



Агробιοтехнологии и цифровое земледелие



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 4 (12) 2024 год



DOI 10.12737/2782-490X-2024-3-4

ISSN 2782-490X

ISSN 2782-490X

DOI 10.12737/2782-490X-2024-3-4



АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

AGROBIOTECHNOLOGIES AND DIGITAL FARMING

SCIENTIFIC JOURNAL

№ 4 (12)



Казань, 2024

Агробиотехнологии и цифровое земледелие

научный журнал

Институт агробиотехнологий и землепользования

Казанского государственного аграрного университета



№ 4 (12)

2024 г.

Учредитель –
Казанский
государственный аграрный
университет



Учрежден Казанским
государственным аграрным
университетом, в 2022 г.

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

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

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

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

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

Публикуется
4 раза в год

За достоверность информации
в опубликованных материалах
ответственность несут
авторы публикаций

16+

Главный редактор:

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

Заместители главного редактора:

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

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

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Члены редакционного совета:

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

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

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

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

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

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

Кучинский М.П. – доктор ветеринарных наук, доцент, заместитель директора по научной работе и иннова-
циям, НИЦ НАН Белоруссии 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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



№ 4 (12)
2024 г.

Agrobiotechnologies and digital farming

scientific journal

Institute of Agrobiotechnology and Land Management
Kazan State Agrarian University

Chief Editor:

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

Deputies of Chief Editor:

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

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

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

Members of the Editorial Committee:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Members of the Editorial Board:

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

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

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

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

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

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

Kuchinsky M.P. – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Research and Innovation, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry, Institute of Experimental Veterinary Medicine. named after S.N. Vyshel'sky (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:
PINo. FS77-82684
January 18, 2022

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

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

Published
4 times a year

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

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ

	стр.
Амиров М. Ф., Земдиханов М. М., Семенов П. Г., Шавалиева А. Т., Семенов С. Г. Эффективность применения биологических препаратов на основе штаммов эндофитных бактерий на яровой пшенице в условиях Предкамья Республики Татарстан.....	6
Гаффарова Л. Г., Халитова Э. И., Матвеева А. И. Влияние факторов интенсификации на урожайность яровой пшеницы и агрохимические свойства почв Лениногорского муниципального района Республики Татарстан	12
Гилязов М. Ю., Лукманов А. А., Зарипов Д. Ф. Уровень применения агрохимикатов и фосфатный режим пахотных почв Предволжья Республики Татарстан.....	18
Даминова А. И., Гараев Р. И., Шайхутдинов Ф. Ш., Сержанов И. М. Влияние совместного внесения органических и минеральных удобрений на продуктивность пшеницы двузернянки (полба <i>triticum dicoccum schar</i>) в условиях Предкамья Республики Татарстан	25
Егоров Л. М., Гайфуллин И. Х., Егорова О. А. Влияние сроков посадки на рост, развитие и урожайность картофеля.....	31
Сабирова Р. М., Вафин И. Х., Акеншаева А. Ж., Бахтияров Р. Р. Оценка влияния применения препаратов цитодеф-100 и гибберелона на продуктивность растений нута в условиях Республики Татарстан.....	37
Шурхаева К. Д., Абросимова Т. Н., Хуснутдинова А. Т., Шаяхметова Л. Н., Хайруллина А. Р. Экологическое сортоиспытание сои в Республике Татарстан.....	43
Яхин И. Ф. Влияние агрономических и агрохимических факторов на продуктивность орошаемой гибридной кукурузы Росс 140 СВ в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан.....	52

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Савдур С. Н., Воронцова В. Л. Системный анализ процесса очистки сточных вод животноводческих ферм.....	59
--	----

ЦИФРОВОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Логинов Н. А., Трофимов Н. В. Преимущество применения беспилотных авиационных систем при обработке полей пестицидами	68
--	----

CONTENTS

AGRONOMY

Pages

Amirov M. F., Zemdichanov M. M., Semenov P. G., Shavaliyeva A. T., Semenov S. G. Efficiency of application of biological preparations based on endophytic bacteria strains on spring wheat in the conditions of Kama region of the Republic of Tatarstan.....	6
Gaffarova L. G., Khalitova E. I., Matveeva A. I. The influence of intensification factors on spring wheat yield and agrochemical properties of soils in Leninogorsk municipal district of the Republic of Tatarstan.....	12
Gilyazov M. Yu., Lukmanov A. A., Zaripov D. F. The level of agrochemicals application and phosphate regime of arable soil of Volga region of the Republic of Tatarstan	18
Daminova A. I., Garayev R. I., Shaykhutdinov F. Sh., Serzhanov I. M. Effect of combined application of organic and mineral fertilizers on productivity of double-grain wheat (spelt triticum dicoccum schar) in conditions of Kama district of the Republic of Tatarstan.....	25
Egorov L. M., Gayfullin I. H., Egorova O. A. Influence of planting dates on growth, development and productivity of potatoes.....	31
Sabirova R.M., Vafin I.Kh., Akenshaeva A.Zh., Bakhtiyarov R.R. Evaluation of the impact of cytoceph-100 and giberelon preparations use on the productivity of chickpea plants in the conditions of the Republic of Tatarstan.....	37
Shurkhaeva K. D., Abrosimova T. N., Khusnutdinova A. T., Shayakhmetova L. N., Khayrullina A. R. Ecological varietal testing of soybean in the Republic of Tatarstan.....	43
Yakhin I. F. The influence of agronomic and agrochemical factors on the productivity of irrigated hybrid corn Ross 140 SV in the soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan.....	52

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDECINE

Savdur S. N., Vorontsova V. L. Systematic analysis of the wastewater treatment process of livestock farms.....	59
---	----

DIGITAL AGRICULTURE

Loginov N. A., Trofimov N. V. Advantages of using unmanned aerial systems in processing fields with pesticides.....	68
--	----

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА
ОСНОВЕ ШТАММОВ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ
В УСЛОВИЯХ ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН****М. Ф. Амиров, М. М. Земдиханов, П. Г. Семенов, А. Т. Шавалиева, С. Г. Семенов**

