 13,0%. На протяжении 2-х лет исследования наибольшая прибавка к содержанию белка в зерне отмечалась в опыте с применением биопрепарата Бигус экстра и в среднем за 2 года наблюдения она составила 1% к контролю.

Таблица 5 – Содержание белка (% на сухое вещество) в зерне ярового ячменя сорта Раушан при использовании гуминовых препаратов и эндофитных бактерий, 2023-2024 годы

Вариант	2023 год	2024 год	В среднем за 2 года	Прибавка к контролю
Контроль	14,8	12,6	13,7	-
Гумат +7	15,2	12,6	13,9	0,2
Бигус экстра	16,4	13,0	14,7	1,0
<i>Bacillus mojavensis</i> PS 17	16,0	12,7	14,4	0,7
Гумат +7 + <i>Bacillus mojavensis</i> PS 17	15,9	12,6	14,3	0,6
Бигус экстра + <i>Bacillus mojavensis</i> PS 17	15,9	12,8	14,4	0,7
НСР ₀₅	0,95	0,99		

Выводы. Применение смесей биопрепарата на основе эндофитной бактерии и различных гуминовых биостимуляторов оказало подавляющее действие на развитие, как листовых микозов, так и корневых гнилей. При этом эффективность их действия была различна. Так, при обработке вегетирующих растений биопрепаратом на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17, отмечалось наименьшее развитие сетчатой пятнистости листьев ярового ячменя и развитие заболевания составило 20% в среднем за 2 года. На развитие корневых гнилей наиболее выраженное действие

оказало совместное применение гуминового препарата Гумат +7 «здоровый урожай» в сочетании с биопрепаратом на основе *Bacillus mojavensis* PS-17.

Вариант с совместным применением Гумата +7 «здоровый урожай» и биопрепарата на основе *Bacillus mojavensis* PS-17 также оказал стимулирующее действие на развитие площади листовой пластины (17,3 м²/га, при контроле 16,20 м²/га) растений ярового ячменя сорта Раушан. По показателю урожайности, обработки вегетирующих растений всеми изученными вариантами

препаратов, привели к достоверному увеличению данного показателя. Двукратное применение биопрепарата Бигус экстра, производимого на основе сапропеля, способствовало наибольшему увеличению урожайности в среднем за два года и составила 5,66 т/га, при контроле 4,97 т/га. Содержание белка в зерне ярового ячменя тоже увеличивалось в вариантах с обработкой растений гуминовыми

препаратами и эндофитными биопрепаратами, как при раздельном, так и при совместном применении.

В целом, применение биопрепарата на основе эндофитной бактерии и различных гуминовых биостимуляторов на яровом ячмене оказывало положительное влияние на рост и развитие растений, а также на качественные и количественные характеристики полученного урожая.

Литература

1. Чарков С. М. Биопрепараты как основа биологических методов защиты растений // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2019. № 1(27). С. 45-47.
2. Замотайлов А. С., Белый А. И., Бедловская И. В. Актуальные проблемы интегрированной экологизированной и биологической защиты растений от вредителей // Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина. – 2-е издание, исправленное и дополненное. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. 115 с. – ISBN 978-5-00097-955-6.
3. Мельникова К. М., Евдакова М. В., Икусов Р. А. Биологический метод защиты растений от вредных организмов // Научный журнал молодых ученых. 2023. № 5(35). С. 2-6.
4. Нестерова О. П., Прокопьева М. В., Чернов А. В. Влияние биопрепаратов на адаптацию растений // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2023. № 3(26). С. 23-28. – doi:10.48612/vch/7phe-hp1h-hgfr.
5. Гарипова Р. Ф., Дерябин С. Н., Столповских А. Е. Влияние природного цеолита и биопрепаратов на физические свойства почв и их плодородие // Научные известия. 2022. № 30. С. 18-23.
6. Влияние инокуляции эндофитными бактериями растений картофеля на его продукционную способность / И. А. Гринева, В. А. Ломоносова, Д. В. Маслак [и др.] // Наука и образование: теория и практика : Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Нефтекамск, 18 декабря 2020 года / под общей редакцией А.И. Вострецова. – Нефтекамск: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2020. – С. 33-39.
7. Изменение структуры прокариотного сообщества в ризосфере рапса ярового (*Brassica napus* L.) в зависимости от внесения бактерий, утилизирующих 1-аминоциклопропан-1-карбоксилат / С. Н. Петрова, Е. Е. Андронов, А. А. Белимов [и др.] // Микробиология. 2020. Т. 89. № 1. С. 121-128. – doi:10.31857/S0026365620010115.
8. Абрамова А. А., Шаймуллина Г. Х. Оценка количественных изменений в микробиоме почвы и растений яровой пшеницы на ранних стадиях ее развития при обработке биопрепаратами в полевых опытах 2020 и 2021 годов // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 3(3). С. 6-11. – doi:10.12737/2782-490X-2022-6-11.
9. Роль сурфактина эндофитных бактерий *Bacillus subtilis* 26Д в развитии симбиотических отношений с растениями картофеля / А. В. Сорокань, З. Ф. Искандарова, Д. К. Благова [и др.] // Экобиотех. 2019. Т. 2. № 3. С. 257-261. – doi:10.31163/2618-964X-2019-2-3-257-261.
10. Эндофитные микроорганизмы в фундаментальных исследованиях и сельском хозяйстве / Е. Н. Васильева, Г. А. Ахтемова, В. А. Жуков, И. А. Тихонович // Экологическая генетика. 2019. Т. 17. № 1. С. 19-32. – doi:10.17816/ecogen17119-32.
11. Влияние бактерий рода *Bacillus* на почвенную микробиоту при предпосадочной обработке картофеля / В. С. Масленникова, В. П. Цветкова, С. М. Нерсисян [и др.] // Плодородие. 2022. № 1(124). С. 50-53. – doi:10.25680/S19948603.2022.124.13.
12. Диабанкана Р. Ж. К., Сафин Р. И. Оценка влияния применения биопрепаратов в период вегетации на микробиом семян яровой пшеницы // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 1(5). С. 22-26. – doi:10.12737/2782-490X-2023-22-26.
13. Verma S. K., White J. F. Indigenous endophytic seed bacteria promote seedling development and defend against fungal disease in browntop millet (*Urochloa ramosa* L.) // J. Appl. Microbiol. 2018. Vol.124. P.764–778
14. Бухарина И. Л., Исламова Н. А., Лебедева М. А. Влияние инокуляции корневой системы эндофитом *cylindrocarpum magnusianum* на показатели растений при воздействии солей тяжелых металлов // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 6. С. 24-29. – doi:10.31857/S250026272006006X.
15. Влияние *Bacillus subtilis* 10-4 на гормональную систему и показатели водного режима растений пшеницы при обезвоживании / Ч. Р. Аллагулова, А. М. Авальбаев, А. Р. Лубянова [и др.] // Биомика. 2023. Т. 15. № 1. С. 33-40. – doi:10.31301/2221-6197.bmc.2023-5.
16. Курамшина З. М., Смирнова Ю. В., Хайруллин Р. М. Видовая отзывчивость сельскохозяйственных культур на инокуляцию семян клетками эндофитных бактерий *B. Subtilis* // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 3 (91). С. 279-287. – doi:10.26088/INO.2019.91.29682.
17. Кадомцева М. Е. Оценка влияния фактора климатических рисков на устойчивое развитие зерновой отрасли Республики Татарстан // Управление устойчивым развитием. 2022. № 5(42). С. 12-19. – doi:10.55421/2499992X_2022_5_12.
18. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л. Антистрессовое воздействие органоминеральных удобрений в агротехнологии озимой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4(52). С. 65-72. – doi:10.18286/1816-4501-2020-4-65-72.
19. Антипова Т. А., Бабайцева Т. А. Влияние предпосевной обработки семян и опрыскивания посевов на формирование урожайности ярового ячменя // Пермский аграрный вестник. 2022. № 2(38). С. 49-56. – doi:10.47737/2307-2873_2022_38_49.
20. Сергеева А. А., Гасимова Г. А. Влияние препарата гуминовой природы на рост и развитие зерновых

злаковых культур // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 252. № 4. С. 228-232. – doi:10.31588/2413_4201_1883_4_252_228.

21. Неверов А. А., Верещагина А. А., Ураскулов Р. Ш. Влияние гуминовых препаратов на усвоение элементов минерального питания посевами ячменя // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 3. С. 114-126. – doi:10.33284/2658-3135-104-3-114.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Медведев Никита Андреевич – аспирант, ассистент кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: nikitamedvedev170217@mail.ru

Сафин Радик Ильясевич – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой общего земледелия, защиты растений и селекции, член-корр. АН РТ, e-mail: radiksaf2@mail.ru, http://orcid.org/0000-0001-6276-5728

Валиев Айрат Расимович – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. АН РТ, ректор, e-mail:

ayrat-valiev@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

SYNERGISTIC EFFECT OF COMBINED USE OF ENDOPHYTIC BACTERIA AND HUMIC BIOSTIMULANTS ON SPRING BARLEY PRODUCTIVITY

N. A. Medvedev, R. I. Safin, A. R. Valiev

Abstract. The article presents research materials on assessing the effect of crop treatment with a biopreparation based on the endophytic bacterium *Bacillus mojavensis* PS-17 and its mixtures with various humic biostimulants on the productivity, disease resistance, and grain quality of spring barley. Field studies were carried out on the territory of the experimental fields of Agrobiotechnopark of Kazan State Agrarian University in 2023-2024. The scheme of the stationary field experiment provided for the study of the following options: control (without spraying); spraying plants with Humate +7 at a dose of 0.5 l/ha; spraying plants with Bigus extra at a dose of 0.5 l/ha; spraying plants by PS-17 at a dose of 1 l/ha; spraying plants with a tank mixture of the preparations Gumat +7 at a dose of 0.5 l/ha and PS-17 at a dose of 1 l/ha; spraying plants with a tank mixture of the preparations Bigus Extra at a dose of 0.5 l/ha and PS-17 at a dose of 1 l/ha. The initial humus content was 4%, mobile phosphorus - 275 mg/kg of soil according to Kirsanov and exchangeable potassium - 185 mg/kg of soil according to Kirsanov, pH - 6.1 in the salt extract. The experiment was repeated three times, the plots were placed using the randomized repetition method, the area of the experimental plots was 25 m². The system of primary and pre-sowing soil preparation included stubble cultivation, plowing, cultivation, pre-sowing harrowing, and the application of azophoska at a rate of 150 kg/ha. The least development of net leaf spot was observed when using a biopreparation based on the endophytic bacterium B.m. PS-17 (biological efficiency - 28.6%, compared to the control). Minimal development of root rot was noted when using a mixture of the humic preparation Humate +7 with the biopreparation based on B.m. PS-17 (biological efficiency - 13.8%, compared to the control). Biological efficiency was determined by the Abbott formula based on average values for 2 years. The use of all plant treatment options stimulated the growth of the leaf surface area of plants. The maximum indicators (17.3 m²/ha) were in the option - Humate + 7 + PS-17. Double application of the biopreparation Bigus Extra ensured the maximum yield increase of 13.88%, but its positive effect was due to a more significant increase in yield in the dry year of 2023. In 2024, the yield for all experimental options with treatments was approximately at the same level.

Key words: humic preparations, spring barley (*Hordeum vulgare*), endophytic bacteria, growth stimulants.

For citation: Medvedev N.A., Safin R.I., Valiev A.R. Synergistic effect of combined use of endophytic bacteria and humic biostimulants on spring barley productivity. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2025; 1(13): 42-48 p.

References

1. Charkov SM. [Biopreparations as a basis for biological methods of plant protection]. *Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova*. 2019; 1(27). 45-47 p.
2. Zamotaylov AS, Belyy AI, Bedlovskaya IV. Aktualnye problemy integrirovannoy ekologizirovannoy i biologicheskoy zashchity rasteniy ot vreditel'ey. [Actual problems of integrated ecologically friendly and biological protection of plants from pests]. *Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T.Trubilina*. 2-e izdanie, ispravlennoe i dopolnennoe. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T.Trubilina. 2019; 115 p. – ISBN 978-5-00097-955-6.
3. Melnikova KM, Evdakova MV, Ikusov RA. [Biological method of plant protection from harmful organisms]. *Nauchnyy zhurnal molodykh uchenykh*. 2023; 5(35). 2-6 p.
4. Nesterova OP, Prokopenko MV, Chernov AV. [Influence of biopreparations on plant adaptation]. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; 3(26). 23-28 p. – doi:10.48612/vch/7phe-hp1h-hgfr.
5. Garipova RF, Deryabin SN, Stolpovskikh AE. [Influence of natural zeolite and biopreparations on the physical properties of soil and its fertility]. *Nauchnye izvestiya*. 2022; 30. 18-23 p.
6. Grineva IA, Lomonosova VA, Maslak DV. Vliyaniye inokulyatsii endofitnymi bakteriyami rastenii kartofelya na ego produktivnost' i sposobnost' nauka i obrazovanie: teoriya i praktika. [The effect of inoculation of potato plants with endophytic bacteria on its productive capacity. Science and education: theory and practice]. *Materialy Mezhdunarodnoy (zaachnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, Neftekamsk, 18 dekabrya 2020 goda. Pod obshchey redaktsiei A.I.Vostretsova. Neftekamsk: Nauchno-izdatelskiy tsentr "Mir nauki" (IP Vostretsov Aleksandr Ilich)*. 2020; 33-39 p.
7. Petrova SN, Andronov EE, Belimov AA. [Changes in the structure of the prokaryotic community in the rhizosphere of spring rape (*Brassica napus* L.) depending on the introduction of bacteria that utilize 1-aminocyclopropane-1-carboxylate]. *Mikrobiologiya*. 2020; Vol.89. 1. 121-128 p. – doi:10.31857/S0026365620010115.
8. Abramova AA, Shaymullina GK. [Assessment of quantitative changes in the microbiome of soil and plants of spring wheat at the early stages of its development when treated with biopreparations in field experiments in 2020 and 2021]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoye zemledelie*. 2022; 3(3). 6-11 p. – doi:10.12737/2782-490X-2022-6-11.
9. Sorokan AV, Iskandarova ZF, Blagova DK. [The role of surfactin of endophytic bacteria *Bacillus subtilis* 26D in the development of symbiotic relationships with potato plants]. *Ekobiotech.* 2019; Vol.2. 3. 257-261 p. – doi:10.31163/2618-964X-2019-2-3-257-261.
10. Vasileva EN, Akhtemova GA, Zhukov VA, Tikhonovich IA. [Endophytic microorganisms in fundamental research and agriculture]. *Ekologicheskaya genetika*. 2019; Vol.17. 1. 19-32 p. – doi:10.17816/ecogen17119-32.
11. Maslennikova VS, Tsvetkova VP, Nersesyan SM. [The influence of bacteria of *Bacillus* genus on soil microbiota during pre-planting treatment of potatoes]. *Plodorodie*. 2022; 1(124). 50-53 p. – doi:10.25680/S19948603.2022.124.13.

12. Diabankana RZhK, Safin RI. [Evaluation of the effect of biopreparations during the growing season on the microbiome of spring wheat seeds]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoye zemledelie*. 2023; 1(5). 22-26 p. – doi:10.12737/2782-490X-2023-22-26.
13. Verma SK, White JF. Indigenous endophytic seed bacteria promote seedling development and defend against fungal disease in browntop millet (*Urochloa ramosa* L.). *J. Appl. Microbiol.* 2018; Vol.124. 764-778 p.
14. Bukharina IL, Islamova NA, Lebedeva MA. [Effect of root system inoculation with the endophyte *Cylindrocarpus magnusianus* on plant performance under the influence of heavy metal salts]. *Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka*. 2020; 6. 24-29 p. – doi:10.31857/S250026272006006X.
15. Allagulova ChR, Avalbaev AM, Lubyanova AR. [Effect of *Bacillus subtilis* 10-4 on the hormonal system and water regime indicators of wheat plants during dehydration]. *Biomika*. 2023; Vol.15. 1. 33-40 p. – doi:10.31301/2221-6197.bmc.2023-5.
16. Kuramshina ZM, Smirnova YuV, Khayrullin RM. [Species responsiveness of agricultural crops to seed inoculation with cells of endophytic bacteria *B. Subtilis*]. *Nauchnaya zhizn*. 2019; Vol.14. 3(91). 279-287 p. – doi:10.26088/INOB.2019.91.29682.
17. Kadomtseva ME. [Assessment of the influence of climate risk factor on the sustainable development of the grain industry of the Republic of Tatarstan]. *Upravlenie ustoychivym razvitiem*. 2022; 5(42). 12-19 p. – doi:10.55421/2499992X_2022_5_12.
18. Bakaeva NP, Saltykova OL. [Anti-stress effect of organomineral fertilizers in winter wheat agrotechnology]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2020; 4(52). 65-72 p. – doi:10.18286/1816-4501-2020-4-65-72.
19. Antipova TA, Babaytseva TA. [Influence of pre-sowing seed treatment and crop spraying on the formation of spring barley yield]. *Permskiy agrarnyy vestnik*. 2022; 2(38). 49-56 p. – doi:10.47737/2307-2873_2022_38_49.
20. Sergeeva AA, Gasimova GA. [Influence of a humic preparation on the growth and development of cereal crops]. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman*. 2022; Vol.252. 4. 228-232 p. – doi:10.31588/2413_4201_1883_4_252_228.
21. Neverov AA, Vereshchagina AA, Uraskulov RSh. [Influence of humic preparations on the assimilation of mineral nutrition elements by barley crops]. *Zhivotnovodstvo i kormoproduktstvo*. 2021; Vol.104. 3. 114-126 p. – doi:10.33284/2658-3135-104-3-114.

Conflict of interest

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

Authors:

Medvedev Nikita Andreevich – post-graduate student, assistant of the Department of General Agriculture, Plant Protection and Breeding, e-mail: nikitamedvedev170217@mail.ru.

Safin Radik Ilyasovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of Department of General Agriculture, Plant Protection and Breeding, Corresponding Member Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, e-mail: radiksaf2@mail.ru. <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

Valiev Ayrat Rasimovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Rector, e-mail: ayrat-valiev@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

ОПТИМИЗАЦИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ СОИ НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ: ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН

Л. М. Онищенко, А. А. Белозор, Ф. Ш. Фасхутдинов

Реферат. Представлены результаты исследований влияния минеральных удобрений на агроценоз раннеспелого низкорослого детерминантного сорта сои Уника, выращиваемого на черноземе выщелоченном слабогумусном сверхмощном легкоглинистом, сформированном на лессовидных тяжелых суглинках. Исследования проводились в 2023–2024 годах в стационарном опыте кафедры агрохимии на базе учебно-опытного хозяйства «Кубань» Центральной агроклиматической зоны Краснодарского края. Схема полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов: $N_0P_0K_0$, $N_{20}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{40}$, $N_{60}P_{120}K_{60}$, $N_0P_0K_0$ + АгроМикс Т $N_{20}P_{40}K_{20}$ + АгроМикс Т $N_{40}P_{80}K_{40}$ + АгроМикс Т, $N_{60}P_{120}K_{60}$ + АгроМикс Т. Объектом исследований служили: почва – чернозем и растения – соя. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках. В 0–20 см слое почвы содержалось гумуса – 3,0%, подвижного фосфора и калия – 15,3 мг/кг и 269,5 мг/кг почвы (ГОСТ 26205-91 – в модификации ЦИНАО), pH солевой вытяжки – 5,8 единиц pH (ГОСТ 26483-85 в модификации ЦИНАО). Повторность опыта – трехкратная, размещение делянок рендомизированное, общая площадь каждой делянки 162 м², учетная – 54,2 м². Некорневую подкормку проводили АгроМикс Т в период бутонизации-начала цветения растений сои. Норму расхода (агрохимикат 1 кг/га) рабочего раствора АгроМикс Т 300 л/га. Наименьшая прибавка получена от удобрения в дозе $N_{20}P_{40}K_{20}$ – 0,34 т/га (или 17,89%). Двойные дозы $N_{40}P_{80}K_{40}$ обеспечивали 0,49 т/га (или 25,79%), тройные $N_{60}P_{120}K_{60}$ – 0,67 т/га (или 35,26%). Некорневая подкормка (НП) растений сои поликомпонентным удобрением АгроМикс Т повышает продуктивность культуры на 0,12 т/га (или на 6,32%). На фоне полного минерального удобрения в одинарной, двойной и тройной дозах – $N_{20}P_{40}K_{20}$ + АгроМикс Т; $N_{40}P_{80}K_{40}$ + АгроМикс Т; $N_{60}P_{120}K_{60}$ + АгроМикс Т прибавка повышается до 0,57 т/га, 0,71 и 0,75 т/га, что на 27,37; 37,36 и 39,41% выше контроля ($N_0P_0K_0$). Полученные прибавки являются достоверными. Исключением являются прибавки между вариантами $N_{40}P_{80}K_{40}$ + АгроМикс Т и $N_{60}P_{120}K_{60}$ + АгроМикс Т. На фоне применения удобрений в 2023 и 2024 годах повысилось содержание сырого протеина, растительного жира и клетчатки в зерне сои при применении $N_{20}P_{40}K_{20}$ до 37,11 и 37,31%; 28,11 и 28,53%; 3,30 и 4,22% соответственно по годам исследования. Важно заметить, что при невысокой урожайности, полученной в 2024 году, наблюдаем максимальные показатели качества зерна сои на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$. Здесь содержание сырого протеина до 37,68%, растительного жира до 28,82% и клетчатки 4,03%. Некорневая подкормка в 2024 году способствовала дальнейшему улучшению качества зерна сои. На вариантах $N_{40}P_{80}K_{40}$ + АгроМикс Т и $N_{60}P_{120}K_{60}$ + АгроМикс Т в зерне сои содержание сырого протеина было равно 39,40 и 39,51%, растительного жира – 30,39 и 30,47% и клетчатки – 6,84 и 6,61% соответственно.