Реферат. Целью исследований была оценка эффективности различных биологических препаратов при различных методах их применения (обработка семян, обработка растений) на яровой пшенице. Объектом исследования была яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорт Бурлак. Изучались два вида эндофитных бактерий *Bacillus velezensis* KS-25 и *Bacillus velezensis* KS-31. Исследования проводили в 2022-2023 годах на базе ООО «Агробиотехнопарк» ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ». Агрохимические показатели серой лесной почвы были следующими: содержание гумуса 3,0%, содержание подвижного фосфора очень высокое (250 мг/кг по Кирсанову), содержание обменного калия повышенное (170 мг/кг). Схема полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов: контроль (без обработки); обработка семян KS-25 дозой 1 л/т; обработка семян KS-31 дозой 1 л/т; опрыскивание растений KS-25 дозой 1 л/га; опрыскивание растений KS-31 дозой 1 л/га. Повторность опыта – четырехкратная, размещение делянок последовательное, площадь каждой делянки 24 м². Сравнительно большая сухая масса корней и стебля в 2022 году была получена на варианте с обработкой семян штаммом KS-31 1 л/т и составила 3,45 и 15,24 грамма соответственно. В 2023 году лучшие показатели были получены на варианте с опрыскиванием растений штаммом KS-31 1 л/га и составили 3,26 и 14,1 граммов соответственно. Превышение сохранности всходов над контролем была получена на варианте с обработкой семян штаммом KS-25 1 л/т и увеличила этот показатель на 4,5%. При анализе структуры урожая яровой пшеницы, обнаружилось увеличение числа продуктивных стеблей на варианте с обработкой семян штаммом KS-25 1 л/т. Наибольшая масса зерна с 1 колоса была на двух вариантах, где проводилось опрыскивание растений штаммами KS-25 1 л/га и KS-31 1 л/га составившие по 0,99 граммов. Наибольшая урожайность зерна была получена на варианте с использованием штамма KS-31 при опрыскивании растений, где прибавка составила 0,35 т/га или 8,6%. На 1% уступил по урожайности вариант с опрыскиванием KS-25 1 л/га, где прибавка составила 0,31 т/га или 7,6%.

Ключевые слова: яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.), эндофитные бактерии, Бурлак, урожайность, структура урожая.

Для цитирования: Эффективность применения биологических препаратов на основе штаммов эндофитных бактерий на яровой пшенице в условиях Предкамья Республики Татарстан / М.Ф. Амиров, М.М. Земдиханов, П.Г. Семенов, А.Т. Шавалиева, С.Г. Семенов// Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. №4 (12). С. 6-11

Введение. Огромной проблемой в настоящее время является применение большого количества пестицидов. Использование пестицидов создает угрозу для здоровья человека и окружающей среды [1, 2, 3].

Исследования, проведенные в различных районах Республики Татарстан, показали, что превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по применению пестицидов может достигать до 2,7 [4].

В настоящее время увеличивается роль биологических препаратов как аналогов пестицидов для защиты растений от фитопатогенов и для преодоления различных абиотических стрессов во время вегетации культур [5, 6, 7].

Одной из групп, входящих в состав биоагентов при создании биопрепаратов, являются эндофитные бактерии [8]. Эндофитные микроорганизмы играют большую роль в процессах, происходящих в растительном организме, помогая растению-хозяину улучшать рост, проявлять устойчивость к различным абиотическим стрессам и снижать инфекционный фон при возделывании сельскохозяйственных культур [9, 10, 11].

Ведущей зерновой культурой в РФ является яровая пшеница [12, 13].

Развитие различных инфекционных болезней на яровой пшенице, а также стрессовые факторы значительно влияют на получение урожая этой культуры [14, 15].

Как показывают исследования, биологические препараты положительно влияют на экологическую пластичность, структуру и урожайность этой культуры, повышая ее качественные характеристики [16, 17, 18].

В связи с вышесказанным, целью исследований была оценка эффективности различных биологических препаратов при различных методах их применения (обработка семян, обработка растений) на яровой пшенице.

Условия, материалы и методы. Объектом исследования была яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорт Бурлак. Исследования проводились в 2022-2023 годах на базе ООО «Агробиотехнопарк» ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ». Полевые опыты проводились на типичных серых лесных почвах с содержанием в пахотном слое гумуса 3,0%, подвижного фосфора очень высокое (250 мг/кг по Кирсанову), обменного калия повышенное (170 мг/кг). Реакция почвенной среды была близка к нейтральной (рН 6,6 солевой вытяжке). Изучались два вида эндофитных бактерий *Bacillus velezensis* KS-25 и *Bacillus*

velezensis KS-31 как наиболее эффективно повлиявших на проростки в лабораторных исследованиях.

Схема полевых исследований предусматривала изучение следующих вариантов:

1. Контроль (без обработки)
2. Обработка семян KS-25 дозой 1 л/т
3. Обработка семян KS-31 дозой 1 л/т
4. Опрыскивание растений KS-25 дозой 1 л/га
5. Опрыскивание растений KS-31 дозой 1 л/га

В фазе выхода в трубку проводилось опрыскивание растений биопрепаратами. Полевые опыты закладывались в четырехкратной повторности, делянки размещали последовательно, общая площадь делянок – 24 м², учетная – по 20 м². Предшественник – чистый

пар. Во время ухода за посевами в фазе кущения яровой пшеницы для уничтожения сорняков проводили опрыскивание гербицидами Ластик Экстра КЭ и Балерина Супер СЭ (0,8 + 0,5 литра). В ходе выполнения исследований проведены наблюдения, учеты, анализ биологического урожая и его структуры методом снопа (сохранность растений, продуктивная кустистость, масса зерна, масса соломистой части образца) по методикам Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Уборку осуществляли в фазе полной спелости зерна комбайном САМПО-500. Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

В 2022 году наблюдалась благоприятная погода для развития яровой пшеницы (рис. 1).

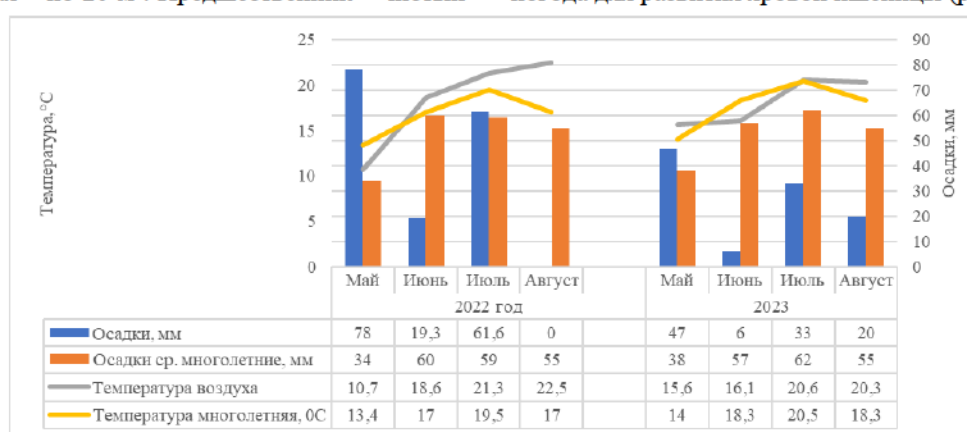


Рис. 1 - Метеорологические условия в период вегетации яровой пшеницы, 2022-2023 годы

В мае выпала двойная норма осадков из-за чего полевые работы начались позднее. Дальнейшее увеличение температуры и наличие осадков в период вегетации положительно отразилось на росте и развитии яровой пшеницы при гидротермическом коэффициенте (ГТК-1,35). 2023 год охарактеризовался ранним началом полевых работ из-за раннего прихода весны. В период вегетации наблюдалась засуха из-за повышенного температурного режима и отсутствии осадков в наиболее критические фазы развития культуры по влагообеспеченности.

Результаты и обсуждение. Накопление сухой массы растениями в фазу колошения зависела прежде всего от метеорологических условий, а также от варианта обработки (рис.2). В 2022 году сухая масса корней и стебля на варианте с обработкой семян штаммом KS-31 1 л/т была значительно выше, чем в контроле, и составила 3,45 и 15,24 грамма соответственно. В 2023 году лучшие результаты были получены при опрыскивании растений KS-31 и составили 3,26 и 14,1 граммов соответственно.

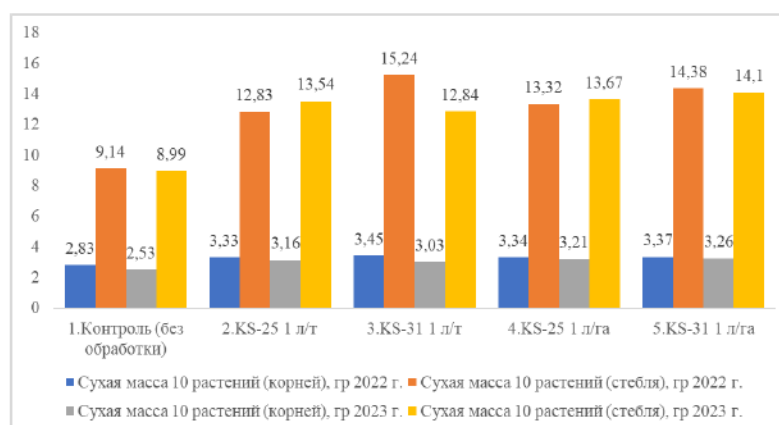


Рис. 2 – Сухая масса растений в фазу колошения в зависимости от использования штаммов KS-25 и KS-31, 2022-2023 года

АГРОНОМИЯ

На вариантах с использованием биологических препаратов наблюдалось улучшение показателей выживаемости растений (табл.1). Обработка семян штаммом KS-31 1 л/т увеличила полевую всхожесть на 1% по сравнению с контролем. Наибольшая

сохранность всходов была получена на варианте с обработкой семян штаммом KS-25 1 л/т и увеличила этот показатель на 4,5%. Варианты с опрыскиванием растений также улучшали показатели выживаемости растений.

Таблица 1 – Выживаемость всходов яровой пшеницы сорта Бурлак к уборке в зависимости от использования штаммов KS-25 и KS-31, среднее за 2022-2023 года

Вариант	Число всходов, шт./м ²	Полевая всхожесть, %	Число растений к уборке, шт./м ²	Коэффициент продуктивной кустистости	Выживаемость всходов к уборке, %
1.Контроль (без обработки)	443	73,8	348	1,29	78,5
2.KS-25 1 л/т	447	74,5	371	1,22	83,0
3.KS-31 1 л/т	449	74,8	369	1,21	82,1
4.KS-25 1 л/га	446	74,3	366	1,18	82,0
5.KS-31 1 л/га	444	74,0	362	1,2	81,5
НСР ₀₅	4,56		4,22		

Анализируя структуру урожая яровой пшеницы (табл. 2), обнаружилось увеличение количества продуктивных стеблей на варианте с обработкой семян штаммом KS-25 1 л/т. В то же время на вариантах с опрыскиванием растений штаммами KS-25 (1 л/га) и KS-31 (1 л/га) наблюдалось уменьшение этого

показателя. Высота растений, длина колоса и число зерен в колосе незначительно улучшились на всех вариантах использования биопрепаратов. Наибольшая масса зерна с одного колоса было получено на вариантах с опрыскиванием растений KS-25 1 л/га и KS-31 1 л/га, и составило 0,99 грамма на обоих вариантах.

Таблица 2 – Влияние изучаемых штаммов KS-25 и KS-31 на элементы структуры урожая яровой пшеницы сорта Бурлак среднее за 2022-2023 года

Вариант	Высота растений, см	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с 1 колоса, г
1.Контроль (без обработки)	84	445	8,3	15	26	0,91
2.KS-25 1 л/т	85	450	8,5	15	27	0,96
3.KS-31 1 л/т	87	444	8,6	15	27	0,96
4.KS-25 1 л/га	86	433	8,6	15	27	0,99
5.KS-31 1 л/га	87	433	8,7	15	27	0,99
НСР ₀₅	2,06	4,62				0,08

Анализируя структуру урожая яровой пшеницы (табл. 2), обнаружилось увеличение количества продуктивных стеблей на варианте с обработкой семян штаммом KS-25 1 л/т. В то же время на вариантах с опрыскиванием растений штаммами KS-25 (1 л/га) и KS-31 (1 л/га) наблюдалось уменьшение этого

показателя. Высота растений, длина колоса и число зерен в колосе незначительно улучшились на всех вариантах использования биопрепаратов. Наибольшая масса зерна с одного колоса было получено на вариантах с опрыскиванием растений KS-25 1 л/га и KS-31 1 л/га, и составило 0,99 грамма на обоих вариантах.

Таблица 3 – Влияние изучаемых штаммов KS-25 и KS-31 на урожайность зерна яровой пшеницы сорта Бурлак, 2022-2023 года

Вариант	Урожайность зерна, т/га		Средняя	Прибавка	
	2022 год	2023 год		т/га	%
1.Контроль (без обработки)	4,16	3,95	4,05	-	-
2.KS-25 1 л/т	4,54	4,05	4,29	0,24	5,9
3.KS-31 1 л/т	4,34	4,15	4,24	0,19	4,7
4.KS-25 1 л/га	4,47	4,25	4,36	0,31	7,6
5.KS-31 1 л/га	4,51	4,30	4,40	0,35	8,6
НСР ₀₅ , т/га	0,12	0,10			

АГРОНОМИЯ

Биологические препараты положительно влияют на качество урожая (табл. 4). На варианте с опрыскиванием растений KS-25 1 л/га, содержание сырой

клейковины увеличилось на 3,9% по сравнению с контролем. Наибольшее содержание клейковины было получено в засушливом 2023 году.