Ключевые слова: чернозем, соя (*Glycine max*), удобрения, некорневая подкормка, урожайность, протеин, растительный жир, клетчатка.

Для цитирования: Онищенко Л. М., Белозор А. А., Фасхутдинов Ф. Ш. Оптимизация агротехнологических условий выращивания сои на черноземных почвах: влияние на урожайность и качество семян// Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. №1 (13). С. 49-56.

Введение. Соя обладает уникальным, разнообразным и богатым химическим составом семян: 38–41% белка, содержащего незаменимые аминокислоты, 20–24% масел, до 29% углеводов, фосфолипидов, а также макро- и микроэлементов, физиологически активных веществ, витаминов (А, В₁, В₂, В₃, В₄, В₆, В₉, D, Е, К) и витаминоподобных соединений. Своеобразие химического состава, функциональность и ценность семян сои позволяют ее использовать в качестве биологического корректора в питании населения. Для этой культуры характерна значительная пластичность, безотходность при переработке, высокая экономичность. Уникальные свойства сои позволяют использовать ее на продовольственные, технические и кормовые цели. Для поддержания плодородия почвы и формирования продуктивности в жизненном цикле важна азотфиксирующая активность ее корней.

Она наилучший предшественник для зерновых культур [1, 2, 3]. Корневая система растений сои обладает активной усваивающей способностью. Растения сои могут поглощать труднорастворимые минеральные вещества [4, 5].

Однако, рассматривая продуктивность сои по годам, необходимо отметить ее нестабильность. Выращивание культуры сопряжено с проблемами, связанными с тенденцией сокращения использования минеральных удобрений из-за их высокой стоимости, снижением плодородия почвы, уменьшением поступления почвенного органического вещества, что сказывается на ее физических, водно-физических свойствах, а также содержании гумуса и минерального азота [6, 7, 8].

При продолжительном периоде вегетации культуры важны благоприятные агрометеорологические условия.

Существенное воздействие на планируемую урожайность семян оказывают негативные абиотические факторы: действие аномально высоких активных температур, а также неустойчивое и недостаточное увлажнение почвы. Дефицит влаги, по-прежнему остается лимитирующим фактором у различных групп спелости растений сои. При этом формирующаяся урожайность семян низкая – 1,12 т/га. Видимо поэтому во многих хозяйствах России в структуре посевных площадей соя занимает небольшую долю – 3,56% и площадь составляет 4327 тыс. га [9, 10, 11].

Однако, в соответствии с документом стратегического планирования – Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, остро требуют решения проблемы дефицита растительного белка [12, 13], а также сохранения плодородия почв в стране. Эти проблемы возможно решить за счет увеличения урожайности и расширения посевной площади, занятой этой уникальной белково-масличной культурой. В литературе имеются сведения о том, что на одну тонну семян сои вынос азота составляет около 70 кг, фосфора и кальция примерно одинаково до 20, магния не более 10, серы извлекается в пределах 4-5 кг [12, 13, 14]. При этом соя способствует поддержанию плодородия за счет накопления в почве 60-80 кг – азота [15].

Поэтому при широкой вариативности новых сортов сои и изменяющихся почвенно-климатических условиях актуально изучение действия минеральных удобрений в агроценозе культуры. Необходимо выявить элементы агротехнологии, позволяющие стабилизировать урожайность и качество семян сои, что в последующем при научно-обоснованном применении агрохимических средств позволит поддерживать плодородия почвы. Современное сельскохозяйственное производство должно основываться на биологизации земледелия: стимулировании биологической активности микрофлоры почвы, оптимизации микробиологического фона, рационального использования минеральных удобрений на основе усовершенствования систем удобрения сои для оптимизации окупаемости затрат. Исследователями ранее установлена положительная реакция растений сои на некорневую подкормку в фазе бутонизации-начала цветения различными поликомпонентными удобрениями, содержащими различные микроэлементы: марганец, медь, цинк [16, 17].

Цель наших исследований: в условиях полевого опыта определить влияние на продуктивность и качество семян сои различных норм минеральных удобрений, содержащих азот, фосфор и калий, применяемых под основную обработку почвы

(низкие – $N_{20}P_{40}K_{20}$, средние – $N_{40}P_{80}K_{40}$ или высокие – $N_{60}P_{120}K_{60}$). Дать эколого-агрохимическое обоснование целесообразности включения в систему удобрения культуры некорневую подкормку поликомпонентным удобрением АгроМикс Т.

Условия, материалы и методы. Географическое положение опытного участка: 45°03'50.4"N 38°51'21.3"E. Согласно данным научно-исследовательских учреждений для сои единичная норма минерального удобрения – $N_{20}P_{40}K_{20}$. В полевом опыте изучались разные нормы азота, фосфора и калия. Схема опыта представляет собой специальную выборку: азот (первая цифра), фосфор (вторая цифра) и калий (третья цифра). В работе приведены контрастные варианты из стационарного опыта кафедры агрохимии. Нормы: $N_{20}P_{40}K_{20}$ – низкая (111); $N_{40}P_{80}K_{40}$ – средняя (222) и $N_{60}P_{120}K_{60}$ – высокая (333) и $N_0P_0K_0$ – контроль (000), а также $N_0P_0K_0$ + АгроМикс Т, $N_{20}P_{40}K_{20}$ + АгроМикс Т, $N_{40}P_{80}K_{40}$ + АгроМикс Т, $N_{60}P_{120}K_{60}$ + АгроМикс Т. Удобрения вносили осенью под основную обработку почвы. Использовали карбамид – $CO(NH_2)_2$; N – 46 %, аммофос – $NH_4H_2PO_4$ (N – 12%, P_2O_5 – 52%), калий хлористый – KCl (K_2O – 60%). Некорневая подкормка растений в фазе бутонизации-начала цветения растений сои проведена поликомпонентным удобрением АгроМикс Т, содержащим бор (0,65%), молибден (0,2%), цинк (0,6), медь (0,27%) железо (7%), марганец (3,3%). Норма расхода рабочего раствора 300 л/га. АгроМикс Т входит в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Номер государственной регистрации – 247-21-922-1. Срок до 22.12.2025.

Площадь делянки (m^2) общая – 162 (30·5,4), учетная – 54,2. Технология возделывания сои – общепринятая для региона. Учет урожая в полевом опыте проводился комбайном Тегрион 2010 в фазу полной спелости (влажность семян 11,3–11,5%, измеряли влагомером зерна Wile-55). Урожай взвешивания с учетной площади делянки и в последующем произведен пересчет на стандартную (14%) влажность и 100% чистоту.

Объектами исследований являлись: почва – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоголистый на лессовидных тяжелых суглинках; растения сои раннеспелого низкорослого детерминантного сорта Уника.

Предмет исследования: макро- (допосевное внесение) и поликомпонентное удобрение АгроМикс Т (некорневая подкормка).

Исследования развернуты в пространстве и времени. Соя выращивалась на двух полях (2023 год поле Д₁; в 2024 году Д₂, в 2025 году будет на Д₃) в чередовании культур 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота после кукурузы на зерно (рис. 1).



Рис. 1 – Схема размещения полей в опыте на территории учхоза "Кубань".
Определение глубины влажного слоя почвы

В почве определяли: почвенное органическое вещество ГОСТ 26213-2021 – метод Тюринга в модификации ЦИНАО, нитратный азот – ГОСТ 26951-86, аммонийный азот – ГОСТ 26489-85 – в модификации ЦИНАО, подвижный фосфор и калия – ГОСТ 26205-91– в модификации ЦИНАО, обменный кальций и обменный (подвижный) магний – ГОСТ 26487-85 в модификации ЦИНАО, pH солевой вытяжки – ГОСТ 26483-85 в модификации ЦИНАО, pH водной вытяжки – ГОСТ 26423-85, гидролитическую кислотность – ГОСТ 26212-91 метод Каппен в модификации ЦИНАО, сумму поглощенных оснований – ГОСТ 27821-88 метод Каппена, емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями – расчетным методом.

Содержание сырого протеина, растительного масла и клетчатки определяли экспресс-методом на ИК анализаторе Спектран – 219 (калибровка на семена сои ГОСТ Р 57543-2017). Статистическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа с использованием программы Microsoft Excel.

Анализ температуры атмосферного воздуха и количества выпавших осадков за

вегетационные период сои 2023 и 2024 года показал, что условия роста и развития растений сои неравнозначны по месяцам и годам исследований: гидротермический коэффициент (ГТК) начала вегетации (март-май) 2023 год составил – 1,29, что соответствует обеспеченному увлажнению, а налива (июль-август) зерна – 1,94 – избыточное увлажнение. В 2024 году в течении всего периода вегетации ГТК был менее 1,0. Следует отметить, что подобные колебания ГТК по годам часто наблюдающиеся. Налив зерна сои (особенно в 2024 году) проходил в условиях очень жаркой погоды с незначительными осадками июля (83,2 мм), однако, к концу созревания культуры, осадки практически отсутствовали (2,00 мм). В целом агрометеорологические условия в период вегетации растений сои нельзя характеризовать как оптимальные. Постоянно наблюдалась смена продолжительного засушливого периода кратковременным избыточным увлажнением, что отрицательно сказывалось на росте и развитии культуры. Засуха 2024 года негативно сказалась на вегетации сои (однако, растения не сбросили бобы), но она в большей степени повлияла на уровень урожая (рис.2, 3).



Рис. 2 – Общий вид опыта. Формирование клубеньков на корнях сои сорта Уника, 2024 год



Рис. 3 – Растения сои в период налива и полной спелости семян, 2024 год

Чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках распространялся по всей площади полевого опыта. Мощность гумусового слоя – 147 см. Содержание гумуса в

слое почвы 0–40 см варьировало от 2,7 до 3,0%. Актуальная и обменная кислотность почвы – $pH_{\text{водн}} = 6,1\text{--}6,3$, а $pH_{\text{сол}} = 5,8\text{--}5,4$, с глубиной выявлено ее незначительное уменьшение (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики почвы опытного участка, средневзвешенные значения, 2020–2022 года

Глубина отбора образцов, см	Содержание гумуса, %	Поглощенные катионы почвы, мг-экв./100 г почвы				pH_{H_2O}	pH_{KCl}
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Сумма $Ca^{2+} + Mg^{2+}$	Нг	единиц pH	
0–20	3,0	24,7	8,5	33,2	2,17	6,1	5,8
21–40	2,7	26,2	8,9	34,5	0,93	6,3	5,4
НСР ₀₅	0,298	1,032	0,389	—	1,19	0,2	0,5

Известно, что в почвенно поглощающем комплексе (ППК) чернозема выщелоченного содержание подвижного кальция преобладает среди обменных катионов. Установлено неравномерное распределение этого элемента в 0–40 см слое почвы. В пахотном слое его содержится 24,7 мг-экв./100 г почвы, в подпахотном несколько больше – 26,2 мг-экв./100 г почвы. Неравномерное распределение подвижного кальция по глубине отбора проб, видимо, обусловлено физико-химической или обменной поглощательной способностью почвы, которая проявляется при внесении азотных и калийных удобрений и последующим его вымыванием из почвенного раствора вследствие обильных осенне-весенних атмосферных осадков. В складывающихся агроэкологических условиях неодинаковый уровень потребления доступного кальция выращиваемыми культурами определяет неравномерность его распределения по слоям почвы. Такова же особенность наблюдается и в показателе по содержанию подвижного магния: в пахотном и подпахотном слоях его содержание было равно 8,5 и 8,9 мг-экв./100 г почвы соответственно. Подвижный магний (магний – ГОСТ 26487-85) мигрирует из пахотного в подпахотный слой почвы. Способствуют

этому не только вертикальные стоки ливневых атмосферных осадков, но и внесенные физиологически кислые минеральные удобрения. Изменчивый вынос магния урожаем культур с учетом их биологических особенностей и критических периодов роста и развития растений также имеет место.

В слоях чернозема выщелоченного в 0–20 и 21–40 см кислотность активная (актуальная) и обменная (6,1 и 6,3 единиц pH) и (5,8 и 5,4 единиц pH) была характерна для данного подтипа – слабокислая реакция почвенной среды соответственно. Прослеживается некая тенденция к убыванию показателя с глубиной отбора проб. Гидролитическая кислотность (ГОСТ 26212–91) и сумма обменных оснований (ГОСТ 27821–88) были равны 2,17; 0,93 и 42,4; 41,8 мг-экв./100 г почвы соответственно. Емкость катионного обмена и степень насыщенности почвы основаниями в 0–20 и 21–40 см слоях почвы составила 44,57; 42,73 мг-экв./100 г почвы и 95,1; 97,8% соответственно.

Чернозем выщелоченный по содержанию подвижных форм элементов минерального питания сои соответствует биологическим требованиям культуры. Его характеристика перед закладкой опыта в 2023 году приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав почвы опытного участка, средневзвешенные значения, мг/кг

Слой почвы, см	N		P ₂ O ₅	K ₂ O	SO ₄ ²⁻	Mn	Cu	Zn	Co
	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺							
0-20	3,4 – 4,9	2,8 – 7,2	15,3 – 9,8	269,5	1,9	92,6	0,14	1,13	0,34
21-40	2,8 – 4,1	2,7 – 6,5	9,6 – 8,2	281,1	2,1				

В агроценозе сои, согласно группировке почв по обеспеченности [18], содержание нитратного азота и обменно-поглощенного аммонийного азота в почве низкое и отличается высокой вариабельностью в течении вегетации культуры. Уровень фосфорного питания сои в начальный период ее роста – высокий, с последующим снижением до среднего. Содержание подвижного калия соответствует высокой и повышенной обеспеченности растений.

Результаты и обсуждение. Применяемые возрастающие дозы минеральных удобрений на длительно используемых почвах под сельскохозяйственное производство, увеличивают не только урожайность культуры, но и вынос элементов питания, что ведет к их обеднению усвояемыми формами микроэлементов

(Mo, Mn, Cu и др.). В связи с этим требуется внесение микроудобрений. Чернозем выщелоченный по содержанию подвижных форм молибдена, меди и цинка низко- и среднеобеспечен этими элементами [19]. Это связано с ежегодным отчуждением элементов с урожаем выращиваемых культур. Дефицит любого из микроэлементов – отрицательный фактор в повышении продуктивности культуры. Поэтому очень важно определить их влияние на продуктивность сои.

Внесение минеральных удобрений в полевом опыте существенно сказалось на повышении содержания питательных элементов в почве. Растения сои также содержали большее количество азота, фосфора и калия и в последствии в зерне сои, что и определило уровень ее урожайности (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность сои, выращиваемой на черноземе выщелоченном в зависимости от применения минеральных удобрений, 2023–2024 года

Вариант	Урожайность по годам, т/га		Средняя урожайность, т/га	Прибавка	
	2023	2024		т/га	%
N ₀ P ₀ K ₀	2,66	1,14	1,90	–	–
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀	3,16	1,31	2,24	0,34	17,89
N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀	3,41	1,37	2,39	0,49	25,79
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	3,69	1,44	2,57	0,67	35,26
N ₀ P ₀ K ₀ + АгроМикс Т	2,87	1,16	2,02	0,12	6,32
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ + АгроМикс Т	3,44	1,39	2,42	0,52	27,37
N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀ + АгроМикс Т	3,75	1,47	2,61	0,71	37,36
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀ + АгроМикс Т	3,79	1,51	2,65	0,75	39,47
НСР ₀₅	0,16–0,20	0,09–0,15	0,09–0,20	–	–

Анализ данных по урожайности сои сорта Уника показал, что на контроле без некорневой подкормки получено 1,90 т/га зерна. Наименьшая прибавка от удобрения в дозе N₂₀P₄₀K₂₀ – 0,34 т/га (или 17,89%). Двойные дозы N₄₀P₈₀K₄₀ – 0,49 т/га и это выше контроля на 25,79%, полное удобрение в тройной норме N₆₀P₁₂₀K₆₀ – 0,67 т/га или 35,26%. Оптимизация сельскохозяйственного производства зерна сои, за счет создания агротехнологий нового поколения [20], включающих агрохимикаты положительно влияющие на показатели фотосинтетической деятельности растений [21], обеспечивает высокую экологическую адаптивность и стабильность урожайности и качества зерна сои, выращиваемой на черноземе [22]. Так, некорневая подкормка поликомпонентным удобрением на фоне полного минерального удобрения в одинарной, двойной и тройной дозах –

N₂₀P₄₀K₂₀ + НП; N₄₀P₈₀K₄₀ + АгроМикс Т; N₆₀P₁₂₀K₆₀ + АгроМикс Т обеспечивает прибавку до 0,57 т/га; 0,71 и до 0,75 т/га, что на 27,37; 37,36 и 39,41% выше контроля (N₀P₀K₀). Без внесения основного минерального удобрения некорневая подкормка растений сои поликомпонентным удобрением АгроМикс Т повышает продуктивность на 0,12 т/га или на 6,32%. Полученные прибавки находятся в пределах наименьшей существенной разницы и являются достоверными. Исключением являются прибавки между вариантами N₄₀P₈₀K₄₀ + АгроМикс Т и N₆₀P₁₂₀K₆₀ + АгроМикс Т. Необходимо отметить, что за счет рационального соотношения макро- и микроэлементов в системе удобрения культуры повысилась содержание сырого протеина, растительного жира и клетчатки в зерне сои при применении N₂₀P₄₀K₂₀ до 37,11 и 37,31%; 28,11 и 28,53%; 3,30 и 4,22% соответственно по годам исследования (табл. 4).

Таблица 4 – Качество семян сои по годам исследования в зависимости от применения удобрений, 2023-2024 года

Вариант	2023 год			2024 год		
	сырой протеин	растительный жир	клетчатка	сырой протеин	растительный жир	клетчатка
	%					
N ₀ P ₀ K ₀	36,39	27,39	3,15	36,31	28,12	4,19
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀	37,11	28,11	3,30	37,31	28,53	4,22
N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀	37,37	28,62	3,40	38,25	28,68	4,35
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	37,54	28,62	3,53	37,68	28,82	4,03
N ₀ P ₀ K ₀ + АгроМикс Т	36,83	27,55	3,37	37,04	28,15	5,97
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ + АгроМикс Т	37,32	28,61	3,33	38,02	29,48	6,19
N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀ + АгроМикс Т	37,67	28,69	3,84	39,40	30,39	6,84
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀ + АгроМикс Т	37,73	28,72	4,11	39,51	30,47	6,61
НСР ₀₅	1,321	0,05	0,118	1,423	0,061	0,21

В зависимости от норм удобрений максимально повысились показатели качества в зерне сои на варианте N₆₀P₁₂₀K₆₀ в 2024 году. Содержание сырого протеина до 37,68%, растительного жира до 28,82% и клетчатки 4,03%. Некорневая подкормка в 2024 году способствовала дальнейшему улучшению качества зерна сои. На вариантах N₄₀P₈₀K₄₀ + НП и N₆₀P₁₂₀K₆₀ + НП в зерне сои содержание сырого протеина – 39,40 и 39,51%, растительного жира – 30,39 и 30,47% и клетчатки – 6,84 и 6,61%.

Выводы. В условиях четвертой ротации зернотравяно-пропашного севооборота минеральные удобрения в агроценозе сои улучшали питательный режим чернозема выщелоченного, повышали потребление элементов питания для формирования урожая зерна сои и увеличивали продуктивность культуры при внесении N₄₀P₈₀K₄₀ и N₆₀P₁₂₀K₆₀ на 25,79 и 35,26% по сравнению с неудобренным

контролем. Некорневая подкормка растений сои поликомпонентным удобрением АгроМикс Т при внесении удобрений N₄₀P₈₀K₄₀ и N₆₀P₁₂₀K₆₀. В среднем за 2023 и 2024 года способствовала увеличению урожайности на 37,36 и 39,47% относительно значений полученных без внесения удобрений. Показатели качества зерна также улучшались. В 2024 году при низкой урожайности (1,44 т/га), наблюдаем максимальное повышение показателей качества зерна сои на варианте N₆₀P₁₂₀K₆₀. Здесь содержание сырого протеина до 37,68%, растительного жира до 28,82 % и клетчатки 4,03 %. Некорневая подкормка в 2024 году способствовала дальнейшему улучшению качества зерна сои. На вариантах N₄₀P₈₀K₄₀ + АгроМикс Т и N₆₀P₁₂₀K₆₀ + АгроМикс Т в зерне сои содержание сырого протеина было равно 39,40 и 39,51%, растительного жира – 30,39 и 30,47% и клетчатки – 6,84 и 6,61% соответственно.

Литература

1. Петибская В. С. Соя: химический состав и использование: монография. Майкоп: Полиграф-Юг, 2012. 432 с. ISBN 978-5-7992-0733-5.
2. Беседин Н. В., Соколова И. А. Значение зернобобовых культур на примере сои в современных системах земледелия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 8 (70), 2010. 16–19.
3. Миникаев Р. В., Фасхутдинов Ф. Ш., Михайлова М. Ю. Управление факторами почвенного плодородия в условиях Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 4(4). С. 34-39.
4. Онищенко Л. М. Соя: биолого-экологические особенности, почва и удобрение: монография; под общ. ред. А. Х. Шеуджена. – Краснодар: КубГАУ, 2019. 154 с. ISBN 978-5-907247-71-0.
5. Chunyank Vank, Lourens Dzhonson A. Funktsionalnyye svoystva soi, prigotovlennoy gidrotemno belkovyye produkty. (Department pishchevykh nauk i pitaniya cheloveka i Tsentri issledovaniy v oblasti ispolzovaniya selskokhozyaystvennykh kultur, Gosudarstvennyy universitet Loua, Eymys, Lova 50011). JAOCS // J. Amer. Neft Khim. Sots. 2001. 78, № 2. S. 189–195.
6. Влияние погодных-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе / Л. Ю. Новикова, И. В. Сеферова, А. Ю. Некрасов и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. №22(6). С. 708–715. <https://doi.org/10.18699/VJ18.414>.
7. The 2004 Year Database of Food and Agriculture Organization (FAO) [электронный ресурс]. 2004. – Режим доступа: <http://www.fao.org/agriculture/prime crops/soybean> (дата обращения 25.12.2024).
8. Эффективность применения микроудобрений под сою / С. В. Спицына, А. А. Томаровский, Г. В. Остальд и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. №8. С. 43-47.
9. Посевные площади сельскохозяйственных культур по категориям хозяйств <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения 05.01.2025).
10. Фадеева А. Н., Курчаткин Н. Г., Гиматдинов Х. В. Особенности возделывания сои в Татарстане / Нива Татарстана. 2016. №2-3. С. 18-20. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.02.
11. Онищенко, Л. М. Удобрения и продуктивность сои // Удобрения и урожай: Материалы Региональной научно-практической конференции, Краснодар, 8-10 декабря 2004. – Майкоп, 2005. С. 317-324.
12. Указ Президента РФ от 21.01.2020 N 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386/ (дата обращения 28.12. 2024).

13. Синеговский М. О. Соя как инструмент компенсации дефицита белка (исторический аспект) // Агро-наука. 2024. №1(2). С. 16-22. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-16-22>.
14. Тишков Н. М., Махонин В. Л., Носов В. В. Содержание и вынос элементов питания растениями сои в зависимости от применения удобрений // Масличные культуры. 2019. Вып. 4 (180). С. 70–79. doi: 10.25230/2412–608X–2019–4–180–70–79.
15. Синеговский М. О. Соя – культура мирового земледелия // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. №5. С. 22-25. doi: 10.31857/2500-2082/2023/5/22-25.
16. Тишков Н. М., Михайлюченко Н.Г., Дряхлов А.А. Продуктивность сои при некорневой подкормке растений микроудобрениями и обработке регуляторами роста на черноземе выщелоченном // Масличные культуры. 2007. №2(137). С. 91-97. ISSN0202-5493.
17. Миникаев Р. В., Фасхутдинов Ф. Ш. Применение минеральных удобрений и урожайность зерновых культур в условиях Предволжья Республики Татарстан // Эволюция и деградация почвенного покрова: Сборник научных статей по материалам VI Международной научной конференции, Ставрополь, 19–22 сентября 2022 года. Ставрополь, 2022. С. 135-137. ISBN 978-5-6048606-5-6.
18. Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями / В. Г. Сычёв, М. И. Лунёв, А. В. Кузнецов [и др.] // Плодородие пахотных почв Российской Федерации. Вып. 8. М.: ВНИИА, 2010. 52 с.
19. Тонконоженко Е. В., Куркаев В. Т., Минани Фостен. Микроудобрения и урожай сои на выщелоченных черноземах Краснодарского края // Тр. / Куб.СХИ. 1982. Вып. 211(239). С. 50-56.
20. Алферов А.А. Достижения научных организаций в области земледелия в 2023 году. Российская сельскохозяйственная наука. 2024; № 3. 3-7. <https://journals.rcsi.science/2500-2627/issue/view/16718>. (дата обращения 05.01.2025).
21. Тедеева В.В., Тедеева А. А. Урожайность посевов сои в зависимости от применения биопрепаратов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. № 110. С. 23-26. doi: 10.21515/1999-1703-110-183-189.
22. Экологическая пластичность, урожайность и качество зерна различных сортов сои в условиях Кур-ской области / Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.В. Шумаков и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 6. С. 20-24. doi: 10.31857/S2500262723060042.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Онищенко Людмила Михайловна - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии e-mail: dekanatxp@mail.ru

Белозор Александр Александрович – аспирант кафедры агрохимии, e-mail: dekanatxp@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия.

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

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

OPTIMIZATION OF AGROTECHNOLOGICAL CONDITIONS FOR GROWING SOYBEANS ON CHERNOZEM SOILS: IMPACT ON YIELD AND SEED QUALITY

L. M. Onishchenko, A. A. Belozor, F. Sh. Faskhutdinov

Abstract. The article presents the results of studies of the impact of mineral fertilizers on agrocenosis of the early-ripening low-growing determinate soybean of Unika variety, grown on leached low-humus super-powerful light clayey chernozem, formed on loess-like heavy loams. The studies were conducted in 2023-2024 in a stationary experiment of Agrochemistry Department at Kuban educational and experimental farm of the Central agrobiological zone of Krasnodar Kray. The field experiment design included the following variants: $N_0P_0K_0$, $N_{20}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{40}$, $N_{60}P_{120}K_{60}$, $N_0P_0K_0 + \text{AgroMix T}$, $N_{20}P_{40}K_{20} + \text{AgroMix T}$, $N_{40}P_{80}K_{40} + \text{AgroMix T}$, $N_{60}P_{120}K_{60} + \text{AgroMix T}$. The objects of the study were: soil - chernozem and plants - soybeans. The soil of the experimental plot was leached chernozem, low-humus, super-powerful, light clayey on forest-like heavy loams. The 0-20 cm soil layer contained 3.0% humus, 15.3 mg/kg of available phosphorus and potassium, and 269.5 mg/kg of soil (State standard 26205-91 as modified by TsINA0), and the pH of the salt extract was 5.8 pH units (State standard 26483-85 as modified by TsINA0). The experiment was repeated three times, the plots were randomly placed, the total area of each plot was 162 m², and the accounting area was 54.2 m². Foliar feeding was carried out with Agro-Mix T during the budding-beginning of flowering of soybean plants. The consumption rate (agrochemical 1 kg/ha) of the working solution of AgroMix T was 300 l/ha. The smallest increase was obtained from fertilizing at a dose of $N_{20}P_{40}K_{20}$ - 0.34 t/ha (or 17.89%). Double doses of $N_{40}P_{80}K_{40}$ provided 0.49 t/ha (or 25.79%), triple $N_{60}P_{120}K_{60}$ - 0.67 t/ha (or 35.26%). Foliar feeding of soybean plants with the multicomponent fertilizer AgroMix T increases the productivity of the crop by 0.12 t/ha (or 6.32%). Against the background of complete mineral fertilization in single, double and triple doses - $N_{20}P_{40}K_{20} + \text{AgroMix T}$; $N_{40}P_{80}K_{40} + \text{AgroMix T}$; $N_{60}P_{120}K_{60} + \text{AgroMix T}$ increase to 0.57 t/ha, 0.71 and 0.75 t/ha, which is 27.37; 37.36 and 39.41% higher than the control ($N_0P_0K_0$). The obtained increases are reliable. The exceptions are increases between the $N_{40}P_{80}K_{40} + \text{AgroMix T}$ and $N_{60}P_{120}K_{60} + \text{AgroMix T}$ variants. Against the background of fertilizer application in 2023 and 2024, the content of crude protein, vegetable fat and fiber in soybean grain increased when using $N_{20}P_{40}K_{20}$ to 37.11 and 37.31%; 28.11 and 28.53%; 3.30 and 4.22%, respectively, for the years of the study. It is important to note that with the low yield obtained in 2024, we observe the maximum indicators of soybean grain quality in the $N_{60}P_{120}K_{60}$ variant. Here, the content of crude protein is up to 37.68%, vegetable fat up to 28.82% and fiber 4.03%. Foliar feeding in 2024 contributed to a further improvement in the quality of soybean grain. In the $N_{40}P_{80}K_{40} + \text{AgroMix T}$ and $N_{60}P_{120}K_{60} + \text{AgroMix T}$ variants, the content of crude protein in soybean grain was 39.40 and 39.51%, vegetable fat - 30.39 and 30.47% and fiber - 6.84 and 6.61%, respectively.

Key words: chernozem, soybeans (*Glycine max*), fertilizers, foliar feeding, yield, protein, vegetable fat, fiber.

For citation: Onishchenko L.M., Belozor A.A., Faskhutdinov F.Sh. Optimization of agrotechnological conditions for growing soybeans on chernozem soils: impact on yield and seed quality // Agrobiotechnologies and digital farming. 2025; 1(13): 49-56 p.

References

1. Petibskaya VS. Soya: khimicheskiy sostav i ispolzovanie: monografiya. [Soybean: chemical composition and use: monograph]. Maykop: Poligraf-Yug. 2012; 432 p. ISBN 978-5-7992-0733-5.
2. Besedin NV, Sokolova IA. [The importance of leguminous crops on the example of soybeans in modern farming systems]. Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 8 (70). 2010; 16-19 p.
3. Minikaev RV, Faskhutdinov FSh, Mikhaylova MYu. [Management of soil fertility factors in the conditions of the Republic of Tatarstan]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2022; 4(4). 34-39 p.
4. Onishchenko LM. Soya: biologo-ekologicheskie osobennosti, pochva i udobrenie: monografiya. [Soya: biological and environmental features, soil and fertilizer: monograph]. Edited by A.H. Sheudzhen. Krasnodar: KubGAU. 2019; 154 p. ISBN 978-5-907247-71-0.
5. Chunyank Vank, Lourens Dzhonson A. Functional properties of soybean prepared hydrodark protein products. Department of food science and human nutrition and crop utilization research center. State University of Loua, Eymys, Lova 50011. JAOCS. J. Amer. Neft Khim. Sots. 2001; 78. 2. 189-195 p.
6. Novikova LYu, Seferova IV, Nekrasov AYU. [The influence of weather and climatic conditions on the protein and oil content in soybean seeds in the North Caucasus]. Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. 2018; 22(6). 708-715 p. <https://doi.org/10.18699/VJ18.414>.
7. The 2004 year database of food and agriculture organization. [Internet]. FAO. 2004; [cited 2024, December 25]. Available from: <http://www.fao.org/agriculture/prime crops/soybean>.
8. Spitsyna SV, Tomarovskiy AA, Ostvald GV. [Efficiency of using microfertilizers for soybeans]. Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015; 8. 43-47 p.
9. Sown areas of agricultural crops by farm categories. [Internet]. Federal State Statistics Service. [cited 2025, January 05]. Available from: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>.
10. Fadeeva AN, Kurchatkin NG, Gimatdinov KhV. [Features of soybean cultivation in Tatarstan]. Niva Tatarstana. 2016; 2-3. 18-20 p. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.02.
11. Onishchenko LM. Udobreniya i produktivnost soi. Udobreniya i urozhay. [Fertilizers and soybean productivity. Fertilizers and harvest]. Materialy Regionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Krasnodar, 8-10 dekabrya 2004. Maykop. 2005; 317-324 p.
12. Decree of the President of the Russian Federation of 01.12.2020 No 20 "On approval of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation". [Internet]. Consultant. [cited 2024, December 28]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386/.
13. Sinegovskiy MO. [Soybean as a tool for compensating for protein deficiency (historical aspect)]. Agronauka. 2024; 1(2). 16-22 p. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-16-22>.
14. Tishkov NM, Makhonin VL, Nosov VV. [Content and removal of nutrients by soybean plants depending on the use of fertilizers]. Maslichnye kultury. 2019; 4 (180). 70-79 p. doi: 10.25230/2412-608Kh-2019-4-180-70-79.
15. Sinegovskiy MO. [Soybean is a crop of world agriculture]. Vestnik Rossiyskoy selskokhozyaystvennoy nauki. 2023; 5. 22-25 p. doi: 10.31857/2500-2082/2023/5/22-25.
16. Tishkov NM, Mikhaylyuchenko NG, Dryakhlov AA. [Soybean productivity with foliar feeding of plants with microfertilizers and treatment with growth regulators on leached chernozem]. Maslichnye kultury. 2007; 2(137). 91-97 p. ISSN0202-5493.
17. Minikaev RV, Faskhutdinov FSh. [Application of mineral fertilizers and yield of grain crops in the conditions of Volga region of the Republic of Tatarstan. Evolution and degradation of soil cover]. Sbornik nauchnykh statey po materialam VI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, Stavropol, 19-22 sentyabrya 2022 goda. Stavropol. 2022; 135-137 p. ISBN 978-5-6048606-5-6.
18. Sychev VG, Lunev MI, Kuznetsov AV. Byulleten geograficheskoy seti opytov s udobreniyami. Plodorodie pakhotnykh pochv Rossiyskoy Federatsii. [Bulletin of geographical network of fertilizer experiments. Fertility of arable soils of the Russian Federation]. Issue 8. Moscow: VNIIA. 2010; 52 p.
19. Tonkonozhenko EV, Kurkaev VT, Minani Fosten. [Microfertilizers and soybean yield on leached chernozems of Krasnodar Kray]. Trudy Kub.SKhL. 1982; 211(239). 50-56 p.
20. Alferov AA. Achievements of scientific organizations in the field of agriculture in 2023. [Internet]. Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2024; 3. 3-7 p. [cited 2025, January 05]. Available from: <https://journals.rcsi.science/2500-2627/issue/view/16718>.
21. Tedeeva VV, Tedeeva AA. [Soybean crop yield depending on the use of biopreparations]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; 110. 23-26 p. doi: 10.21515/1999-1703-110-183-189.
22. Dubovik DV, Dubovik EV, Shumakov AV. [Ecological plasticity, productivity and grain quality of various soybean varieties in Kursk region]. Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2023; 6. 20-24 p. doi: 10.31857/S2500262723060042.

Conflict of interest

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

Authors:

Onishchenko Lyudmila Mikhaylovna - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, e-mail: dekanatxp@mail.ru

Belozor Aleksandr Aleksandrovich – post-graduate student of the Department of Agrochemistry, e-mail: dekanatxp@mail.ru

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. Krasnodar, Russia.

Faskhutdinov Fannur Shaikatovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science, e-mail: ditto1961t@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО РЫЖИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФОНОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И БИОПРЕПАРАТОВ**С. Р. Сулейманов, Э. Ф. Исмагилова**

Реферат. Исследования проводились с целью оценки влияния на ростовые процессы и урожайность ярового рыжика различных фонов минерального питания и биопрепаратов. Полевые опыты были проведены на серых лесных среднесуглинистых почвах. В почвах опытного участка содержание гумуса (по Тюрину) было низким – 3,0%, подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) очень высокое (более 250 мг/кг) и повышенное (145 мг/кг) соответственно, рН_{сол.} – 6,6. Объектом эксперимента являлись посевы ярового рыжика сорта Кристалл, произрастающие на опытном поле Агробиотехнопарка Казанского ГАУ (2020-2022 года). Двухфакторный полевой опыт предусматривал изучение следующих вариантов: фон минерального питания (фактор А) – контроль (без NPK), фон NPK рассчитанный на планируемую урожайность на 1,5 т/га маслосемян, фон NPK рассчитанный на планируемую урожайность на 2,0 т/га маслосемян; обработка растений по вегетации биопрепаратами (фактор В) – контроль (без биопрепаратов), Нодикс Премиум, 0,3 л/га, Экстрасол, 2 л/га, Биокомпозит-коррект, 2 л/га. Максимальные показатели урожайности в полевых опытах были зафиксированы на вариантах фон NPK на 2,0 т/га маслосемян при внесении по вегетации биопрепаратов Экстрасол и Биокомпозит-коррект (1,95 и 2,12 т/га соответственно), что выше контрольного варианта на 14,7 и 24,7%. На данных вариантах был и максимальный валовой сбор растительного масла – 766 и 831 кг/га, что выше контроля на 12,3 и 22,2 процента. Содержание жира в семенах в опытах уменьшалось по мере увеличения урожайности. Так, максимальная масличность была на варианте без внесения минеральных удобрений и биопрепаратов – 40,5%, а минимальная на варианте фон NPK на 2,0 т/га маслосемян + Биокомпозит-коррект, 2 л/га – 39,2%.

Ключевые слова: яровой рыжик (*Camelina sativa*), структура урожая, масса 1000 семян, биологическая урожайность, масличность, биопрепараты, минеральные удобрения.

Для цитирования: Сулейманов С. Р., Исмагилова Э. Ф. Продуктивность ярового рыжика в зависимости от различных фонов минерального питания и биопрепаратов// Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. 1(13). С. 57-63.

Введение. Яровой рыжик (*Camelina sativa*) – это однолетнее растение, которое относится к семейству крестоцветных. Растение яровой рыжик широко используется в качестве источника масла, которое получают из семян. Семена ярового рыжика содержат большое количество полезных жирных кислот, таких как линолевая и линоленовая кислоты. Они также богаты витаминами А и Е, а также минералами, такими как кальций, железо и магний [1, 2, 3]. Масло ярового рыжика используется в пищевой промышленности для приготовления различных блюд, а также в косметических и медицинских целях. Оно обладает антиоксидантными свойствами и может использоваться для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, а также для лечения кожных заболеваний [4, 5, 6].

Семена рыжика содержат много белка, жиров и углеводов, что делает его очень питательным кормом для животных. Также он богат витаминами и минералами, которые необходимы для роста и развития животных [7, 8, 9].

Рыжиковое масло имеет большую популярность в качестве биодизельного топлива. Масло рыжика имеет высокую температуру горения, что делает его

идеальным для использования в качестве биотоплива. Рыжиковое масло используется в качестве добавки к дизельному топливу, что позволяет снизить выбросы вредных веществ в атмосферу и улучшить экологические показатели двигателя. Кроме того, использование рыжикового масла позволяет снизить затраты на топливо и повысить экономичность двигателя [10, 11, 12].

Стоит отметить, что в настоящее время у данной перспективной масличной сельскохозяйственной культуры в условиях Республики Татарстан отсутствуют массовые вредители и болезни [13, 14, 15]. Данный фактор позволяет возделывать яровой рыжик при минимальном использовании химических пестицидов или применяя лишь биологические препараты, что позволяет получить экологически безопасную продукцию [16, 17, 18].

Но, не смотря на вышеперечисленные преимущества ярового рыжика, в условиях Республики Татарстан урожайность данной культуры остается весьма низкой и требуется разработка адаптированных агротехнологий.

Цель исследования заключалась в оценке влияния различных фонов минерального питания и применения биопрепаратов на

ростовые процессы, урожайность и качество семенного масла ярового рыжика сорта Кристалл.

Задачи исследования:

1. Определить оптимальные нормы внесения минеральных удобрений для повышения продуктивности ярового рыжика.
2. Исследовать влияние различных биопрепаратов на рост и развитие растения.
3. Оценить взаимодействие минеральных удобрений и биопрепаратов при выращивании ярового рыжика.
4. Проанализировать качество масла в зависимости от применяемых агротехнологий.