Таблица 4 – Влияние биологических препаратов на содержание сырой клейковины в зерне яровой пшеницы сорта Бурлак в 2022-2023 года

Вариант	Содержание сырой клейковины, %			± к контролю	
	2022 год	2023 год	Средняя	%	%
1.Контроль (без обработки)	21,7	32,6	27,1	-	-
2.KS-25 1 л/т	25,0	34,8	29,9	2,8	10,3
3.KS-31 1 л/т	19,0	34,2	26,6	-	-
4.KS-25 1 л/га	25,6	36,4	31,0	3,9	14,3
5.KS-31 1 л/га	23,2	34,6	28,9	1,8	6,6
HCP ₀₅ , %	0,9	0,85			

Выводы. Исследования показали, что обработка семян биопрепаратом на основе эндофитных бактерий штамма KS-25 1 л/т способствовала увеличению сохранности растений на 4,5%, урожайности на 5,9%.

Наиболее эффективным препаратом при опрыскивании вегетирующих растений был штамм KS-31 1 л/га, обеспечивший наибольшую массу зерна с 1 колоса, прибавку урожайности 0,35 т/га.

Литература

1. Brown, C. D., & Baird, D. J. (2019). Pesticide residues in cereal crops: Current knowledge and future trends. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67 (19), 5391-5402.
2. Рускевич Г. А., Гавдель А. С. Минимизация опасности непригодных и запрещенных пестицидов в Беларуси // *Экологический вестник*. 2012. № 3. С. 97-102.
3. Сластя И. В. Оценка эколого-токсикологической опасности применения пестицидов // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2023. Т. 16. № 1(76). С. 53-60. doi 10.53914/issn2071-2243_2023_1_53.
4. Гилмурахманова Д. Д. Анализ содержания пестицидов в зерновых культурах на территории Республики Татарстан // *Флагман науки*. 2024. № 5(16). С. 257-261.
5. Кирюшин В. И. Проблема экологизации земледелия в России (Белгородская модель) // *Достижения науки и техники АПК*. 2012. № 12. С. 3-9.
6. Козлова Е.А. Биологизация систем защиты сельскохозяйственных культур от болезней // *Вестник аграрной науки*. 2022. №1 (94). С. 17-22. Doi 10.17238/issn2587-666X.2022.1.17
7. The importance of natural factors in controlling the number density of pest pests / S. K.Yuldasheva, M. F. Bekchonova, D.A. Almatova, G. Askarova, K. Numonjon // *International scientific journal of Biruni*. 2022. №2. С. 114-120. Doi 10.24412/2181-2993-2022-2-114-120
8. Kuramshina Z. M., Smirnova Y. V., Khairullina R. M. Influence of bacillus subtilis and cadmium on the mycorrhization of wheat plants // *International Research Journal* 2022. №4-2 (118). С.103-106. doi 10.23670/IRJ.2022.118.4.090
9. Диабанкана Р. Ж. К., Сафин Р. И. Оценка влияния применения биопрепаратов в период вегетации на микробное семя яровой пшеницы // *Агробиотехнологии и цифровое земледелие*. 2023. № 1(5). С. 22-26. doi 10.12737/2782-490X-2023-22-26.
10. Изучение влияния эндофитных бактерий рода *Bacillus* на рост и стрессоустойчивость проростков яровой пшеницы и сои / Г. Х. Шаймуллина, Р. И. Сафин, О. А. Егорова и др. // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2023. Т. 18, № 4(72). С. 53-59. doi 10.12737/2073-0462-2023-53-59.
11. Павловская Н. Е., Тупиков Н. Ю. Действие новых биологических препаратов на хозяйственно-ценные признаки яровой пшеницы Дарья // *Вестник аграрной науки*. 2023. № 2(101). С. 40-48. doi 10.17238/issn2587-666X.2023.2.40.
12. Сафин Р. И. Современное состояние и перспективы развития производства зерновых злаковых культур в Республике Татарстан // *Роль аграрной науки в решении проблем современного земледелия: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры растениеводства и плодовоовощеводства д.с.-х.н., профессора А.А.Зиганшина.Казань.2023.С.156-162.*
13. Петрова И. Ф. Современное состояние зерновой отрасли в Приволжском федеральном округе // *Агропродовольственная политика России*. 2014. № 2(26). С. 8-12.
14. Гришечкина Л.Д. Фунгициды для защиты пшеницы яровой от семенной и почвенной инфекции // *Защита и карантин растений*. 2022. № 3. С. 13-17. doi 10.47528/1026-8634_2022_3_13
15. Эффективность двукратного применения фунгицидов на посевах озимой пшеницы / Н. Н. Глазунова, Л. В. Мазнищана, Ю. А. Безгина, А. В. Алексеев // *Агрохимический вестник*. 2013. № 1. С. 19-20.
16. Влияние предпосевной обработки семян на развитие болезней и продуктивность зерновых культур / Н. Г. Пилипенко, О. Т. Андреева, Л. П. Сидорова, Н. Ю. Харченко // *Кормопроизводство*. 2022. № 1.С.37-42.
17. Эффективность предпосевной обработки семян новых сортов яровой пшеницы биологическими препаратами и химическими протравителями. Ф. С. Султанов, А. А. Разина, О. Б. Габдрахимов, О. Г. Дятлова // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35, № 3. С. 33-38. doi 10.24411/0235-2451-2021-10306.
18. Влияние предпосевной обработки препаратами протекторного действия и минеральных удобрений на качества семян / Е. Н. Шаболкина, Л. К. Нещерет, Н. В. Анисимкина [и др.] // *Зерновое хозяйство России*. 2018. № 4(58). С. 11-14. doi 10.31367/2079-8725-2018-58-4-11-14.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Амиров Марат Фуатович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой растениеводства и плодовоовощеводства, e-mail: m.f.amirof@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8585-1186>

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

Земдиханов Минсур Миңалимович – кандидат технических наук, доцент кафедры механики, e-mail: mr.minsur@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Россия

Семенов Павел Геннадьевич – ассистент кафедры растениеводства и плодовоовощеводства, e-mail: sem_pavel_97@mail.ru

Шавалиева Азалия Тахировна – студент, e-mail: shavaliyeva2017@mail.ru

Семенов Станислав Геннадьевич – студент, e-mail: stas.semenov06@icloud.com

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

EFFICIENCY OF APPLICATION OF BIOLOGICAL PREPARATIONS BASED ON ENDOPHYTIC BACTERIA STRAINS ON SPRING WHEAT IN THE CONDITIONS OF KAMA REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

M. F. Amirov, M. M. Zemdichanov, P. G. Semenov, A. T. Shavaliyeva, S. G. Semenov

Abstract. The aim of the research was to evaluate the efficiency of various biological preparations with different methods of their application (seed treatment, plant treatment) on spring wheat. The object of the study was spring wheat (*Triticum aestivum* L.) of Burlak variety. Two types of endophytic bacteria *Bacillus velezensis* KS-25 and *Bacillus velezensis* KS-31 were studied. The studies were conducted in 2022-2023 at LLC Agrobiotechnopark of Kazan State Agrarian University. The agrochemical parameters of the gray forest soil were as follows: humus content of 3.0%, very high content of mobile phosphorus (250 mg/kg according to Kirsanov), increased content of exchangeable potassium (170 mg/kg). The field experiment design included studying the following options: control (no treatment); seed treatment with KS-25 at a dose of 1 l/t; seed treatment with KS-31 at a dose of 1 l/t; spraying plants with KS-25 at a dose of 1 l/ha; spraying plants with KS-31 at a dose of 1 l/ha. The experiment was repeated four times, the plots were placed sequentially, the area of each plot was 24 m². A comparatively higher dry weight of roots and stems in 2022 was obtained in the variant with seed treatment with KS-31 strain at a dose of 1 l/t and amounted to 3.45 and 15.24 grams, respectively. In 2023 the best indicators were obtained in the variant with spraying plants with KS-31 strain at a dose of 1 l/ha and amounted to 3.26 and 14.1 grams, respectively. An excess of seedling survival over the control was obtained in the variant with seed treatment with KS-25 strain at a dose of 1 l/t and increased this indicator by 4.5%. When analyzing the structure of the spring wheat yield, an increase in the number of productive stems was found in the variant with seed treatment with KS-25 strain at a dose of 1 l/t. The highest grain weight per ear was obtained in two variants where plants were sprayed with strains KS-25 at a dose of 1 l/ha and KS-31 at a dose of 1 l/ha, which amounted to 0.99 grams each. The highest grain yield was obtained in the variant using strain KS-31 when spraying plants, where the increase was 0.35 t/ha or 8.6%. The variant with spraying KS-25 at a dose of 1 l/ha was 1% lower in yield, where the increase was 0.31 t/ha or 7.6%.

Key words: spring wheat (*Triticum aestivum* L.), endophytic bacteria, Burlak, yield, yield structure.

For citation: Efficiency of application of biological preparations based on endophytic bacteria strains on spring wheat in the conditions of Kama region of the Republic of Tatarstan// M.F. Amirov, M.M. Zemdichanov, P.G. Semenov, A.T. Shavaliyeva, S.G. Semenov. Agrobiotechnology and digital agriculture. 2024; 4 (12). 6-11 p.

References

1. Brown CD & Baird DJ. Pesticide residues in cereal crops: Current knowledge and future trends. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 67 (19). 2019; 5391-5402 p.
2. Ruskevich GA, Gavdel AS. [Minimizing the danger of obsolete and banned pesticides in Belarus]. Ekologicheskiy vestnik. 2012; 3. 97-102 p.
3. Slasya IV. [Assessment of the ecological and toxicological danger of pesticide use]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.16. 1(76). 53-60 p. doi: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_53.
4. Gilmurakhmanova DD. [Analysis of the content of pesticides in grain crops in the Republic of Tatarstan]. Flagman nauki. 2024; 5(16). 257-261 p.
5. Kiryushin VI. [The problem of greening agriculture in Russia (Belgorod model)]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2012; 12. 3-9 p.
6. Kozlova EA. [Biologization of crop protection systems from diseases]. Vestnik agrarnoy nauki. 2022; 1 (94). 17-22 p. Doi 10.17238/issn2587-666X.2022.1.17
7. Yuldasheva SK, Bekchonova MF, Almatova DA, Askarova G, Numonjon K. The importance of natural factors in controlling the number density of pest pests. International scientific journal of Biruni. 2022; 2. 114-120 p. Doi 10.24412/2181-2993-2022-2-114-120
8. Kuramshina ZM, Smirnova YV, Khayrullina RM. Influence of bacillus subtilis and cadmium on the mycorrhization of wheat plants. International Research Journal 2022; 4-2 (118). 103-106 p. doi 10.23670/IRJ.2022.118.4.090
9. Diabankana RZhK, Safin RI. [Assessing 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.
10. Shaymullina GK, Safin RI, Egorova OA. [Study of the effect of endophytic bacteria of Bacillus genus on the growth and stress resistance of spring wheat and soybean seedlings]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 4(72). 53-59 p. doi: 10.12737/2073-0462-2023-53-59.
11. Pavlovskaya NE, Tupikov NYu. [Effect of new biological preparations on economically valuable traits of spring wheat Darya]. Vestnik agrarnoy nauki. 2023; 2(101). 40-48 p. doi: 10.17238/issn2587-666X.2023.2.40.
12. Safin RI. [Current state and prospects for the development of grain crop production in the Republic of Tatarstan. The role of agricultural science in solving the problems of modern agriculture]. Sbornik trudov vsereossiyskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati professora kafedry rasteniyevodstva i plodoovoshchevodstva d.s.-kh.n., professora A.A. Ziganshina. Kazan. 2023; 156-162 p.
13. Petrova IF. [Current state of grain industry in Volga Federal District]. Agroproduktivnaya politika Rossii. 2014; 2(26). 8-12 p.

14. Grishechkina LD. [Fungicides for the protection of spring wheat from seed and soil infection]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2022; 3. 13-17 p. doi 10.47528/1026-8634_2022_3_13
15. Glazunova NN, Maznitsyna LV, Bezgina YuA, Alekseev AV. [Efficiency of double application of fungicides on winter wheat crops]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2013; 1. 19-20 p.
16. Pilipenko NG, Andreeva OT, Sidorova LP, Kharchenko NYu. [The effect of pre-sowing seed treatment on the development of diseases and productivity of grain crops]. *Kormoproduktstvo*. 2022; 1. 37-42 p.
17. Sultanov FS, Razina AA, Gabdrakhimov OB, Dyatlova OG. [Efficiency of pre-sowing seed treatment of new varieties of spring wheat with biological preparations and chemical seed treatment agents]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2021; Vol.35. 3. 33-38 p. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10306.
18. Shabolkina EN, Neshcheret LK, Anisimkina NV. [Effect of pre-sowing treatment with protective agents and mineral fertilizers on seed quality]. *Zemovoe khozyaystvo Rossii*. 2018; 4(58). 11-14 p. doi: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-11-14.