Условия, материалы и методы. Полевой опыт был проведен в 2020–2022 годах на базе Агробiotехнопарка, а лабораторные анализы – в Центре агроэкологических исследований Казанского государственного аграрного университета.

В почвах опытного участка содержание гумуса (по Тюрину) было низким – 3,0%, подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) очень высокое (более 250 мкг/кг) и повышенное (145 мг/кг) соответственно, рН_{сол.} – 6,6.

Объект исследования – посевы ярового рыжика сорта Кристалл. Предмет исследования – влияние фонов минерального питания и биопрепаратов на рост, урожайность и масличность семян.

Сорт рыжика ярового Кристалл выведен в 2013-2016 годах методом многократного индивидуального отбора из образца мировой коллекции ВНИИР к-6073. Урожайность семян - 15,6 ц/га. Содержание жира в семенах - 40,5%. Вегетационный

период - 70 дней.

Нодикс Премиум - микробиологическое удобрение, разработанное ведущими российскими специалистами-микробиологами, Экстрасол – основа штамм ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13, Биоккомпозит-коррект - представляет собой консорциум ценных штаммов нескольких видов полезных бактерий с общим титром не менее 1·10⁹ КОЕ/мл.

Повторность опыта 4-х кратная, размещение делянок систематическое. Схема двухфакторного опыта предусматривала следующие варианты: фон питания (фактор А) – без удобрений (контроль), NPK на планируемую урожайность 1,5 т/га маслосемян, NPK на планируемую урожайность 2,0 т/га маслосемян; биопрепараты (фактор В) – без применения биопрепаратов (контроль), опрыскивание посевов в фазе бутонизации ярового рыжика биопрепаратом Нодикс Премиум, 0,3 л/га, опрыскивание посевов в фазе бутонизации ярового рыжика биопрепаратом Экстрасол, 2 л/га, опрыскивание посевов в фазе бутонизации ярового рыжика биопрепаратом Биоккомпозит-коррект, 2 л/га. В качестве минеральных удобрений вносили аммиачную селитру, двойной суперфосфат и хлористый калий.

В 2020-2022 годах агрометеорологические условия были различными, подробные данные по среднесуточным температурам воздуха и осадкам за вегетационный период представлены в рисунках 1 и 2.

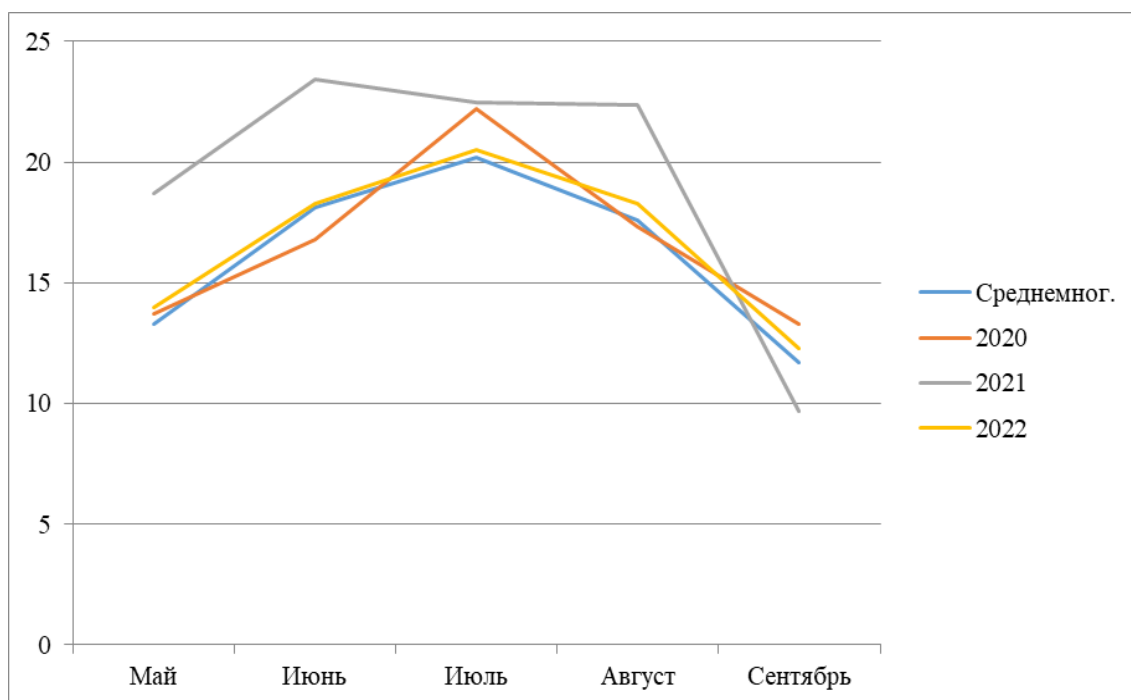


Рис. 1 - Среднесуточная температура воздуха в годы проведения исследований

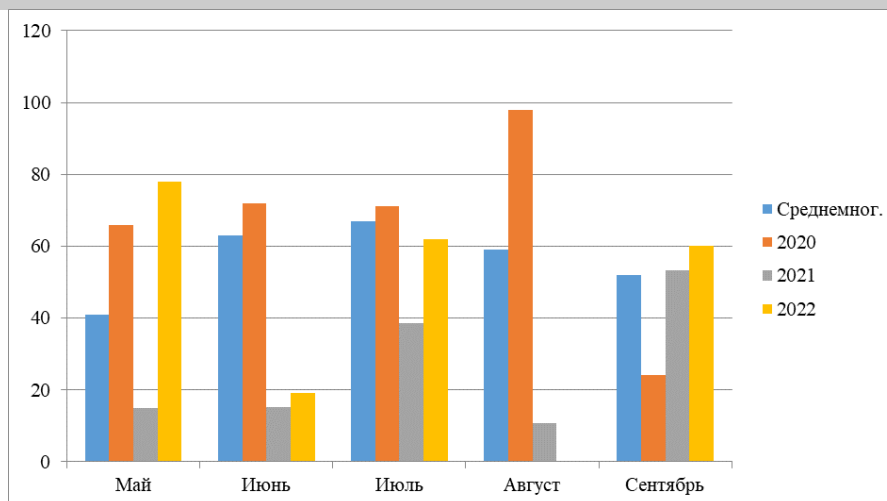


Рис. 2 - Осадки в годы проведения исследований

В 2020 году, количество осадков за вегетационный период распределялось неравномерно. Так, максимальное количество осадков выпало в мае и августе – 66 и 98 мм при среднег. данных по этим месяца 41 и 60 мм.

В 2021 году сложились аномально тёплые условия для Республики Татарстан. Так же ситуация осложнялась дефицитом влаги. С мая по август количество осадков было ниже среднег. показателей на от 42 до 82%. В связи с данными погодными условиями в 2021 году была самая минимальная урожайность объекта исследования.

В 2022 году температура была на уровне среднег. данных. В июне из-за небольшого количества осадков наблюдалась почвенная засуха.

Результаты и обсуждение. Параметры

структуры урожая ярового рыжика может варьироваться в зависимости от климатических условий, типа почвы и других факторов. Обычно она состоит из следующих элементов: масса 1000 семян; количество ветвей; количество стручков; количество семян в 1 стручке. Самые высокие показатели структуры урожая были в посевах ярового рыжика на вариантах с применением биопрепарата Экстрасол, 2 л/га + Фон NPK на 2,0 т/га маслосемян и Биоккомпозит-коррект, 2 л/га + Фон NPK на 2,0 т/га маслосемян. Количество семян было наивысшим на варианте с применением препарата Биоккомпозит-коррект, 2 л/га + Фон NPK на 2,0 т/га маслосемян - 7 штук в одном стручке, на контрольном варианте - 5 штук. На данном же варианте было и наибольшее количество стручков на 1 растении – 113,5 штук, что выше контроля на 5,5% (табл. 1).

Таблица 1 – Структура урожая рыжика ярового при использовании биопрепаратов, в среднем за 2020-2022 года

Фон питания (Фактор А)	Биопрепараты (Фактор В)	Количество стручков, шт./раст.	Семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г	Биологическая урожайность, т/га
Контроль (без NPK)	Контроль (без биопрепаратов)	68,5	5	1,25	0,81
	Нодикс Премиум, 0,3 л/га	74,5	5	1,30	0,93
	Экстрасол, 2 л/га	77,5	5	1,34	1,01
	Биоккомпозит-коррект, 2 л/га	79,5	5,5	1,34	1,16
Фон NPK на 1,5 т/га маслосемян	Контроль (без биопрепаратов)	94	6	1,33	1,44
	Нодикс Премиум, 0,3 л/га	96	6	1,36	1,55
	Экстрасол, 2 л/га	100	6	1,35	1,62
	Биоккомпозит-коррект, 2 л/га	103,5	6	1,37	1,69
Фон NPK на 2,0 т/га маслосемян	Контроль (без биопрепаратов)	107,5	6	1,38	1,82
	Нодикс Премиум, 0,3 л/га	113	6	1,39	1,94
	Экстрасол, 2 л/га	112,5	6,5	1,40	2,15
	Биоккомпозит-коррект, 2 л/га	113,5	7	1,4	2,33
НСП (А)		4,22	0,85	0,04	
НСП (В)		4,88	0,98	0,04	
НСП (АВ)		1,48	0,66	0,05	

АГРОНОМИЯ

Максимальная урожайность, по годам исследований (2020-2022 года), была на фоне NPK на 2,0 т/га маслосемян с применением препарата Биокомпозит-коррект, 2 л/га (2,12 т/га), что на 24,7 % выше контроля.

Минимальные показатели урожайности отмечены на контрольном варианте без NPK и биопрепаратов (0,67 т/га) и на делянках с препаратом Нодикс Премиум, 0,3 л/га (без NPK) (0,80 т/га) (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность ярового рыжика сорта Кристалл по годам исследований

Фон питания (Фактор А)	Биопрепараты (Фактор В)	Урожайность, т/га			
		2020 год	2021 год	2022 год	Среднее
Контроль (без NPK)	Контроль (без биопрепаратов)	0,80	0,50	0,71	0,67
	Нодикс Премиум, 0,3 л/га (без NPK)	0,92	0,65	0,84	0,80
	Экстрасол, 2 л/га (без NPK)	0,97	0,74	0,86	0,86
	Биокомпозит-коррект, 2 л/га (без NPK)	1,08	0,76	0,86	0,90
Фон NPK на 1,5 т/га маслосемян	Контроль (без биопрепаратов)	1,51	1,11	1,32	1,31
	Нодикс Премиум, 0,3 л/га	1,60	1,25	1,46	1,44
	Экстрасол, 2 л/га	1,67	1,33	1,50	1,50
	Биокомпозит-коррект, 2 л/га	1,79	1,39	1,55	1,58
Фон NPK на 2,0 т/га маслосемян	Контроль (без биопрепаратов)	1,96	1,52	1,62	1,70
	Нодикс Премиум, 0,3 л/га	2,02	1,66	1,85	1,84
	Экстрасол, 2 л/га	2,12	1,82	1,90	1,95
	Биокомпозит-коррект, 2 л/га	2,25	1,96	2,14	2,12
НСП (А)		0,04	0,04	0,02	0,02
НСП (В)		0,05	0,04	0,02	0,03
НСП (АВ)		0,20	0,20	0,15	0,15

Наиболее высокая средняя урожайность в годы исследования была при применении

биопрепаратов Экстрасол (1,95 т/га) и Биокомпозит-коррект (2,12 т/га).

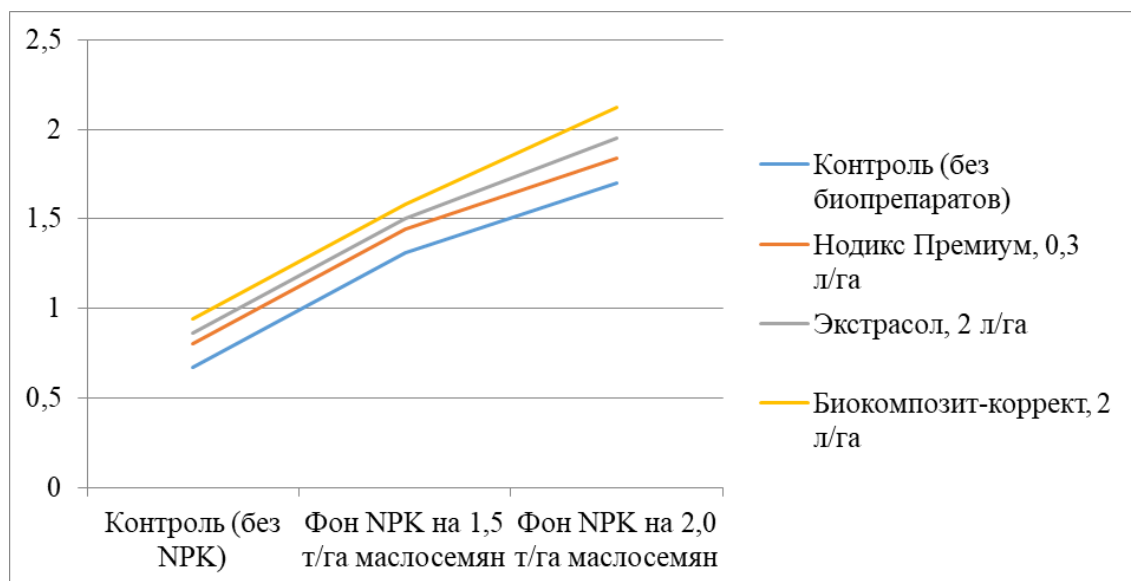


Рис. 3 - Урожайность ярового рыжика сорта Кристалл, т/га

Как видно из таблицы 3, изучаемые факторы незначительно повлияли на содержание жира в семенах ярового рыжика. Стоит отметить, что максимальная масличность была на варианте без внесения минеральных удобрений и биопрепаратов - 40,5%. По мере роста урожайности наблюдалось снижение содержания жира в семенах ярового рыжика. Так при максимальной урожайности 2,12 т/га

(Фон NPK на 2 т/га маслосемян + Биоккомпозит-коррект, 2 л/га) была минимальная масличность - 39,2 %. Что касается валового сбора растительного масла, то максимальные показатели были на вариантах внесения изучаемых биопрепаратов на фоне NPK на 2,0 т/га маслосемян. На данных вариантах валовой сбор растительного масла колебался от 727 до 831 кг/га.

Таблица 3 – Содержание жира валовой сбор растительного масла ярового рыжика в зависимости от фонов питания и применяемых биопрепаратов (среднее 2020-2022 года)

Фон питания (Фактор А)	Биопрепараты (Фактор В)	Содержание жира в семенах, %	Валовой сбор растительного масла, кг/га	Прибавка	
				кг/га	%
Контроль (без NPK)	Контроль (без биопрепаратов)	40,5	271	-	-
	Нодикс Премиум, 0,3 л/га (без NPK)	40,2	322	51	18,8
	Экстрасол, 2 л/га (без NPK)	40,2	346	75	27,6
	Биоккомпозит-коррект, 2 л/га (без NPK)	40,0	376	105	38,7
Фон NPK на 1,5 т/га маслосемян	Контроль (без биопрепаратов)	40,0	524	-	-
	Нодикс Премиум, 0,3 л/га	40,0	576	52	9,9
	Экстрасол, 2 л/га	39,8	597	73	13,9
	Биоккомпозит-коррект, 2 л/га	39,7	627	103	19,6
Фон NPK на 2,0 т/га маслосемян	Контроль (без биопрепаратов)	40,0	680	-	-
	Нодикс Премиум, 0,3 л/га	39,5	727	53	6,9
	Экстрасол, 2 л/га	39,3	766	86	12,6
	Биоккомпозит-коррект, 2 л/га	39,2	831	151	22,2

Выводы. В ходе проведённых полевых исследований была оценена продуктивность ярового рыжика сорта «Кристалл» в зависимости от различных фонов минерального питания и применения биопрепаратов на серых лесных среднесуглинистых почвах Республики Татарстан. Результаты экспериментов показали, что внесение минеральных удобрений в сочетании с биопрепаратами значительно влияет на ростовые процессы, урожайность и качество семенного масла ярового рыжика.

Наиболее высокие показатели урожайности (2,12 т/га) и валового сбора растительного масла (831 кг/га) были зафиксированы при внесении фона NPK на уровне 2,0 т/га маслосемян с последующей обработкой биопрепаратами «Экстрасол» и «Биоккомпозит-коррект». Эти варианты превысили контрольные значения соответственно на 24,7% и 22,2%, что демонстрирует эффективность комбинированного применения минеральных удобрений и биологических средств.

При этом наблюдалась тенденция снижения содержания жира в семенах по мере увеличения урожайности, что свидетельствует о компромиссе между количеством и качеством масличности. Максимальная масличность (40,5%) была зафиксирована в контрольном варианте без внесения дополнительных удобрений и биопрепаратов, тогда как минимальная (39,2%) - при максимальном уровне

минерального питания и использовании биопрепарата «Биоккомпозит-коррект». Это указывает на необходимость балансировки агротехнических мероприятий для достижения оптимального сочетания урожайности и качества продукции.

Научная новизна данного исследования заключается в комплексном анализе влияния различных фонов минерального питания в сочетании с биопрепаратами на показатели урожайности и масличности ярового рыжика в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан. Практическая значимость работы обусловлена разработкой адаптированных агротехнологий, направленных на повышение продуктивности и качества ярового рыжика, что способствует устойчивому развитию сельского хозяйства региона и снижению зависимости от химических пестицидов.

В заключение, полученные результаты демонстрируют потенциал интеграции минеральных удобрений и биопрепаратов для повышения урожайности и валового сбора растительного масла ярового рыжика. Рекомендуется дальнейшее исследование оптимальных дозировок и комбинаций агротехнических мероприятий, а также оценка их экономической эффективности для широкомасштабного внедрения в агропромышленном комплексе Республики Татарстан.

Литература

1. Першаков А.Ю., Демин Е.А., Волкова Н.А. Урожайность и масличность рыжика, возделываемого в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 3(74). С. 41-46.
2. Евтишина Е. В., Лупова Е.И. Урожайность сортов рыжика ярового при разном уровне минерального питания в условиях Нечерноземья // Агрохимический вестник. 2020. № 6. С. 35-37. doi: 10.24411/1029-2551-2020-10082.
3. Гулидова В. А. Изучение элементов технологии ярового рыжика в лесостепи Центрального Черноземья // Аграрный вестник Урала. 2021. № 2(205). С. 33-40. doi: 10.32417/1997-4868-2021-205-02-33-40.
4. Турина Е.Л., Ефименко С.Г., Турин Е. Н. Урожайность и качество масла рыжика ярового в зависимости от сроков сева и норм высева в Крыму // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 1(29). С. 155-165.
5. Прахов В.А., Батрякова Л.П. Влияние удобрений на урожайные свойства рыжика ярового в условиях Среднего Поволжья // Сурский вестник. 2018. № 2(2). С. 20-23.
6. Тулкубаева С. А. Особенности возделывания ярового рыжика на севере Казахстана // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 8. С. 35-37.
7. Тулкубаева С.А., Васин В.Г. Формирование урожайности и качество семян ярового рыжика при использовании регуляторов роста // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 3-7. doi: 10.12737/article_58f0bad25edb01.10070911.
8. Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С. Сурепица и рыжик - скороспелые масличные культуры // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 3. С. 44-46.
9. Приемы повышения продуктивности рыжика посевного (*Camelina sativa* (L.) Crantz) в условиях Нечерноземной зоны России / Д. В. Виноградов, Ю.А. Мажайский, Е.В. Евтишина, Е.И. Лупова // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 4. С. 18-21. doi: 10.31857/S2500-26272019418-21.
10. Сотников Б.А., Кравченко В.А. Разработка технологии возделывания рыжика посевного на основе изучения адаптивности сортов в условиях формирования дерново-подзолистых почв // International Agricultural Journal. 2022. Т. 65, № 4. DOI: 10.55186/25876740_2022_6_4_23.
11. Прахова Т.Я., Вельмисева Л.Е. Влияние удобрений на продуктивность рыжика посевного // Зерновое хозяйство России. – 2015. № 5. С. 27-30.
12. Мусынов К.М., Аринов Б.К., Абышева Г.Т. Урожайность семян рыжика в зависимости от применения различных препаратов и сроков посева на севере Казахстана // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52, № 2. С. 105-112. doi: 10.26898/0370-8799-2022-2-12.
13. Плужникова И.И. Прахова Т.Я. Влияние фунгицидов на пораженность болезнями рыжика озимого // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 6(384). С. 38-41. doi: 10.24412/2587-6740-2021-6-38-41.
14. Прахова Т.Я., Турина Е.Л. Влияние климатических условий на масличность и качество маслосемян рыжика озимого // Аграрный научный журнал. 2023. № 2. С. 48-53. doi: 10.28983/asj.y2022i2pp48-53.
15. Влияние фонов питания горчицы белой на физико-химические свойства черноземов и урожайность последующей культуры полевого севооборота в Республике Татарстан / А. А. Ахметзянов, А. З. Каримов, Ф. Н. Сафиоллин, С. Р. Сулейманов // Плодородие. 2020. № 3(114). С. 32-34. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.10.
16. Mussynov K. M., Abysheva G.T. Yield and quality of spring camelina seeds in the conditions of northern kazakhstan // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2022. No. 4-1(115). P. 4-11. DOI: 10.51452/kazatu.2022.4.1199.
17. Development and spread of diseases in spring camelina (*Camelina sativa* (L.) grantz) when using various treatments / Y. A. Utebayev, G. T. Abysheva, B. B. Bazarbayev [et al.] // OnLine Journal of Biological Sciences. 2021. Vol. 21, No. 4. P. 288-298. DOI: 10.3844/ojbsci.2021.288.298.
18. Agronomic evaluation of shade tolerance of 16 spring *Camelina sativa* (L.) Crantz genotypes under different artificial shade levels using a modified membership function / Ya. Wang, J. Yu, Ya. Gao [et al.] // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. DOI: 10.3389/fpls.2022.978932.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Работа выполнена при поддержке гранта Академии наук Республики Татарстан (соглашение №146/2024 – ПД от 16.12.2024 г.) молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан.

Сведения об авторах:

Сулейманов Салават Разяпович – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой землеустройства и кадастров, e-mail: dusai@mail.ru

Исмагилова Эльвина Фаридовна – аспирант кафедры землеустройства и кадастров, e-mail: elvina.m-105@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

PRODUCTIVITY OF SPRING CAMELINA DEPENDING ON VARIOUS BACKGROUNDS OF MINERAL NUTRITION AND BIOPREPARATIONS
S. R. Suleymanov, E. F. Ismagilova

Abstract. The studies were conducted to assess the effect of various backgrounds of mineral nutrition and biopreparations on the growth processes and productivity of spring camelina. Field experiments were carried out on gray forest medium loamy soils. In the soils of the experimental site, the humus content (according to Tyurin) was low - 3.0%, mobile phosphorus and exchangeable potassium (according to Kirsanov) were very high (more than 250 mg/kg) and increased (145 mg/kg), respectively, pHsol. - 6.6. The object of the experiment was crops of spring camelina of Crystal variety, growing in the experimental field of Agrobiotechnopark of Kazan State Agrarian University (2020-2022). The two-factor field experiment included the following variants: mineral nutrition background (factor A) – control (without NPK),

NPK background calculated for the planned yield of 1.5 t/ha of oilseeds, NPK background calculated for the planned yield of 2.0 t/ha of oilseeds; plant treatment with biopreparations during vegetation (factor B) – control (without biopreparations), Nodix Premium, 0.3 l/ha, Extrasol, 2 l/ha, Biocomposite-correct, 2 l/ha. The maximum yield indicators in the field experiments were recorded in the NPK background variants of 2.0 t/ha of oilseeds with the application of Extrasol and Biocomposite-correct biopreparations during vegetation (1.95 and 2.12 t/ha, respectively), which is 14.7 and 24.7% higher than the control variant. These variants also had the maximum gross yield of vegetable oil – 766 and 831 kg/ha, which is 12.3 and 22.2 percent higher than the control. The fat content in the seeds in the experiments decreased as the yield increased. Thus, the maximum oil content was in the variant without the introduction of mineral fertilizers and biopreparations – 40.5%, and the minimum was in the variant with NPK background at 2.0 t/ha of oil seeds + Biocomposite-correct, 2 l/ha – 39.2%.

Key words: spring camelina (*Camelina sativa*), yield structure, weight of 1000 seeds, biological yield, oil content, biopreparations, mineral fertilizers.

For citation: Suleymanov S. R., Ismagilova E. F. Productivity of spring camelina depending on various backgrounds of mineral nutrition and biopreparations// *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2025. 1(13). 57-63 p.

References

1. Pershakov AYU, Demin EA, Volkova NA. [Productivity and oil content of camelina cultivated in the forest-steppe zone of the Urals]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; 3(74). 41-46 p.
2. Evtishina EV, Lupova EI. [Productivity of spring camelina varieties with different levels of mineral nutrition in the Non-Black earth region]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2020; 6. 35-37 p. doi: 10.24411/1029-2551-2020-10082.
3. Gulidova VA. [Study of elements of spring camelina technology in the forest-steppe of the Central Black earth region]. *Agrarnyy vestnik Urala*. 2021; 2(205). 33-40 p. doi: 10.32417/1997-4868-2021-205-02-33-40.
4. Turina EL, Efimenko SG, Turin EN. [Productivity and quality of spring camelina oil depending on sowing dates and seeding rates in Crimea]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki*. 2022; 1(29). 155-165 p.
5. Prakhov VA, Batryakova LP. [Influence of fertilizers on the yield properties of spring camelina in the conditions of Volga region]. *Surskiy vestnik*. 2018; 2(2). 20-23 p.
6. Tulkubaeva SA. [Features of spring camelina cultivation in the north of Kazakhstan]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2017; Vol.31. 8. 35-37 p.
7. Tulkubaeva SA, Vasin VG. [Formation of yield and quality of spring camelina seeds using growth regulators]. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2017; 2. 3-7 p. doi: 10.12737/article_58f0bad25edb01.10070911.
8. Kuznetsova GN, Polyakova RS. [Rape and camelina - early maturing oilseeds]. *Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal*. 2017; 3. 44-46 p.
9. Vinogradov DV, Mazhayskiy YuA, Evtishina EV, Lupova EI. [Methods for increasing the productivity of camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) in the conditions of the Non-Chernozem zone of Russia]. *Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka*. 2019; 4. 18-21 p. doi: 10.31857/S2500-26272019418-21.
10. Sotnikov BA, Kravchenko VA. [Development of camelina cultivating technology based on the study of the adaptability of varieties in the conditions of the formation of sod-podzolic soils]. *International Agricultural Journal*. 2022; Vol.65. 4. DOI: 10.55186/25876740_2022_6_4_23.
11. Prakhova TYa, Velmiseva LE. [Effect of fertilizers on camelina productivity]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii*. 2015; 5. 27-30 p.
12. Musunov KM, Arinov BK, Abyшева GT. [The productivity of camelina seeds depending on the use of various preparations and sowing dates in the north of Kazakhstan]. *Sibirskiy vestnik selskokhozyaystvennoy nauki*. 2022; Vol.52. 2. 105-112 p. doi: 10.26898/0370-8799-2022-2-12.
13. Pluzhnikova II, Prakhova TYa. [Effect of fungicides on the incidence of diseases of camelina winter]. *Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal*. 2021; 6(384). 38-41 p. doi: 10.24412/2587-6740-2021-6-38-41.
14. Prakhova TYa, Turina EL. [Influence of climatic conditions on the oil content and quality of winter camelina oil seeds]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2023; 2. 48-53 p. doi: 10.28983/asj.y2022i2pp48-53.
15. Akhmetzyanov AA, Karimov AZ, Safiollin FN, Suleymanov SR. [Influence of white mustard nutrition backgrounds on the physicochemical properties of chernozems and the yield of the subsequent crop of field crop rotation in the Republic of Tatarstan]. *Plodorodie*. 2020; 3(114). 32-34 p. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.10.
16. Mussynov KM, Abyшева GT. Yield and quality of spring camelina seeds in the conditions of northern Kazakhstan. *Herald of Science of S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University*. 2022; No.4-1(115). 4-11 p. DOI: 10.51452/kazatu.2022.4.1199.
17. Utebayev YA, Abyшева GT, Bazarbaev BB. Development and spread of diseases in spring camelina (*Camelina sativa* (L.) Grantz) when using various treatments. *OnLine Journal of Biological Sciences*. 2021; Vol.21. No.4. 288-298 p. DOI: 10.3844/ojbsci.2021.288.298.
18. Wang Ya, Gao JYuYa. Agronomic evaluation of shade tolerance of 16 spring camelina (*Camelina sativa* (L.) Grantz) genotypes under different artificial shade levels using a modified membership function. *Frontiers in Plant Science*. 2022; Vol.13. DOI: 10.3389/fpls.2022.978932.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. The work was supported by a grant from the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan (Agreement No. 146/2024 – PD dated 12/16/2024) to young candidates of sciences (postdoctoral fellows) in order to defend their doctoral dissertation, perform research, and perform work functions in scientific and educational organizations of the Republic of Tatarstan.

Authors:

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

Ismagilova Elvina Faridovna – post-graduate student of Land Management and Cadastre Department, e-mail: elvina.m-105@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

ДЕЙСТВИЕ ФЕРОМОННОГО РОЕПРИВЛЕКАЮЩЕГО ПРЕПАРАТА НА РАЗВИТИЕ ПЧЕЛ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД И ПОКАЗАТЕЛИ ЗИМОВКИ

И. Р. Гумеров, К. А. Тамбовцев

Реферат. В статье приводятся данные по действию феромонного роепривлекающего препарата на развитие пчел в осенний период и показатели зимовки. Объектом исследования служили две группы одинаковых по силе и возрасту маток пчелиных семей среднерусской породы пчел в типовых двенадцатирамочных ульях по десять пчелосемей в каждой. Пчелам опытной группы в качестве подкормки давали сахарный сироп с добавлением препарата апимил, разработанного на основе синтетического аналога феромона матки медоносных пчел и феромонов железы Насонова - гераниол, цитраль и др. Контрольную группу кормили сахарным сиропом без добавления стимулирующего препарата. Осеннее развитие оценивали по силе семей (в улочках, т.е. по количеству занятых пчелами межрамочных пространств) и количеству запечатанного расплода (считали с использованием рамки-сетки с ячейками по 5 см); результаты зимовки определяли по силе семей (в количестве улочек на момент выставки пчел из зимовника), расходу корма (меда в кг) за зиму, массе подмора (количество погибших пчел за зимний период в г) и оплодотворенности гнззд (определяли по бальной оценке). Исследования показали, что подкормка пчел препаратом апимил в составе сахарного сиропа вызывает стимулирующее действие на яйцекладку маток, что вызывает усиление пчелиных семей при осеннем наращивании (количество улочек в опытной группе на момент занесения ульев пчел в зимовник было больше на 17,7% относительно контроля), а также улучшает результаты зимовки, т.е. наблюдалась большая сохранность пчел, меньший расход корма на единицу массы и более низкая оплодотворенность пчел опытной группы. Следовательно, роепривлекающий феромонный препарат апимил улучшает осеннее развитие и показатели зимовки семей пчел.

Ключевые слова: феромон, апимил, стимулирующая подкормка, сила семьи, печатный расплод, результат зимовки.

Для цитирования: Гумеров И. Р., Тамбовцев К. А. Действие феромонного роепривлекающего препарата на развитие пчел в осенний период и показатели зимовки // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. №1 (13). С. 64-68.

Введение. В настоящее время в пчеловодстве отмечается тенденция прогрессирующего снижения численности пчелиных семей. Наибольший отход пчел приходится на зимне-весенний период. Значительный ущерб наносит пасакам ослабление неблагополучно перезимовавших семей, достигающее 50-75% от их численности перед зимовкой. Следовательно, обеспечение сохранности пчелиных семей в зимний период является важной задачей в пчеловодстве.

Состояние пчелиных семей в осенний период является важнейшим фактором, влияющим на успех зимовки, особенно в условиях значительного безоблетного периода (5-6 мес.), и суровых зим.

Сила пчелиной семьи зависит от этапа ее развития. Минимальное количество пчел в семье наблюдается примерно через три-четыре недели после выставления их из зимовника, затем сила семьи постепенно повышается и к главному взятку достигает максимума (до 7 кг и более пчел). После главного взятка количество пчел в ульях уменьшается, далее немного увеличиваясь при осеннем развитии; в зимовник семьи идут массой 2-3 кг пчел. Применяя данную закономерность, можно организовать лучшие условия для активного наращивания пчел к основному медосбору и к зимовке.

Число рабочих пчел в семье, т.е. сила семьи, напрямую зависит от яйценоскости маток. Для повышения количества

откладываемых яиц пчелиной маткой осенью, когда в природе нет нектара, применяется стимулирующая подкормка сахарным сиропом.

При осенней побудительной подкормке введение в сахарный корм тех или иных стимулирующих препаратов могло бы усилить семьи пчел, увеличить их продолжительность жизни в зимний период и улучшить состояние семей.

Для стимуляции развития семей пчел, увеличения их продуктивности в пчеловодстве применяются различные стимулирующие препараты – апиистим, ВЭСП, водный раствор экидистерона и др. [1, 2].

Некоторые из стимулирующих препаратов требуют больших затрат действующих веществ, применение других препаратов трудоемко, действующие вещества третьих труднодоступны и дороги. Есть препараты, которые плохо усваиваются в пищеварительном тракте и могут вызвать различные побочные явления. Также почти все стимулирующие препараты, попадая в продукты пчеловодства (мед, воск, прополис, перга), ухудшают их качество.

В последние годы в пчеловодстве особенную актуальность приобретает использование феромонных препаратов [3]. Феромоны пчел – биологически активные вещества, выделяемые железами насекомого в окружающую среду. Они непосредственно участвуют в поддержании единства сообщества, регулируют физиологическое состояние и поведение членов семьи [4, 5]. В качестве стимуляторов

развития пчел используются феромонные препараты на основе синтезированного феромона матки - 9-оксо-2Е-деценной кислоты (9-ОДК) [6, 7]. Очевидными преимуществами этих препаратов являются экологическая безопасность и нетоксичность для пчел, так как в их состав входят только природные компоненты, используемые ими в своей жизнедеятельности. Кроме того, основной компонент этих препаратов – феромон матки - обладает определенной фармакологической активностью, например, подавляет развитие некоторых патогенных микроорганизмов [8, 9].

Существует положительная корреляционная связь между содержанием 9-оксо-2Е-деценной кислоты у матки пчел и медовой продуктивностью пчелиной семьи [10]. Под воздействием синтетического феромона также увеличивается выращивание расплода семьями пчел [11].

Было установлено, что синтетические феромоны, добавленные в углеводные корма (сахар, канди), не теряют биологической активности, благодаря чему появилась возможность применения феромонов вместе с углеводными кормами.

Для усиления пчел используют феромонный препарат апимил на основе феромона матки - 9-оксо-2Е-деценной кислоты. Данный препарат показал хорошие результаты при использовании в полевых условиях, а также в условиях закрытого грунта [6, 12, 13]. Однако наши ранние опыты показали большую эффективность роепривлекающего препарата апимил по сравнению с аписилом [14].

Апимил предназначен для привлечения роев пчел, подсадки маток в улей, а также может применяться как приманка для ухверток [15, 16, 17]. Препарат разработан на основе синтетического аналога феромона матки медоносных пчел и феромонов железы Насонова - гераниол, цитраль и др. [18].

При спокойном нахождении в улье пчелы не открывают железу Насонова. Они пользуются ею лишь в определенных случаях [19]. До начала медосбора феромоны железы Насонова содержится в пчелах в небольших количествах, так как его компоненты поступают в организм пчел из нектара медоносов. Свой следовой феромон монотерпен гераниол пчела получает непосредственно из растений. Цис- и трансизомеры цитраля также обнаружены в

нектаре и пыльце цветочных растений [20]. Дополнительное введение в организм пчел веществ железы Насонова, запах которых неспецифичен ни для конкретной семьи, ни даже породы, может имитировать возникновение поддерживающего медосбора и дать дополнительный усиливающий эффект к действию феромона матки, что может активизировать яйценоскость матки.

Цель работы. Изучение влияния препарата апимил на усиление семей пчел осенью и результаты зимовки.

Условия, материалы и методы. Опыты проводились в 2023-2024 гг. на пасеке личного подсобного хозяйства Балтачевского района Республики Башкортостан с использованием среднерусской породы пчел. Пасека была расположена рядом с липовым лесом, где у насекомых был доступ и к медоносным растениям близлежащих лугов.

Для работы отобрали две группы (опытную и контрольную) одинаковых по силе и возрасту маток пчелиных семей в типовых двенадцатирамочных ульях по десять пчелосемей в каждой. Оценку результатов осеннего развития, зимовки проводили согласно рекомендациям А.В. Бородачева и др. (Бородачев А.В. и др. Методы проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве. Рыбное, 2002. 154 с.)

Пчелам опытной группы в качестве подкормки давали 65 процентный сахарный сироп объемом в триста мл с добавлением препарата апимил, использовали одну упаковку препарата (25 мг) на десять пчелиных семей. Подкормку производили вечером, после захода солнца, боковыми рамочными кормушками три раза с промежутком в пять дней (6, 11, 16 августа). Контрольную группу кормили сахарным сиропом без добавления стимулирующего препарата. Силу семей пчел определяли в улочках (пространства между рамками, где располагаются пчелы), учет яйцекладки маток и количества печатного расплода проводили с помощью рамки-сетки со сторонами квадратов 5 см. Точное определение силы семьи на пасеке проводили в вечерние часы, когда отсутствует лёт пчел.

Результаты и обсуждения. Результаты исследования влияния стимулирующего корма на осеннее развитие семей пчел представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Влияние подкормок на развитие пчелиных семей в осенний период

Показатель	Группа пчел		
	контрольная	опытная	разность, %
1 подсчет (20 августа 2023 год)			
Сила семей, улочки	8,9±0,16	9,0±0,19	1,1
Печатный расплод, 100 шт.	101,7±4,30	108,0±5,21	6,2
2 подсчет (01 сентября 2023 год)			
Сила семей, улочки	8,8±0,23	9,0±0,28	2,3
Печатный расплод, 100 шт.	42,2±2,86	55,3±4,06	31,0
3 подсчет (13 сентября 2023 год)			
Сила семей, улочки	7,0±0,27	7,8±0,31	11,4
Печатный расплод, 100 шт.	5,8±0,62	15,7±2,40	270,7
4 подсчет (16 октября 2023 год)			
Сила семей, улочки	6,2±0,17	7,3±0,22	17,7
Печатный расплод, 100 шт.	-	-	-

Осеннее развитие семей пчел оценивали по силе семей и яйценоскости маток. Улочка пчел – количество пчел в межрамочном пространстве или сотовая рамка, плотно обсиженная пчелами с двух сторон. В одном межрамочном пространстве (в улочке) размещается в среднем 3000 рабочих пчел при использовании стандартных сотовых рамок (435×300 мм), что соответствует примерно 300 граммам пчел. Если рамка занята пчелами наполовину, она содержит полулочки пчел. Определение силы пчелиных семей дает представление о численности пчел только в данный момент. Чтобы сказать о развитии семей в дальнейшем, необходимо учесть печатный расплод.

Из данных таблицы 1 видно, что семьи пчел, получавшие сахарный сироп с феромонной композицией апимил, обладали большей силой - количество улочек было больше на 1,1-11,4 % относительно контроля, а также наблюдалась большая площадь печатного расплода по сравнению с контрольной группой на 6,2-270,7%. При этом разность статистически достоверна по печатному расплоду по 2 подсчету (01 сентября 2023 г.) на 31,0 % ($P<0,05$) и 3 подсчету (13 сентября 2023 г.) на 270,7 % ($P<0,01$). Большое различие по показателю количества печатного расплода на время заключительного подсчета (13.09.2023 г.) связано с тем, что в случае использования феромонного препарата в опытной группе увеличивается период откладывания яиц матками, т.е. в контрольной группе матки прекращали яйцекладку раньше, чем в опытной группе пчелосемей. Если отразить различия по количеству печатного расплода в абсолютных значениях, разница будет не столь существенна - 9,9 сотен ячеек.

Кроме того, на момент занесения ульев пчел в зимовник, разница в силе семей стала еще больше, т.е. пчелиные семьи, получавшие

сахарный сироп со стимулирующим препаратом, превосходили контрольную группу по силе уже на 17,7% ($P<0,01$).

Следовательно, в первое измерение (20.08) достоверных различий между группами не было. Со второго учета (01.09) начались значимые различия по количеству расплода ($P<0,05$), к третьему измерению (13.09) разница стала еще более значимой ($P<0,01$), а на момент занесения пчел в зимовник (16.10), разница и по силе семей стала существенной и статистически значимой ($P<0,01$).