Conflict of interest

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

Authors:

Amirov Marat Fuatovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Crop and Horticulture, e-mail: m.f.amirof@rambler.ru , <https://orcid.org/0000-0001-8585-1186>
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
 Zemdikhanov Minsur Minalimovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanics, e-mail: mr.minsur@mail.ru
 Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia
 Semenov Pavel Gennadievich – Assistant of the Department of Crop and Horticulture, e-mail: sem_pavel_97@mail.ru
 Shavaliyeva Azaliya Tahirovna – student, e-mail: shavaliyeva2017@mail.ru
 Semenov Stanislav Gennadievich - student, e-mail: stas.semenov06@icloud.com
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ЛЕНИНОГОРСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**Л. Г. Гаффарова, Э. И. Халитова, А. И. Матвеева**

Реферат. В научной статье выявлена взаимосвязь между содержанием подвижного фосфора и калия и урожайностью яровой пшеницы во временном ряду на примере Лениногорского муниципального района за 48 лет (1976-2023 года). Погодно-климатические условия района пригодны для выращивания различных агрокультур, в частности продовольственного зерна. Сумма положительных активных температур равна 2168°C. Было установлено, что внесение минеральных и органических удобрений привело к повышению обеспеченности пахотных почв района подвижным фосфором и калием до 2001 года, в последующие годы отрицательный тренд. Содержание подвижных форм фосфора возросло с 62 до 165,0 мг/кг (по методу Чирикова) почвы к седьмому туру (2001-2007 года), а содержание подвижного калия повысилось с 101 до 151,4 мг/кг (по методу Чирикова) почвы. В содержании подвижного калия наблюдается планомерное повышение показателей от 108,0 (2008-2010 года) до 118,0 (2018-2019 года) мг/кг почвы, в последнем туре выявлено повышение до 131,0 мг/кг. С минеральными и органическими удобрениями было внесено в почву пашни за 48 лет азота – 3417,6 кг/га, фосфора – 1678,6 кг/га и калия – 1846,2 кг/га, при этом баланс азота и подвижного калия – отрицательный, за исключением фосфора (+506 кг д.в./га). Результаты статистической обработки данных показали достоверную корреляцию между фактической урожайностью яровой пшеницы и содержанием подвижных форм фосфора и калия, равную 0,29-0,30 соответственно. За счет комплексного применения минеральных и органических удобрений заметна стабилизация содержания основных элементов питания в пахотных почвах Лениногорского района и рост урожая яровой пшеницы до 2011 года. Далее урожайность яровой пшеницы варьирует в небольшом диапазоне 2,06 – 2,11 т/га.

Ключевые слова: подвижный фосфор, подвижный калий, интенсификация земледелия, плодородие, урожайность.

Для цитирования: Гаффарова Л.Г., Халитова Э.И., Матвеева А.И. Влияние факторов интенсификации на урожайность яровой пшеницы и агрохимические свойства почв Лениногорского муниципального района Республики Татарстан // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2024. № 4(12). С. 12-17

Введение. Одним из важнейших факторов, обеспечивающих продовольственную безопасность, является интенсификация сельскохозяйственного производства, рациональное использование земельных ресурсов и повышение их продуктивности [1, 2].

В эпоху становления земледелия продуктивность пашни не превышала производительную способность естественных угодий.

В настоящее время, в результате научно технического прогресса и развития производства, наблюдается увеличение продуктивности сельскохозяйственных культур, в основе которой заложен результат интенсивной химизации [3, 4].

Длительное антропогенное воздействие может отрицательно сказываться на плодородии почв, отмечается уменьшение запасов органического вещества и подвижных элементов питания в почве, что существенно сказывается на количестве валового сбора и качестве урожая сельскохозяйственных культур [5, 6, 7]. При применении возрастающих доз минеральных удобрений удается компенсировать недостаток элементов питания в почве и улучшить качественные показатели зерна [7, 8, 9].

Применение высоких доз фосфорных и калийных удобрений приводит к накоплению их в почве и в меньшей степени влияет на долевое участие в формировании урожая, в особенности на черноземных почвах, где

наблюдается высокое содержание фосфора и калия, а при ухудшении агрохимического состояния влияние удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур возрастает в среднем до 30-40% [10, 11, 12].

Результаты агрохимического обследования почв, а также расчёт баланса основных элементов питания в почвах хозяйств позволит научно обосновать объемы потребности в удобрениях на ближайшие годы и перспективу [13].

В почвах Республики Татарстан в последние годы отмечается отрицательный баланс фосфора начиная с 1996 года, связано это с тем, что резко снижено поступление этого элемента с минеральными и органическими удобрениями. Так степень восполнения в последние годы легкоусвояемых растениями фосфатов составляет 52-84% и складывается отрицательный баланс фосфора [3].

При этом основным источником поступления в почву фосфатов остаются минеральные удобрения и перспективным источником является местная фосфоритная мука, оказывающая эффективное действие на урожайность сельскохозяйственных культур и улучшение фосфатного режима почв [2, 3].

В первые туры агрохимического обследования в почвах Республики Татарстан отмечалось повышенное и высокое содержание подвижного калия в особенности в черноземной зоне, что составляло до 66% территории.

В последующих турах содержание подвижного калия постепенно растет вплоть до 1997 года и в этот период зафиксировано наибольшее внесение органических и минеральных удобрений. В дальнейшем последующие годы наблюдается стабилизация показателей в почве или постепенный рост в отдельных районах республики [1, 3].

Для дерново-подзолистых и серых лесных почв приняты оптимальные значения по содержанию подвижного калия в пределах выше 170 мг/кг, а на черноземах более 120 мг/кг, такой уровень соответствует зоне Закамья. Но для получения высоких урожаев как отмечал Д.Н. Прянишников при наличии небольшого дефицита азота и калия компенсация происходит в результате несимбиотической азотфиксации из атмосферы и высвобождения калия в результате внутрипочвенного выветривания минералов [3].

При положительном балансе калия и тяжелом гранулометрическом составе постепенно происходит накопление необменных соединений калия, а при отрицательном балансе происходит обратный процесс [3].

Цель исследования. Выявление взаимосвязи между содержанием подвижного фосфора и калия и урожайностью яровой пшеницы во временном ряду на примере Лениногорского муниципального района.