Таким образом, установлено, что при использовании препарата увеличивается время и интенсивность откладывания яиц пчелиными матками в опытных группах пчел, что способствует лучшей подготовке пчел к зиме.

Зимовка – один из самых важных этапов в жизнедеятельности семьи пчел. От нее во многом зависит интенсивность развития пчелиных семей в весенний период, а также их продуктивность.

Результаты зимовки пчел оцениваются по следующим показателям: сила семей (в улочках или в килограммах), расход меда за зиму, масса подмора (количество погибших пчел за зимний период), опоношенность (признак переполнения задней кишки пчелы каловыми массами; в сильных семьях, как правило, наблюдается меньшая опоношенность).

Чем пчелиная семья сильнее, тем меньше корма тратится на единицу живой массы пчел на зиму; в следствии этого пчелы меньше изнашиваются в период зимовки и сохраняют способность выкармливать большое количество расплода весной, что в свою очередь влияет на продуктивность семьи.

Данные по зимовке опытных групп пчелосемей представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты зимовки в опытных группах пчелосемей

Показатель	Группа семей пчел		
	Контрольная	Опытная	Разность, %
Сила семей, улочки	5,1±0,15	6,2±0,27	21,6
Расход меда на семьи пчел, кг	8,6±0,13	9,3±0,19	8,1
Масса подмора, г	157,0±9,2	143,7±17,5	9,3
Опоношенность, баллы	3,0±0,09	2,4±0,16	25,0

Данные таблицы 2 показывают, что на момент выставки пчел из зимовника сила семей в опытной группе статистически значимо ($P<0,01$) превосходила силу в контрольной на 21,6%. Также у опытных семей наблюдалось незначительное снижение количества подмора (погибших пчел) на 9,3%. В опытной группе уровень опоношенности был статистически значимо ниже на 25% ($P<0,01$), чем в контрольной. При этом в опытной группе расход меда на семью был достоверно ($P<0,01$) выше на 8,1%, однако на единицу массы пчелы опытной группы израсходовали меньше меда, чем в контроле.

Таким образом, качество зимовки у пчел опытной группы оказалось выше (большая сохранность пчел, меньший расход корма на единицу массы и более низкая опоношенность), чем в контроле.

Выводы. Роепривлекающий препарат «Апимил» на основе феромона матки и феромонов железы Насонова обладает хорошим стимулирующим эффектом на осеннее развитие при скормливания его пчелам в составе сахарного сиропа, при этом наблюдается увеличение силы семей пчел вследствие повышения яйценоскости маток, также улучшаются показатели зимовки пчелосемей.

Литература

1. Суфиянова Л.Ф., Шелехов Д.В. Применение стимулирующей подкормки аписим // Наука молодых – инновационному развитию АПК: материалы XI Национальной научно-практической конференции молодых ученых. Уфа: БГАУ, 2018. С. 143-146.
2. Чупахина О.К. Новые препараты к осенним обработкам пчелиных семей // Пчеловодство. 2009. № 9. С. 27-28.
3. Ишмуратова Н.М., Яковлева М.П., Ишмуратов Г.Ю. От синтеза феромонов насекомых до препаратов // Пчеловодство. 2024. № 9. С. 6-9.
4. McQuillan H. J., Nakagawa S., Mercer A. R. Juvenile Hormone Enhances Aversive Learning Performance in 2-Day Old Worker Honey Bees while Reducing Their Attraction to Queen Mandibular Pheromone // PLoS ONE. 2014. 9(11): e112740. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112740> (дата обращения: 20.12.2024).
5. Age-specific olfactory attraction between Western honey bee drones (*Apis mellifera*) and its chemical basis / F. Bastin, F. Savarit, G. Lafon, et al. // PLoS ONE. 2017. 12(10): e0185949. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185949> (дата обращения: 20.12.2024).
6. Ишмуратова Н. М., Гиниятуллин М. Г., Ишмуратов Г. Ю. Феромонная композиция аписил // Пчеловодство. 2005. №4. С. 19-20.
7. Краснова Е.М., Лаврентьев А.Ю., Шерне В.С. Феромонный препарат аписил в пчеловодстве // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию первого выпуска технологов сельскохозяйственного производства. Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2018. С. 291-296.
8. Фармакологическая активность синтетического аналога «маточного вещества» в гнезде пчел / Н. М. Ишмуратова, Г. Ю. Ишмуратов, М. П. Яковлева и др. // Единый мир – единое здоровье: материалы VI Международного ветеринарного конгресса. Сочи, 2016. С. 374-376.
9. Тамбовцев К. А. Феромоны сохраняют среду обитания человека // Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: сборник материалов V-й Международной научно-практической конференции: в 2 т. Челябинск: ЮУрГУ, 2012. Т. 2. С. 204-206.
10. Апшегайте В. П., Скирквявичус А. В., Балжекас Й. А. Взаимосвязь между количеством транс-9-оксодецен-2-овой кислоты у пчелиной матки и биологическими особенностями пчелиной семьи // Хеморепцепция насекомых. 1988. №10. С. 15-20.
11. Elects of honey bee (*Apis mellifera* L.) queen mandibular gland pheromone on foraging and brood rearing / H. A. Higo, S. J. Colley, M. L. Winston et al. // Can. Entomol. 1992. 124. № 2. Р. 409-418.
12. Тамбовцев К. А., Ишмуратова Н.М. Влияние препарата аписил на осеннее наращивание и результаты зимовки пчел // Пчеловодство. 2021. № 2. С. 14-16.
13. Краснова Е.М., Лаврентьев А.Ю. Влияние феромонного препарата аписил на развитие пчел в теплицах // Пчеловодство. 2018. № 10. С. 10-11.
14. Использование феромонного препарата "Аримаг® (Апимил)" для стимуляции развития пчелиных семей / К. А. Тамбовцев, М. П. Яковлева, Н. М. Ишмуратова и др. // Современные проблемы пчеловодства: I международная научно-практическая конференция по пчеловодству в Чеченской Республике. Грозный: ЧГУ им. А.А. Кадырова, 2017. С. 237-239.
15. Феромонный препарат апимил в защите бурзянских пчел от метизации / Н. М. Ишмуратова, А. Я. Шарипов, К. А. Тамбовцев и др. // Пчеловодство. 2023. № 1. С. 20-22.
16. Оптимизация технологии подсадки пчелиных маток в семьи-помеси / Н. М. Ишмуратова, А. Я. Шарипов, В. Р. Туктаров и др. // Пчеловодство. 2019. № 10. С. 18-21.
17. «Апимил» - приманка для ухверток / Г. Ю. Ишмуратов, Н. М. Ишмуратова, Э. В. Кузьмина и др. // Пчеловодство. 2002. № 6. С. 31-33
18. Ишмуратов Г. Ю., Маннапов А. Г., Харисов Р. Я. и др. Препарат «Апимил» для привлечения и поимки пчелиных роев // Патент РФ № 2146868, опублик. 27.03.2000 г. в БИ № 9.
19. Родневич Л. Н. О роли пахучей железы в жизни пчел // Пчеловодство. 1959. №9. С. 35-36.
20. Зевахин Л. М. Запахи в жизни пчел // Пчеловодство. 1991. №7. С. 12-14.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Гумеров Илдар Рафгатович - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии, животноводства и химии, e-mail: ildar.gu@mail.ru
Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия
Тамбовцев Константин Александрович - доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии, животноводства и химии, e-mail: tambka@mail.ru
Уфимский университет науки и технологий (Бирский Филиал), Бирск, Россия

EFFECT OF A PHEROMONE SWARM-ATTRACTING PRODUCT ON THE DEVELOPMENT OF BEES IN THE AUTUMN PERIOD AND WINTERING INDICATORS

I. R. Gumerov, K. A. Tambovtsev

Abstract. The article presents data on the effect of the pheromone swarm-attracting product Apimil on the development of bees in the autumn period and wintering indicators. The object of the study was two groups of queens of bee colonies of the Central Russian bee breed of the same strength and age in typical twelve-frame hives with ten bee colonies in each. The bees of the experimental group were fed sugar syrup with the addition of Apimil product, developed on the basis of a synthetic analogue of the honey bee queen pheromone and the pheromones of the Nasonov gland - geraniol, citral, etc. The control group was fed sugar syrup without the addition of a stimulating product. Autumn development was assessed by the strength of families (in streets, i.e. the number of inter-frame spaces occupied by bees) and the amount of sealed brood (calculated using a mesh frame with 5 cm² cells); wintering results were determined by the strength of families (in the number of streets at the time of bringing the bees out of the wintering house), feed consumption (honey and bee bread in kg) during the winter, the mass of dead bees (the number of bees that died during the winter period in g) and the

wear of the nests (determined by a point assessment). Studies have shown that feeding bees with Apimil drug as part of sugar syrup causes a stimulating effect on the egg-laying of queens, which causes a strengthening of bee families during autumn growth (the number of streets in the experimental group at the time of bringing the bee hives into the wintering house was 17.7% more than in the control), and also improves the results of wintering, i.e. a higher survival rate of bees, lower feed consumption per unit mass and lower aging of bees in the experimental group were observed. Consequently, the swarming pheromone preparation Apimil improves autumn development and wintering indicators of bee colonies.

Keywords: pheromone, apimil, stimulating feeding, colony strength, sealed brood, wintering result.

For citation: Gumerov I.R., Tambovtsev K.A. Effect of a pheromone swarm-attracting product on the development of bees in the autumn period and wintering indicators. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2025; 1 (13). 64-68 p.

References

1. Sufiyanova LF, Shelekhov DV. [Application of stimulating feeding Apistim. Science of the young - innovative development of the agro-industrial complex]. *Materialy XI Natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh*. Ufa: BGAU. 2018; 143-146 p.
2. Chupakhina OK. [New preparations for autumn treatments of bee colonies]. *Pchelovodstvo*. 2009; 9. 27-28 p.
3. Ishmuratova NM, Yakovleva MP, Ishmuratov GYu. [From the synthesis of insect pheromones to preparations]. *Pchelovodstvo*. 2024; 9. 6-9 p.
4. McQuillan HJ, Nakagawa S, Mercer AR. Juvenile hormone enhances aversive learning performance in 2-day old worker honey bees while reducing their attraction to queen mandibular pheromone. *PLoS ONE*. 2014; 9(11). e112740. [cited 2024, December 20]. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112740>.
5. Bastin F, Savarit F, Lafon G. Age-specific olfactory attraction between Western honey bee drones (*Apis mellifera*) and its chemical basis. *PLoS ONE*. 2017; 12(10). e0185949. [cited 2024, December 20]. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185949>.
6. Ishmuratova NM, Giniyatullin MG, Ishmuratov GYu. [Pheromone composition Apisil]. *Pchelovodstvo*. 2005; 4. 19-20 p.
7. Krasnova EM, Lavrentev AY, Sherne VS. [Apisil pheromone preparation in beekeeping. Scientific, educational and applied aspects of production and processing of agricultural products]. *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 20-letiyu pervogo vypuska tekhnologov selskokhozyaystvennogo proizvodstva*. Cheboksary: Chuvashskaya GSKhA. 2018; 291-296 p.
8. Ishmuratova NM, Ishmuratov GYu, Yakovleva MP. [Pharmacological activity of a synthetic analogue of the "queen substance" in a bee nest]. *Ediny mir – edinoe zdorove: materialy VI Mezhdunarodnogo veterinarnogo kongressa*. Sochi. 2016; 374-376 p.
9. Tambovtsev KA. [Pheromones preserve the human habitat. Life safety in the third millennium]. *Sbornik materialov V-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 2 t. Chelyabinsk: YuUrGU*. 2012; Vol.2. 204-206 p.
10. Apshegayte VP, Skiriyavichyus AV, Balzhekas IA. [Relationship between the amount of trans-9-octadecenoic acid in the queen bee and biological characteristics of the bee colony]. *Khemoretsepsiya nasekomykh*. 1988; 10. 15-20 p.
11. Higo HA, Colley SJ, Winston ML. Elects of honey bee (*Apis mellifera* L.) queen mandibular gland pheromone on foraging and brood rearing. *Can. Entomol*. 1992; 124. 2. 409-418 p.
12. Tambovtsev KA, Ishmuratova NM. [The effect of Apisil drug on the autumn build-up and the results of wintering of bees]. *Pchelovodstvo*. 2021; 2. 14-16. p.
13. Krasnova EM, Lavrentev AY. [The effect of Apisil pheromone drug on the development of bees in greenhouses]. *Pchelovodstvo*. 2018; 10. 10-11 p.
14. Tambovtsev KA, Yakovleva MP, Ishmuratova NM. [Use of "Arimag" (Apimil) pheromone drug to stimulate the development of bee colonies. Modern problems of beekeeping]. *I mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya po pchelovodstvu v Chechenskoy Respublike. Groznyy: ChGU im. A.A. Kadyrova*, 2017; 237-239 p.
15. Ishmuratova NM, Sharipov AY, Tambovtsev KA. [Apimil pheromone preparation in protecting Burzyan bees from crossbreeding]. *Pchelovodstvo*. 2023; 1. 20-22 p.
16. Ishmuratova NM, Sharipov AY, Tuktarov VR. [Optimization of the technology of introducing queen bees into crossbreed families]. *Pchelovodstvo*. 2019; 10. 18-21 p.
17. Ishmuratov GYu, Ishmuratova NM, Kuzmina EV. ["Apimil" – is a bait for earwigs]. *Pchelovodstvo*. 2002; 6. 31.-33 p.
18. Ishmuratov GYu, Mannapov AG, Kharisov RYa. ["Apimil" drug for attracting and catching bee swarms]. Patent RF № 2146868, 27.03.2000. v BI № 9.
19. Rodnevich LN. [On the role of the odorous gland in the life of bees]. *Pchelovodstvo*. 1959; 9. 35-36 p.
20. Zevakhin LM. [Smells in the life of bees]. *Pchelovodstvo*. 1991; 7. 12-14 p.

Conflict of interests

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

Authors:

Gumerov Ildar Rafgatovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology, Animal Husbandry and Chemistry, e-mail: ildar.gu@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
Tambovtsev Konstantin Aleksandrovich - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Ecology and Chemistry, e-mail: tambka@mail.ru
Ufa University of Science and Technology (Birk Branch), Birk, Russia.

ДНК-ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ МЯСНЫХ И РАСТИТЕЛЬНЫХ СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ В ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПЦР

Р. Р. Шайдуллин, С. В. Тюлькин, И. Ю. Гилемханов, Э. Ф. Валиуллина, А. Р. Садриев

Реферат. Цель данной работы является идентификация видовой принадлежности сырья в мясной и рыбной продукции при помощи полимеразной цепной реакции с наблюдением в реальном времени (ПЦР-РВ). Данный метод способен с высокой точностью обнаружить присутствие заявленного видоспецифичного фрагмента, содержащегося в образце в очень малом количестве. Исследования проведены в 2024 году на базе Татарского филиала Федерального центра охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ»). Для проведения комплексных лабораторных исследований отобрали 18 видов мясной и рыбной продукции, реализуемых в розничных продовольственных магазинах, расположенных в зоне ответственности ФГБУ «ВНИИЗЖ». В результате проведения ПЦР-РВ установлено, что в таких продуктах, как в фрикадельках, ромштексе «Аристократ», котлетах «Афанасьевские», треугольнике с говядиной не было выявлено наличие достаточного количества видоспецифичной ДНК курицы, характерные для мяса курицы, что подтверждает, что вид мяса (кроме птицы) соответствует заявленному. В продукты баветте с индейкой и грибами, индейка в перечном соусе и рисом басмати с базиликом, хинкали из говядины «Халяль», пельмени «Говяжьи», филе горбуши соответствуют заявленному виду мяса и рыбы. Но в вареных сосисках «С говядиной» идентифицировано ДНК свиньи, а в печени трески обнаружено ДНК минтая, что говорит о фальсификации и несоответствия заявленному составу продукта. При исследовании пельменей, холодца, сосисок, вареной колбасы на наличие соевых ингредиентов не выявлено ДНК сои в данных продуктах. Следовательно, одним из наиболее точных методов, способных идентифицировать видовую принадлежность продукции и обнаружить фальсификацию, является полимеразная цепная реакция.

Ключевые слова: ПЦР РВ, видоспецифичная ДНК, видовая идентификация, мясная, рыбная продукция.

Для цитирования: Шайдуллин Р. Р., Тюлькин С. В., Гилемханов И. Ю., Валиуллина Э. Ф., Садриев А. Р. ДНК-идентификация видовой принадлежности мясных и растительных сырьевых компонентов в готовой продукции на основе ПЦР // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. №1 (13). С 69-80.

Введение. В настоящее время на основании достижений молекулярной биологии можно решать проблемы контроля безопасности и качества пищевой продукции, что имеет большое значение на практике. Идентификация мясной, рыбной и растительной продукции по виду сырья можно говорить о качестве и безопасности продуктов питания, к тому же это используется, как средство борьбы с фальсификацией. Мясные продукты являются сложными по составу, так как содержат в себе множество ингредиентов, это в свою очередь ускоряет процесс непреднамеренного или умышленного загрязнения данных продуктов не указанными пищевыми компонентами. К тому же, часть покупателей не употребляют определенные виды мяса в силу культурных и религиозных особенностей [1, 2].

В настоящее время имеется спрос на качественную и безопасную продукцию и при этом увеличивается число поставщиков данной продукции. Но в отсутствии точной идентификации продукции возникает риск фальсификации или несоответствия продукции заявленным требованиям [3, 4, 5].

При ветеринарно-санитарной экспертизе мясной и рыбной продукции используют органолептические и физико-химические методы анализа, что позволяют определить их качество и безопасность. Но с помощью данных стандартных методов невозможно определить

видовую принадлежность сырья. Следовательно, для точной идентификации видовой продукции следует применять полимеразную цепную реакцию [6, 7, 8].

Универсальность метода ПЦР позволяет изучать гены продуктивности, которые оказывают влияние на качественные и количественные показатели готовой продукции. Гены молочной и мясной продуктивности оказывают влияние на биохимический состав и качество продукции, которая используется в виде сырья для производства продуктов питания [9, 10].

Наиболее перспективным методом контроля мясной продукции является метод ДНК-диагностики – молекулярно-генетический. Преимущество данного метода – это повсеместное присутствие ДНК во всех клетках организма, которые несут практически одинаковую генетическую информацию. Известный и используемый в аккредитованных лабораториях метод точной видовой идентификации мясных ингредиентов животных и птицы в продуктах питания и сырье является ПЦР в режиме реального времени (ПЦР-РВ, с детекцией продуктов амплификации). Она является наиболее точной, качественной и не совсем дорогой. ПЦР-РВ может высокоточно обнаружить присутствие искомого видоспецифичного фрагмента, который содержится в образце в малых дозах [11, 12, 13]. К тому же данный метод является универсальным,

т.е. возможность исследовать как сырье, так и продукты, прошедшие технологическую обработку [14].

Метод качественной ПЦР-РВ обладает высокой чувствительностью, при минимальном пределе выявления разных видов мясных составляющих - от 3 геном-эквивалентов для детекции ДНК крупного и мелкого рогатого скота до 50 – для ДНК свиньи, курицы и индейки. В связи с высокой чувствительностью ПЦР-РВ может идентифицировать следы ДНК определенного вида животного, что говорит о загрязнении мясной продукции ингредиентом, который, не представлен в составе продукта [15, 16, 17].

Помимо обнаружения ДНК разных видов животных в мясном сырье и продуктах питания, также следует установить процент присутствующих вспомогательных компонентов к основному мясному сырью, и обнаружить путь проникновения данных добавок в продукт, следовательно, это произошло непреднамеренное загрязнение в процессе технологических операций или специальная замена сырья и как следствие фальсификация готовой продукции [18, 19, 20].

Для количественного определения ДНК применяется цифровая капельная ПЦР с прямым подсчетом количества копий целевой ДНК в анализируемой пробе. Он является

обновленным методом полимеразной цепной реакцией, которая способна установить абсолютное количество копий ДНК-мишени в образце с чувствительностью до 1 копии ДНК из 100000. Также данный имеет возможность стопроцентного количественного обнаружения числа копий исследуемого фрагмента ДНК или РНК по конечной точке реакции амплификации [21, 22, 23].

Поэтому актуальным является идентификация пищевых продуктов и выявление возможной фальсификации или при изготовлении, или при подмене сырья, или при добавлении более дешевого мясного сырья.

Цель исследований - идентификация видовой принадлежности сырья в мясной и рыбной продукции при помощи полимеразной цепной реакции с наблюдением в реальном времени (ПЦР-РВ).

Материал и методы исследований. Исследования проведены в 2024 году на базе Татарского филиала Федерального центра охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ»).

Для проведения комплексных лабораторных исследований отобрали 18 видов мясной и рыбной продукции, реализуемых в розничных продовольственных магазинах, расположенных в зоне ответственности ФГБУ «ВНИИЗЖ» (табл. 1). Образцы подверглись органолептической оценке.

Таблица 1 - Характеристика проб мясной и рыбной продукции

№ пробы	Наименование продукта	Основное мясное (рыбное) сырье в продукте	Контролируемые показатели (наличие / отсутствие)
1	2	3	4
1	Фрикадельки для мясного супа (замороженные), Полуфабрикат мясной категории Г. ТУ 10.13.14-030-37676459-2016	Говядина, свинина	ДНК курицы
2	Ромштекс «Аристократ» (замороженный), Мясные полуфабрикаты рубленые категории Б. ТУ 10.13.14-030-37676459-2016	Свинина, говядина, шпик, яичный порошок	ДНК курицы
3	Котлеты «Афанасьевские» замороженные, полуфабрикат мясодержащий, формованный, рубленый, панированный, формованный категории Г. ТУ-9214-003-025673-89-14	Говядина, свинина	ДНК курицы
4	Треугольник с говядиной РП ш/к 4603774486146	Говядина	ДНК курицы
5	Баветте с индейкой и грибами. РП ш/к 4630238750888	Филе грудки индейки	ДНК индейки
6	Индейка в перечном соусе и рисом басмати с базиликом. РП ш/к 4630238750543	Филе грудки индейки	ДНК индейки
7	Изделия колбасные вареные сосиски «С говядиной»	Говядина, мясо птицы	ДНК свиньи
8	Полуфабрикаты в тесте с мясной начинкой замороженные, Хинкали из говядины "Халяль" категории В. ТУ 10.13.14-002-20076927-2020	Говядина, жир говяжий	ДНК свиньи

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
9	Мясной полуфабрикат в тесте замороженный, Пельмени "Говяжьи", категории Б. ГОСТ 33394-2015	Говядина, конина, жир-сырец говяжий	ДНК свиньи
10	Печень трески натуральная. ТУ 9271-0080148646-12	Печень трески	1. ДНК трески 2. ДНК минтая
11	Печень трески натуральная. ТУ 9271-0080148646-12	Печень трески	1. ДНК трески 2. ДНК минтая
12	Филе горбуши мороженое, глазированное. ТУ 10.20.13-582-37676459-2017	Горбуша	ДНК горбуши
13	Пельмени «Домашние». ГОСТ категории В. ГОСТ 33394-2015	Начинки: говядина, свинина, вода питьевая, лук репчатый, соль пищевая, сахар-песок, перец черный молотый	ДНК сои
14	Холодец "Домашний". ТУ 10.13.14-001-0062306901-2015	Свинина, говядина, индейка, бульон, желатин, соль пищевая, чеснок	ДНК сои
15	Мясные полуфабрикаты в тесте замороженные. Пельмени «Элитные» категории Б. ГОСТ 33394-2015	Фарш - говядина, свинина, вода питьевая, лук репчатый, соль поваренная, сахар, перец черный (белый);	ДНК сои
16	Пельмени свино-говяжьи «Домашние». ГОСТ 33394-2015	Начинки: говядина, свинина, вода питьевая, лук репчатый, соль пищевая, сахар-песок, перец черный молотый	ДНК сои
17	Сосиски «Молочные» категории Б. ГОСТ 23670-2019	Свинина, говядина, вода питьевая, молоко сухое, нитритно-посолочная смесь (соль, фиксатор окраски: E250), яичный порошок, сахар, комплексная пищевая добавка (стабилизатор: E450, усилитель вкуса и аромата: E621, антиокислитель: E301, пряности: перец черный, перец душистый, кардамон).	ДНК сои
18	Колбаса варёная «Докторская», категории А. ГОСТ 23670-2019	Свинина, говядина, вода, яйца куриные, молоко сухое, посолочно-нитритная смесь (соль, фиксатор окраски-нитрит натрия), сахар, орех мускатный, стабилизатор - пирофосфаты, антиокислитель - аскорбиновая кислота.	ДНК сои

Выделение ДНК из продуктов питания проводили с помощью набора реагентов «ДНК-Сорб-С-М» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора), далее проводили амплификацию методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени (ПЦР-РВ) используя следующие коммерческие тест-системы производства ООО «Синтол»:

- «Gallus gallus / Meleagris gallopavo Ident

RT multiplex» для обнаружения видоспецифичной ДНК курицы (Gallus gallus) и индейки (Meleagris gallopavo), результат оценивался по каналу флуоресценции Texas Red, позволяющий определить специфический фрагмент ДНК курицы и по каналу флуоресценции FAM, позволяющий определить специфический фрагмент ДНК индейки;

- «Sus scrofa Ident RT» для обнаружения

видоспецифичной ДНК свиньи (*Sus scrofa*), результат оценивался по каналу флуоресценции FAM, позволяющий определить специфический фрагмент ДНК свиньи;

- «*Gadus macrocephalus* / *Gadus morhua* / *Micromesistius poutassou* Ident RT multiplex» для обнаружения трески тихоокеанской (*Gadus macrocephalus*), трески атлантической (*Gadus morhua*), путассу (*Micromesistius poutassou*), результат оценивался по каналу флуоресценции Texas Red, позволяющий определить специфический фрагмент ДНК трески тихоокеанской, по каналу флуоресценции FAM, позволяющий определить специфический фрагмент ДНК трески атлантической;

- «*Gadus chalcogrammus* / *Pollachius virens* / *Melanogrammus aeglefinus* Ident RT multiplex» для обнаружения минтая (*Gadus chalcogrammus*), сайды (*Pollachius virens*), пикши (*Melanogrammus aeglefinus*), результат оценивался по каналу флуоресценции FAM, позволяющий определить специфический фрагмент ДНК минтая;

- «*Oncorhynchus gorbuscha* / *Oncorhynchus keta* / *Oncorhynchus nerka* Ident RT multiplex» для обнаружения лососевых (горбуша, кета, нерка), результат оценивался по каналу флуоресценции FAM, позволяющий определить специфический фрагмент ДНК горбуши;

- «Соя / кукуруза / рапс» для обнаружения и идентификации ДНК сои, кукурузы и рапса, результат оценивался по каналу флуоресценции FAM, позволяющий определить специфический фрагмент ДНК сои.

Учет результатов осуществляли отдельно по наличию кинетической кривой роста сигнала флуоресценции каждого из каналов в зависимости от используемой тест-системы.

Критерием регистрации роста сигнала флуоресценции по каналу является величина порогового цикла C_t , которая означает любую величину, не превышающую пороговое значение.

Получение и обработка результатов ПЦР-РВ проводились с помощью поверенных приборов для проведения полимеразной цепной реакции в режиме реального времени «Rotor Gene 6000» (Австралия) и модулей измерительных CFX96 в составе термоциклеров для амплификации нуклеиновых кислот C1000 Touch (США).

Результаты и обсуждения. В начале исследований была проведена оценка образцов мясной и рыбной продукции (фарш, полуфабрикаты и готовая продукция) по органолептическим показателям согласно действующим нормативно-техническим документам. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты органолептического исследования мясной и рыбной продукции

№ образца	Фактический результат	Нормативно-технический документ
1	2	3
1	Внешний вид равномерной круглой формы, поверхность ровная. Вкус и запах - соответствует продуктам, входящим в состав фрикаделек. Цвет - от светло-серого до серого. Консистенция - мягкая, сочная, однородная.	ТУ 10.13.14-030-37676459-2016
2	Внешний вид - кусок говядины овально формы, в панировке сухарей. Вкус и запах - свойственные жареному мясу; вкус в меру соленый. Цвет - корочка от светло-коричневого до коричневого цвета. Консистенция - корочка хрустящая, мясо сочное, мягкое.	ТУ 10.13.14-030-37676459-2016
3	Внешний вид - без трещин, форма котлеты овально-приплюснутая с заостренным концом. Вкус и запах - жареного мяса; вкус в меру соленый; аромат лука, специй, без привкуса хлеба, Цвет - поверхность светло-коричневая. Консистенция - сочная, пышная.	ТУ-9214-003-025673-89-14
4	Внешний вид – треугольник. Вкус и запах: мясной вкус, запах печеного хлеба и картофеля. Консистенция - мягкая, сочная	-
5	Эластичные, не липкие, прочные, с кусочками мяса индейки и грибами. Вкус и запах - свойственные отварным макаронным изделиям с мясом птицы и грибов.	-
6	Внешний вид - мясо индейки полито соусом. Соус однородный и красного цвет. Вкус и запах соответствует продукту	-
7	Внешний вид - сухая поверхность, нет повреждения оболочки. Консистенция нежная, сочная. На разрезе цвет розовый однородный, равномерно перемешан. Вкус и запах свойственный данному виду продукта с ароматом пряностей	-

Продолжение таблицы 2

1	2	3
8	Внешний вид - мешочек со складочками. Пельмени недеформированные, края хорошо заделаны, фарш не выступает, поверхность сухая. Консистенция плотная. Вкус и запах приятный. Сочная, с ароматом пряностей.	ТУ 10.13.14-002-20076927-2020
9	Внешний вид - пельмени полукруглой формы, поверхность сухая, места соединения теста аккуратно защипаны, поверхность гладкая, фарш не выступает, не слипшиеся. Вкус и запах приятный. Цвет оболочки - от светло-кремового до светло-желтого, фарш - серый. Консистенция - оболочка мягкая, плотная, фарша - сочная, мягкая.	ГОСТ 33394-2015
10, 11	Печень кусками. Консистенция плотная. Цвет светло-коричневая. Вкус и запах приятные, без постороннего привкуса и запаха.	ТУ 9271-0080148646-12
12	Филе целое, чистое. Поверхность ровная. Консистенция плотная. Запах свойственный свежей рыбе, без посторонних запахов.	ТУ 10.20.13-582-37676459-2017
13, 15, 16	Пельмени не слипшиеся и недеформированные. Форма круга. Края хорошо заделаны, фарш не выступает. Запах свойственный данному виду продукта. Вкус приятный, свойственный данному виду продукта	ГОСТ 33394-2015
14	Поверхность батона чистая сухая, без повреждений. Консистенция упругая. Цвет серый с кусочками мяса. Вкус и запах свойственный данному виду продукта, без посторонних привкуса и запаха, с ароматом чеснока и специй.	ТУ 10.13.14-001-0062306901-2015
17	Сосиски удлиненной правильной формы, слегка упругие и плотные. Приятный мясной аромат, молочно-мясной вкус. Цвет светло-розовый	ГОСТ 23670-2019
18	Поверхность батона чистая сухая. Консистенция упругая. Цвет фарша на разрезе светло-розовый. Вкус и аромат свойственный данному виду продукции	ГОСТ 23670-2019

Исходя из данных таблицы 2 видно, что по органолептическим показателям все восемнадцать образцов мясной и рыбной продукции соответствуют нормативно-техническим документам.

Для определения сырьевых компонентов в готовой продукции методом полимеразной цепной реакции были проанализированы мясные и рыбные продукты питания. На рисунке 1 представлены результаты испытаний образцов полуфабрикатов мясных рубленых (№ 1-3) и продукция общественного питания (№ 4) на наличие видоспецифичной ДНК курицы («Gallus gallus»). По каналу флуоресценции Texas Red,

позволяющий определить специфический фрагмент ДНК курицы видно, что контроль выделения (меланж 10%) находится на 26,88 цикле и все, что после данного цикла это, те продукты, как фрикадельки, ромштекс, котлеты, треугольник, не содержат достаточного количества ДНК, характерного для курятины, следовательно, в вышеперечисленных продуктах нет мяса курицы. Но обнаружено ДНК курицы в следствии того, что в приготовлении данной продукции использовались яйца куриные или жидкие, сухие и замороженные яичные продукты / сырье (белки, желтки, меланж и др.).

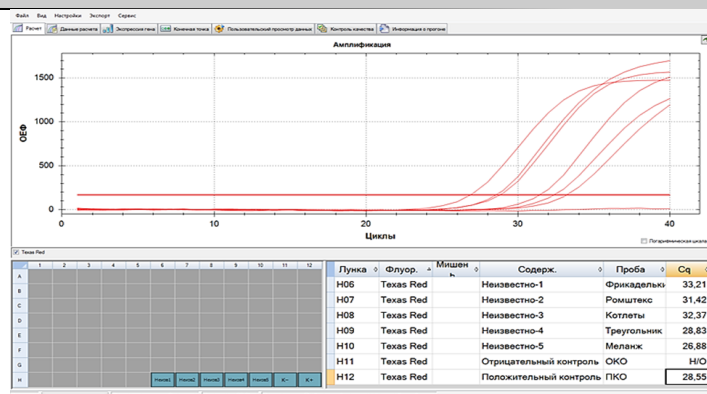


Рис. 1- Результаты испытаний образцов № 1 (Фрикадельки), № 2 (Ромштекс), № 3 (Котлеты), № 4 (Треугольник), на наличие видоспецифичной ДНК курицы по росту сигнала флюоресценции

Таким образом, в результате постановки ПЦР-РВ в мясных продуктах не было обнаружено достаточного количества видоспецифичной ДНК курицы, что подтверждает, что вид мяса (кроме птицы) соответствует заявленному.

На рисунке 2 представлены результаты испытаний образцов продукции

общественного питания (№ 5 и 6) на наличие видоспецифичной ДНК индейки. Канал, отвечающий за ДНК индейки показал, что в образцах № 5 и 6 обнаружено ДНК индейки, что говорит о наличии в них мяса – индюшатины. Наличие данного вида мяса также свидетельствует о соответствии заявленному составу.

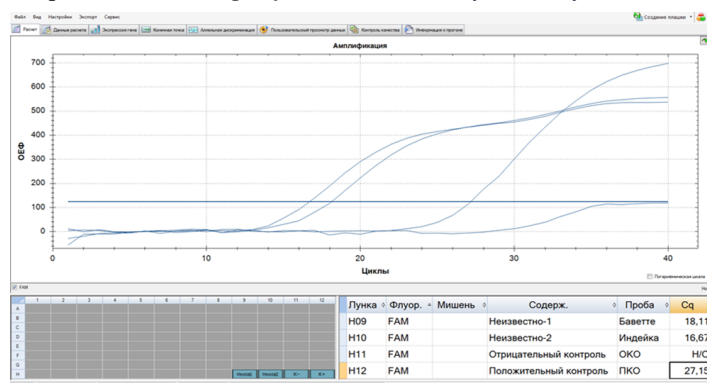


Рис. 2 - Результаты испытаний образцов № 5 (Баветте с индейкой и грибами) и № 6 (Индейка в перченом соусе и рисом басмати с базиликом) на наличие видоспецифичной ДНК индейки по росту сигнала флюоресценции

В результате постановки ПЦР-РВ было установлено присутствие видоспецифичной ДНК свиньи (*Sus scrofa*) только в сосисках (образец № 7), а в хинкали

(образец № 8) и пельменях (образец № 9) не обнаружено свинины (ДНК свиньи), что соответствует заявленному виду мяса (рис. 3).

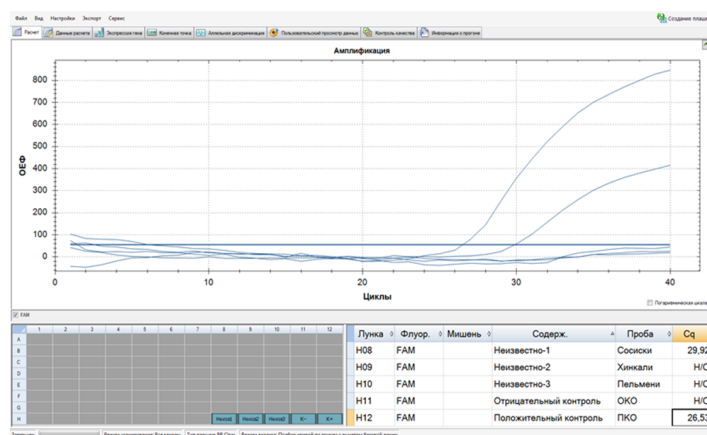


Рис. 3 - Результаты испытаний образцов № 7 (Сосиски «С говядиной») и № 8 (Хинкали из говядины «Халяль») и № 9 (Пельмени «Говяжьи») на наличие видоспецифичной ДНК свиньи по росту сигнала флюоресценции

На рисунке 4 представлены результаты испытаний образцов печени трески (№ 10 и 11) на наличие видоспецифичной ДНК трески. Каналы, отвечающие за ДНК трески

тихоокеанской и атлантической показали, что в образцах № 10 и 11 не обнаружено ДНК трески, а последующие исследования позволили выявить наличие в них ДНК минтая.

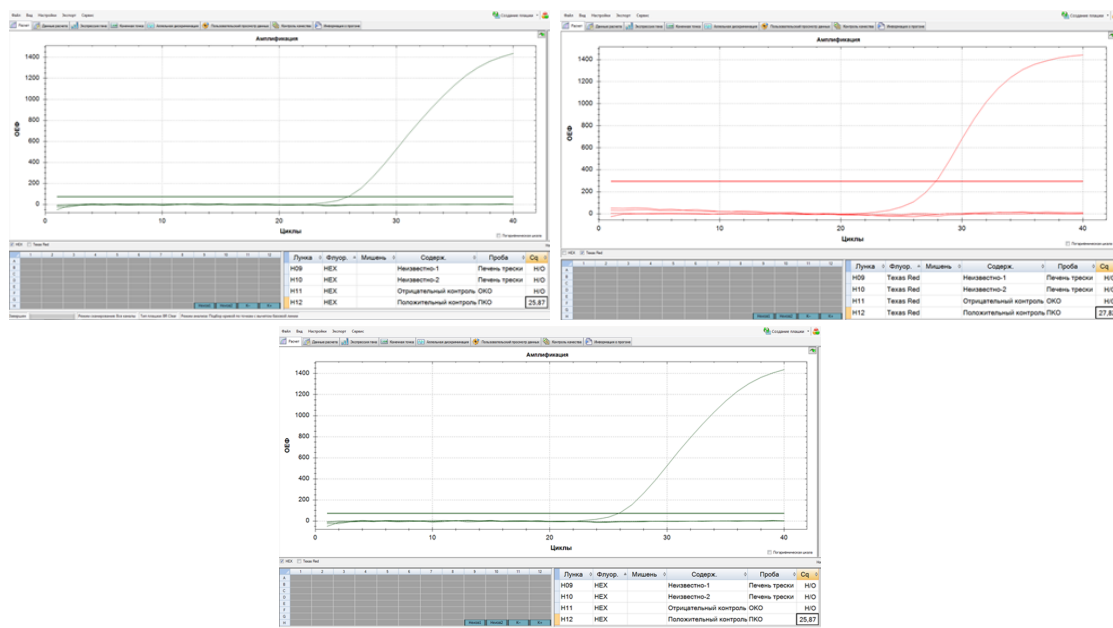


Рис. 4 - Результаты испытаний образцов № 10 и 11 (Печень трески) на наличие видоспецифичной ДНК трески по росту сигнала флуоресценции

Таким образом, обнаруженная ДНК рыб семейства тресковых – минтая подтверждает, что видовая принадлежность печени рыб не соответствует заявленной.

В результате постановки ПЦР-РВ было выявлено наличие видоспецифичной ДНК горбуши в образце № 12 (филе горбуши), что соответствует заявленному виду рыб семейства лососёвых (рис. 5).