Условия, материалы и методы. География района в целом благоприятная: Лениногорский район расположен в восточной части Республики Татарстан и является самым теплым. Сумма положительных активных температур равна 2168°C. Погодноклиматические условия пригодны для выращивания различных агрокультур, в частности продовольственного зерна [14]. Погодные условия по циклам варьируют незначительно, так количество осадков за вегетационный период находилось в пределе от 312 до 409 мм, но в отдельные годы может быть их не равномерное распределение по месяцам. Исключением являются 1981 и 2010 года с минимальным количеством осадков и низкой урожайностью. Почвенный покров представлен черноземными почвами, со сложной структурой почвенного покрова в следствие выхода слоистых пермских отложений разного гранулометрического состава, с присутствием щебня. Черноземы, обладая высоким уровнем естественного плодородия, накапливают элементы питания при внесении удобрений. В общей площади пашни черноземы составляют 100%. Из них на долю выщелоченных приходится -86,9%, карбонатных -10,6% и типичных -2,5% [15, 16].

Динамика агрохимических показателей, факторы интенсификации и урожайность яровой пшеницы анализировалась за период с 1976 по 2023 годы (II- XII туры).

В оценке влияния факторов интенсификации и агрохимических показателей почв на

урожайность яровой пшеницы применялись методы математической статистики [17].

Результаты и обсуждение. В Республике Татарстан начальным периодом интенсификации земледелия принято считать 1950-1960 года. Применение высоких доз минеральных и органических удобрений становится главным фактором интенсификации.

С 1976 по 2023 год количество органических удобрений, вносимых на 1 га пашни в Лениногорском муниципальном районе, составляло от 0,5 до 6,4 т. Наибольшие показатели отнесены во второй половине 1990-х годов (табл. 1).

Анализ показал, что во II туре применение минеральных удобрений приходилось на уровне 69,9 кг д.в. на гектар пашни. В последующем наблюдается заметное повышение внесения минеральных удобрений к V туру, когда достигло 186,8 кг д.в. на каждый гектар пашни. В последних трех турах темпы применения минеральных удобрений снижались с 103,7 до 31,2 кг д.в./га достигая минимальных значений за анализируемый период.

Известкование кислых почв также является фактором интенсификации. Площади известкования менялись ежегодно и колебались в широком интервале от 0,6 до 11,8 тыс. гектаров. Наивысшие показатели установлены в 1990-ые годы.

Данные по яровой пшеницы показывают изменение урожайности от 1,19 т/га до 3,35 т/га в среднем по турам обследования. В третьем цикле средняя урожайность яровой пшеницы снижена, предположительно за счет неравномерного поступления осадков в весенний период (1,24 т/га), IV и V туры – выраженный и максимальный прирост до 2,11 т/га, с VIII по XII туры – тенденция к стабилизации – с 2,32 т/га до 2,15 т/га (табл. 1).

В связи с тем, что азотные удобрения не имеют выраженного последствие, данные по содержанию минерального легкоподвижного азота в работе не представлены.

Фосфор и калий имеют выраженное последствие, так как способны к аккумуляции в почве при внесении в пахотном горизонте и частично в нижележащих.

Механизм аккумуляции фосфора связан с образованием труднорастворимых фосфатов и их прочном закреплении в верхней части профиля. Многочисленные агрохимические исследования и мониторинг показывает природу накопления фосфора в почвах [1, 2, 18].

Калий также накапливается в почвах. Несмотря на то, что калий минеральных удобрений хорошо растворим и подвижен, он способен фиксироваться почвенно-поглощающим комплексом, что защищает его от миграции вниз по профилю, то есть от вымывания [19].

АГРОНОМИЯ

Таблица 1 - Ретроспектива применения минеральных и органических удобрений в пахотных почвах и урожайность яровой пшеницы в среднем по циклам обследования в Лениногорском муниципальном районе Республики Татарстан

Циклы и годы	Фактическая урожайность, т/га	Внесение мин. удобрений, кг д.в./га	Внесение орг. удобрений, т/га
II(1976-1982)	1,19	69,9	4,1
III (1983-1987)	1,69	98,6	5,9
IV(1988-1992)	1,24	161,8	6,4
V(1993-1997)	3,35	186,8	5,1
VI(1998-2000)	1,76	103,7	4,5
VII(2001-2007)	2,73	57,2	3,9
VIII(2008-2010)	2,32	31,2	0,7
IX(2011-2014)	2,1	55,6	0,9
X(2015-2017)	2,11	45,8	0,8
X(2018-2019)	2,06	40,0	0,9
XII (2020-2023)	2,15	56,9	0,5
Сумма	98,6	4197,2	167,8

На протяжении всего периода наблюдения содержания подвижных фосфора и калия возрастало до VII (исключение III тур по содержанию подвижного калия), а в последующие туры агрохимического обследования волнообразный характер в небольшом интервале значений (табл.2). Так, содержание подвижного фосфора и подвижного калия неуклонно возрастает с момента наблюдения до 2001 года. С 1976 года содержание P_2O_5 составило

62,0 мг/кг, а K_2O 101 мг/кг (повышенное содержание). К 2001 году эти показатели повысились до 165,0 и 151,4 мг/кг соответственно (высокая степень обеспеченности).

Известно, что кислотность почв оказывает существенное влияние на доступность и количество агрохимических показателей. Почвы района в основном имеют близкую к нейтральной и слабокислую среду (табл. 2).

Таблица 2 - Содержание элементов питания в Лениногорском муниципальном районе Республики Татарстан

Циклы и годы	Средневзвешенное содержание P_2O_5 , мг/кг	Средневзвешенное содержание K_2O , мг/кг	pH солевой вытяжки
II(1976-1982)	62,0	101,0	5,3
III (1983-1987)	87,0	97,0	5,4
IV(1988-1992)	112,0	106,0	5,5
V(1993-1997)	145,7	115,6	5,5
VI(1998-2000)	145,4	124,4	5,5
VII(2001-2007)	165,0	151,4	5,7
VIII(2008-2010)	134,4	108,3	5,9
IX(2011-2014)	130,1	124,8	6,1
X(2015-2017)	133,6	123,0	6,1
X(2018-2019)	134,3	118,0	6,1
XII (2020-2023)	132,0	131,0	6,2

С 1976 по 2023 года с минеральными и органическими удобрениями в пахотные почвы Лениногорского муниципального района было внесено: азота – 3417,6 кг/га, фосфора –

1678,6 кг/га и калия – 1846,2 кг/га, а также было установлено, что баланс всех основных элементов питания — отрицательный, за исключением фосфора (+506 кг д.в. /га).

Баланс элементов питания по содержанию подвижного фосфора в пашне Лениногорского муниципального района стабильный, с небольшими колебаниями, а содержание подвижного калия, наоборот постепенно снижалось до 2020 года, в последнем туре обследования наблюдается повышение.