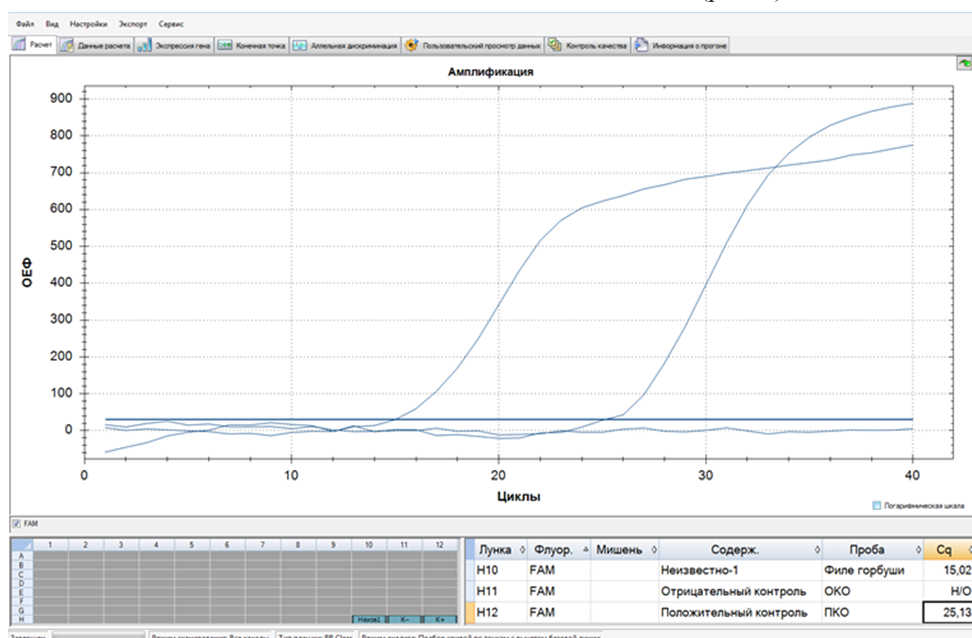


Рис. 5 - Результаты испытаний образца № 12 (Филе горбуши) на наличие видоспецифичной ДНК горбуши по росту сигнала флуоресценции

Из рисунка 6 видно, что по каналу флуоресценции FAM, позволяющий определить специфический фрагмент ДНК сои видно, что все образцы (13-18) это, те продукты, как пельмени, холодец, сосиски,

колбаса, не содержат ДНК сои, следовательно, в вышеперечисленных продуктах нет добавления сои и соевых продуктов (белок сои, твенджан, соевый соус, темпе, тофу, эдамамэ и др.).

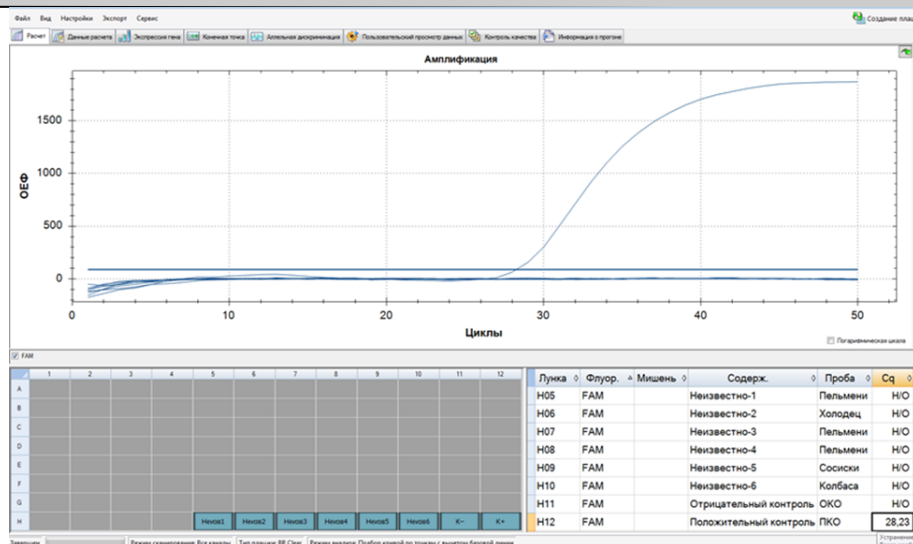


Рис. 6 - Результаты испытаний образца № 13 (Пельмени «Домашние»), № 14 (Холодец «Домашний»), № 15 (Пельмени «Элитные»), № 16 (Пельмени «Домашние»), № 17 (Сосиски «Молочные»), № 18 (Колбаса варёная «Докторская») на наличие видоспецифичной ДНК сои по росту сигнала флуоресценции

Результаты ПЦР-РВ идентификации видовой принадлежности мясной и рыбной продукции в обобщенном виде представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты ПЦР-РВ идентификации видовой принадлежности мясной и рыбной продукции

Наименование образца	№ образца	Результаты ПЦР-РВ по каналу							
		Texas Red		FAM					HEX
		ДНК курицы	ДНК трески тихоокеанской	ДНК индейки	ДНК свиньи	ДНК минтая	ДНК горбуши	ДНК сои	ДНК трески атлантической
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фрикадельки	1	В пробе содержится ДНК курицы. Количество ДНК менее 10% мяланжа. Мясо курицы (продукт убоя) отсутствует							
Ромштекс	2								
Котлеты	3								
Треугольник	4								
Баветте с индейкой и грибами	5			18,11					
Индейка в перченом соусе и рисом басмати с базиликом	6				16,67				

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сосиски «С говядиной»	7				29,92				
Хинкали из говядины «Халяль»	8				Не обнаружено				
Пельмени «Говяжьи»	9				Не обнаружено				
Печень трески	10		Не обнаружено			26,27			Не обнаружено
Печень трески	11					26,69			
Филе горбуши	12						15,02		
Пельмени «Домашние»	13							Не обнаружено	
Холодец «Домашний»	14								
Пельмени «Элитные»	15								
Пельмени «Домашние»	16								
Сосиски «Молочные»	17								
Колбаса варёная «Докторская»	18								

Выводы. В результате проведенных исследований было установлено наличие видовой фальсификации в продуктах - сосиски «С говядиной» и печень трески.

Таким образом, с помощью органолептических и физико-химических методов можно определить качество и безопасность

продуктов питания. Но видовую принадлежность сырьевых компонентов животного и растительного происхождения в готовой продукции практически невозможно. Поэтому для точной и достоверной идентификации видовой принадлежности продукции следует использовать полимеразную цепную реакцию.

Литература

1. Identification of meat origin in food products – a review / Sh. Rahmati, N. M. Julkapli, W. J. Basirun, W. Yehye // Food Control. 2016. Vol. 68. P. 379–390. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.013>
2. Lysine Supply Is a Critical Factor in Achieving Sustainable Global Protein Economy / I. Leinonen, P. P. M. Iannetta, B. M. Rees [et al.] // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2019. Vol. 3. Article 27. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00027>
3. A 20-year analysis of reported food fraud in the global beef supply chain / K. Robson, M. Dean, S. Brooks, S. Haughey, C. Elliott // Food Control. 2020. Vol. 116. P. 107310. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107310>
4. Complementary molecular methods detect undeclared species in sausage products at retail markets in Canada / A. M. Naam, Shu Chen, H. Shehata [et al.] // Food Control. 2018. Vol. 84. P. 339-344. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.07.040>
5. Серегин И. Г., Никитченко Д. В., Михеева. М. И. Совершенствование ветсанэкспертизы икры лососевых рыб // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2017. Т. 12. № 3. С. 279–288. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2017-12-3-279-288>
6. Калюжная Т. В., Орлова Д. А., Родак Г. Н. Идентификация икры лососевых пород рыб с помощью

полимеразной цепной реакции с наблюдением в реальном времени // Международный вестник ветеринарии. 2021. 4. 88-92. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2021.4.88>

7. Калюжная Т. В., Орлова Д. А., Родак Г. Н. Ветеринарно-санитарная экспертиза икорных продуктов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2021. № 2. С. 133-136. <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2021.2.133>

8. Simple and fast multiplex PCR method for detection of species origin in meat products / M. Izadpanah, N. Mohebbi, Z. E. Gorji [et al.] // Journal of Food Science and Technology. 2017. Vol. 55(2). P. 698–703. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2980-2>

9. Молочная продуктивность и качество молока коров с разными генотипами o1r1 и линейной принадлежности / М. Ламара, Л. Р. Загидуллин, Т. М. Ахметов [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2023. Т. 253. № 1. С. 163-167. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_253_163

10. Межлинейный полиморфизм гена каппа-казеина и его влияние на молочную продуктивность коров / Р. Р. Шайдуллин, Г. С. Шарафутдинов, А. Б. Москвичёва, Б. Г. Зиганшин, С. В. Тюлькин // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 5. С. 51-54. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10512>

11. Identification of meat species by TaqMan-based real-time PCR assay / Z. Kesmen, A. Gulluce, F. Sahin, N. Yetim // Meat Science. 2009. Vol. 82(4). P. 444-449. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.019>

12. Коновалова Е. Н., Гладырь Е. А., Зиновьева Н. А. Видовая идентификация мяса птицы в животноводческой продукции с применением метода полимеразной цепной реакции // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 10. С. 67-69.

13. Выявление ДНК курицы в мясной продукции, реализуемой в Москве и Московской области методом полимеразной цепной реакции / З. Н. Меньшикова, К. О. Любкина, З. С. Девришова [и др.] // Ветеринария Кубани. 2020. № 5. С. 26-29 <https://doi.org/10.33861/2071-8020-2020-5-26-29>

14. Галкин А., Трепалина Е. Анализ примесей свинины в мясном сырье и готовой продукции методом ПЦР // Мясной ряд. 2019. № 2(76). С. 34.

15. ДНК-идентификация животных для выявления фальсификаций продуктов питания / М. Михайлова, Р. Шейко, Е. Лагун [и др.] // Наука и инновации. 2020. №10. С. 40–45. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-10-40-45>

16. Минаев М. Ю., Лисицын Б. А., Фомина Т. А. Методы ПЦР для определения сырьевых компонентов в готовой продукции // Мясная индустрия. 2008. № 6. С. 36-37.

17. Direct pentaplex PCR assay: an adjunct panel for meat species identification in Asian food products / P. Thanakiatkrai, J. Dechnakarin, R. Ngasaman, T. Kitpipit // Food Chemistry. 2019. Vol. 271. P. 767–772. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.143>

18. Karabagias I. K. Advances of spectrometric techniques in food analysis and food authentication implemented with chemometrics // Foods. 2020. Vol. 9(11). P. 1550. <https://doi.org/10.3390/foods9111550>

19. Современные методы выявления фальсификации сырья и пищевой продукции, детекции несанкционированных примесей в кормах / А. М. Кривецкая, Г. В. Мозгова, Н. И. Дробот, В. С. Остапчик, А. Н. Островская // Endless light in science. 2024. №1. P. 26-32. <https://doi.org/10.24412/2709-1201-2024-3-5>

20. Минаев М. Ю., Солодовникова Г. И., Курбаков К. А. Выбор ДНК матрицы для обоснования порогового уровня технически неустраняемых примесей мяса птицы в готовой мясной продукции // Теория и практика переработки мяса. 2017. Т. 2. №1. P. 27-36. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2017-2-1-27-36>

21. Цифровая капельная ПЦР - высокотехнологичный подход для идентификации и определения абсолютного количества ДНК-мишеней / Н. И. Дробот, А. Н. Островская, В. С. Остапчик, Г. В. Мозгова // Сучасні тенденції розвитку освіти й науки: проблеми та перспективи: збірник наукових робіт. 2020. Вип. 6. С. 347-352.

22. Комарова И. Н., Серегин И. Г., Валихов А. Ф. Полимеразная цепная реакция – современный метод выявления фальсификации мясного сырья и продуктов // Мясная индустрия. 2004. №2. С. 37–41.

23. Yayla M. E. A., Ekinci Doğan C. Development of a new and sensitive method for the detection of pork adulteration in gelatin and other highly processed food products // Food Additives & Contaminants: Part A. 2021. Т. 38. №. 6. С. 881-891. <https://doi.org/10.1080/19440049.2021.1902574>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

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

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

Тюлькин Сергей Владимирович - доктор биологических наук, заведующий отделом, старший научный сотрудник, e-mail: tulsv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5379-237X>

Татарский филиал ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», Казань, Россия

ФНИЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

Гилемханов Ильназ Юнусович - кандидат биологических наук, специалист, e-mail: lnaz_gilemhanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1609-2889>

Валиуллина Эльвира Фанилевна - кандидат биологических наук, заместитель заведующего отдела, e-mail: 15sheff@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7244-9530>

Садриев Айдар Радикович - кандидат биологических наук, заместитель директора, e-mail: aidar_sadriev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-1408-7353>

Татарский филиал ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», Казань, Россия

DNA IDENTIFICATION OF SPECIES OF MEAT AND PLANT RAW MATERIALS IN FINISHED PRODUCTS BASED ON PCR

R. R. Shaydullin, S. V. Tyulkin, I. Yu. Gilemkanov, E. F. Valiullina, A. R. Sadriev

Abstract. The aim of this work is to identify the species of raw materials in meat and fish products using real-time polymerase chain reaction (RT-PCR). This method is capable of detecting with high accuracy the presence of the declared species-specific fragment contained in the sample in very small quantities. The studies were conducted in 2024 at Tatar branch of Federal Center for Animal Health. (FSBI “VNIIZZh”). For comprehensive laboratory studies, 18 types of meat and fish products sold in retail food stores located in the area of responsibility of FSBI “VNIIZZh” were selected. As a result of RT-PCR, it was found that in such products as meatballs, “Aristokrat” rump steak, “Afanasevskie” cutlets, triangle with beef, the presence of a sufficient amount of species-specific chicken DNA characteristic of chicken meat was not detected, which confirms that the type of meat (except poultry) corresponds to the declared one. The products bavette with turkey and mushrooms, turkey in pepper sauce and basmati rice with basil, khinkali made of Halal beef, dumplings “Beef”, pink salmon fillet correspond to the declared type of meat and fish. However, pig DNA was identified in the boiled sausages “With beef”, and pollock DNA was found in the cod liver, which indicates falsification and discrepancy with the declared composition of the product. When examining dumplings, jellied meat, sausages, boiled sausage for the presence of soy ingredients, soy DNA was not detected in these products. Therefore, one of the most accurate methods capable of identifying the species of products and detecting falsification is the polymerase chain reaction.

Keywords: real-time polymerase chain reaction, species-specific DNA, species identification, meat, fish products.

For citation: Shaydullin R.R., Tyulkin S.V., Gilemkanov I.Yu., Valiullina E.F., Sadriev A.R. DNA identification of species of meat and plant raw materials in finished products based on PCR. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2025. 1 (13). 69-80 p.

References

1. Rahmati Sh, Julkapli NM, Basirun WJ, Yehye W. Identification of meat origin in food products – a review. *Food Control*. 2016; Vol.68. 379-390 p. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.013>
2. Leinonen I, Iannetta PPM, Rees BM. Lysine supply is a critical factor in achieving sustainable global protein economy. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2019; Vol.3. Article 27. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00027>
3. Robson K, Dean M, Brooks S, Haughey S, Elliott C. A 20-year analysis of reported food fraud in the global beef supply chain. *Food Control*. 2020; Vol.116. 107310 p. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107310>
4. Naaum AM, Chen Shu, Shehata H. Complementary molecular methods detect undeclared species in sausage products at retail markets in Canada. *Food Control*. 2018; Vol.84. 339-344 p. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.07.040>
5. Seregin IG, Nikitchenko DV, Mikheeva MI. [Improving the veterinary sanitary examination of salmon caviar]. *Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo*. 2017; Vol.12. 3. 279-288 p. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2017-12-3-279-288>
6. Kalyuzhnaya TV, Orlova DA, Rodak GN. [Identification of salmon caviar using real-time polymerase chain reaction]. *Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii*. 2021; 4. 88-92 p. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2021.4.88>
7. Kalyuzhnaya TV, Orlova DA, Rodak GN. [Veterinary and sanitary examination of caviar products]. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*. 2021; 2. 133-136 p. <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2021.2.133>
8. Izadpanah M, Mohebbi N, Gorji ZE. Simple and fast multiplex PCR method for detection of species origin in meat products. *Journal of Food Science and Technology*. 2017; Vol.55(2). 698-703 p. doi.org/10.1007/s13197-017-2980-2
9. Lamara M, Zagidullin LR, Akhmetov TM. [Milk productivity and milk quality of cows with different oler1 genotypes and lineage]. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman*. 2023; Vol.253. 1. 163-167 p. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_253_163
10. Shaydullin RR, Sharafutdinov GS, Moskvicheva AB, Ziganshin BG, Tyulkin SV. [Interline polymorphism of the kappa-casein gene and its effect on milk productivity of cows]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019; Vol.33. 5. 51-54 p. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10512>
11. Kesmen Z, Gulluce A, Sahin F, Yetim H. Identification of meat species by TaqMan-based real-time PCR assay. *Meat Science*. 2009; Vol.82(4). 444-449 p. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.019>
12. Konovalova EN, Gladyr EA, Zinoveva NA. [Species identification of poultry meat in livestock products using the polymerase chain reaction method]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2011; 10. 67-69 p.
13. Menshikova ZN, Lyubkina KO, Devrshova ZS. [Detection of chicken DNA in meat products sold in Moscow and Moscow region using the polymerase chain reaction method]. *Veterinariya Kubani*. 2020; 5. 26-29 p. <https://doi.org/10.33861/2071-8020-2020-5-26-29>
14. Galkin A, Trepalina E. [Analysis of pork impurities in raw meat and finished products by PCR]. *Myasnoy ryad*. 2019; 2(76). 34 p.
15. Mikhaylova M, Sheyko R, Lagun E. [DNA identification of animals to detect food falsifications]. *Nauka i innovatsii*. 2020; 10. 40-45 p. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-10-40-45>
16. Minaev MYu, Lisitsyn BA, Fomina TA. [PCR methods for determining raw material components in finished products]. *Myasnaya industriya*. 2008; 6. 36-37 p.
17. Thanakiatkrai P, Dechnakaran J, Ngasaman R, Kitpipit T. Direct pentaplex PCR assay: an adjunct panel for meat species identification in Asian food products. *Food Chemistry*. 2019; Vol.271. 767-772 p. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.143>
18. Karabagias IK. Advances of spectrometric techniques in food analysis and food authentication implemented with chemometrics. *Foods*. 2020; Vol.9(11). 1550 p. <https://doi.org/10.3390/foods9111550>
19. Krivetskaya AM, Mozgova GV, Drobot NI, Ostapchik VS, Ostrovskaya AN. [Modern detecting methods for falsification of raw materials and food products, detection of unauthorized impurities in feed]. *Endless light in science*. 2024; 1. 26-32 p. <https://doi.org/10.24412/2709-1201-2024-3-5>
20. Minaev MYu, Solodovnikova GI, Kurbakov KA. [Selection of DNA matrix to substantiate the threshold level of technically irremovable impurities of poultry meat in finished meat products]. *Teoriya i praktika pererabotki myasa*. 2017; Vol.2. 1. 27-36 p. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2017-2-1-27-36>
21. Drobot NI, Ostrovskaya AN, Ostapchik VS, Mozgova GV. [Digital droplet of PCR - a high-tech approach for identification and determination of the absolute amount of target DNA]. *Suchasni tendentsii rozvitku osviti i nauki: problemi ta perspektivi: sbornik nauchnykh rabot*. 2020; issue 6. 347-352 p.
22. Komarova IN, Seregin IG, Valikhov AF. [Polymerase chain reaction - a modern method for detecting falsification of meat raw materials and products]. *Myasnaya industriya*. 2004; 2. 37-41 p.
23. Yayla MEA, Ekinici Dogan C. Development of a new and sensitive method for the detection of pork adulteration in

gelatin and other highly processed food products. Food Additives & Contaminants: Part A. 2021; Vol.38. 6. 881-891 p. <https://doi.org/10.1080/19440049.2021.1902574>

Conflict of interests

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

Authors:

Shaydullin Radik Rafailovich - Doctor of Agricultural Sciences, Head of Department of Biotechnology, Animal Husbandry and Chemistry, e-mail: tppi-kgau@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3172-3327>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Tyulkin Sergey Vladimirovich - Doctor of Biological Sciences, Head of Department, Senior Researcher, e-mail: tulsv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5379-237X>

Tatar branch of Federal Center for Animal Health, Kazan, Russia

Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbатов of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Gilemkhanov Ilnaz Yunusovich – Ph.D. of Biological Sciences, specialist, e-mail: Ilnaz_gilemkhanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1609-2889>

Valiullina Elvira Fanilevna – Ph.D. of Biological Sciences, Deputy head of Department, e-mail: 15sheff@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7244-9530>

Sadriev Aydar Radikovich – Ph.D. of Biological Sciences, Deputy director, e-mail: aidar_sadriev@mail, <https://orcid.org/0009-0007-1408-7353>

Tatar branch of Federal Center for Animal Health, Kazan, Russia.

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

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

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

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

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

Оформление статьи

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В завершении представляются выводы и рекомендации.

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

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

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

Все источники должны иметь ссылку в тексте статьи.

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

Примеры оформления ссылок в конце документа.

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

Пропускается одна строка.

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

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

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

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

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

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

Авторы предоставляют в редакцию (одновременно):

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

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

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

– аспиранты предоставляют справку подтверждающую место учебы.

Поступившие и принятые к публикации статьи не возвращаются.

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

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

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

Публикация статей в журнале платно.

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

Научный журнал

**Агробιοтехнологии
и цифровое земледелие**
№ 1 (13), 2025 г.

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

Формат 60x84/8. Тираж 500. Дата выхода в свет: 31.03.2025 год
Печать офсетная. Усл. п. л. 10,5 Заказ 11. 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