Концентрация подвижного калия имеет тенденцию к повышению с 101,0 мг до 131,0 мг на кг почвы и колебаниями в разных турах. Однако, в настоящее время для сохранения положительного баланса требуется внесение полных норм калийных удобрений.

Таблица 3 - Баланс элементов питания под яровой пшеницей в пахотных угодьях Лениногорского муниципального района (1976-2023 года)

Показатель	N	P	K	Всего
Приходная статья баланса, кг д.в./га				
Минеральные удобрения	2098,6	1259,2	839,4	4197,2
Органические удобрения	839	419,5	1006,8	2265,3
Осадки, пыль, фиксация азота микроорганизмами и др.	480,0	-	-	480,0
Всего	3417,6	1678,7	1846,2	6942,5
Расходная статья баланса, кг д.в./га				
На формирование урожая	3419,1	1172,3	2442,2	7033,6
Прибавка +, -	-1,5	+506	-596	-91,1

Статистическая обработка данных показала достоверную корреляцию фактической урожайности яровой пшеницы и содержания подвижного калия и фосфора с коэффициентами 0,29-0,30 соответственно (при $p=48$). Полученные уравнения регрессии имеют вид (1, 2):

$$Уф = 0,024 \times P205 - 0,69 \quad (1),$$

$$Уф = -0,58 \times K20 + 9,58 \quad (2).$$

Выводы. 1. Содержание подвижных элементов питания и урожайность яровой пшеницы взаимосвязаны, коэффициенты корреляции достоверны и равны 0,29-0,30. Сельхозугодья Лениногорского района представлены

черноземами, и они, обладая высоким уровнем естественного плодородия, накапливают элементы питания при внесении удобрений.

2. За счет комплексного применения минеральных и органических удобрений заметно стабильное содержание в последних турах (VIII–XII по содержанию подвижного фосфора и с IX–XII по содержанию подвижного калия) основных элементов питания в пахотных почвах Лениногорского района и рост урожая сельскохозяйственных культур в целом.

3. Необходимо обеспечивать положительный баланс азота и калия, а также органического вещества почвы, с учетом потерь.

Литература

1. Справочник агрохимика / И.Д. Давлятшин, М.Ю. Гилязов, А.А. Лукманов и др. Казань: ООО «МеДДо», 2013. 300 с.
2. Справочник агрохимика Республики Татарстан / П.А. Чекмарев, А.А. Лукманов, И.Д. Давлятшин и др. Казань: ИП Шайхутдинова А.И., 2015. 324 с.
3. Лукманов А.А. Эколого-агрохимические основы плодородия почв Республики Татарстан Казань: Логос-Пресс, 2024. 272с. ISBN:978-5-00205-060-4
4. Лукин С. В. Мониторинг плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземного района России // Агрохимия. 2021. № 3. С. 3-14. doi: 10.31857/S000218812103011X.
5. Шафран С. А. Вклад минеральных удобрений в формирование урожайности полевых культур (сообщение 2). Фосфорные и калийные удобрения // Агрохимия. 2021. № 8. С. 9-16. doi:10.31857/S0002188121080123.
6. Шафран С. А. Козенчева, Е. С. Роль плодородия почв и сорта в повышении урожайности зерновых культур // Агрохимия. 2024. № 2. С. 84-94. doi:10.31857/80002188124020105.
7. Конишев А.А., Гарифуллин И.И., Конишева Е.Н. Анализ приемов повышения продуктивности зерновых культур для снижения межгодовой вариации их урожайности //Агрохимия. 2024. №2 С.95-102. DOI: 10.31857/80002188124020118.
8. Амиров М. Ф. Толокнов Д. И. Формирование урожая яровой пшеницы в зависимости от использования минеральных удобрений, микроэлементов и гербицида в условиях республики Татарстан // Плодородие. 2020. № 3(114). С. 6-9. doi:10.25680/S19948603.2020.114.01.
9. Влияние антропогенной нагрузки на изменение агробиологических свойств почвы, урожайность и качество зерна яровой пшеницы / Н.А. Селезнева, А. Г. Тишкова, Т. Н. Федорова, Т. А. Асеева // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2021. № 3(217). С. 113-118. doi:10.37102/0869-7698_2021_217_03_18.
10. 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, Г. С. Миннуллин // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 2(46). С. 34-41.
11. Влияние фосфорных удобрений при известковании дерново-подзолистой почвы на качество зерна озимой пшеницы и ярового ячменя / Н.А. Кирпичников, С. П. Бижан, Е. Н. Старостина [и др.] // Агрохимический вестник. 2022. № 2. С. 22-27. doi:10.24412/1029-2551-2022-2-004.
12. Миникаев Р. В., Фасхутдинов Ф. Ш., Михайлова М. Ю. Управление факторами почвенного

плодородия в условиях Республики Татарстан // Агроботехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 4(4). С. 34-39. doi:10.12737/2782-490X-2022-34-39.

13. Бадин А. Е., Логошина Т. П. Мониторинг плодородия почв Тамбовской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 10. С. 18-21. doi:10.24411/0235-2451-2019-11004.

14. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ / О.П. Ермолаев, М.Е. Игонин, А.Ю. Бубнов и др. / Казань: «Слово», 2007. с. 411

15. Красная книга Республики Татарстан. / А.Б. Александрова, Н.А. Бережная, Б.Р. Григорян и др. – Казань: ИЗД-во «Фолант» 2012. 192 с.

16. Гаффарова Л. Г., Беляев С. М. Особенности структуры почвенного покрова северной части Актай-Шенталинского ландшафтного низменного района // Агроботехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 1 (5). С. 17-21. doi:10.12737/2782-490X-2023-17-21.

17. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Книжный дом «ЛИБРИКОРМ», 2019. 334с. ISBN:978-5-397-06493-4

18. Агрохимическое состояние пахотных почв и урожайность озимой ржи ООО "Дуслык" Балтасинского района Республики Татарстан / К. Р. Гарафутдинова, Л. Г. Гаффарова, Е. А. Прищепенко, Г. Ф. Рахманова // Владимирский земледелец. 2020. № 3(93). С. 8-11. doi:10.24411/2225-2584-2020-10124.

19. Характер и сила корреляции урожайности яровой пшеницы с почвенными факторами в условиях серой лесной почвы / А. Р. Сержанова, М. Ю. Гилязов, Ф. Ш. Шайхутдинов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, No 2(70). С. 42-49. doi:10.12737/2073-0462-2023-42-49.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Гаффарова Лилия Абдулбаровна - кандидат биологических наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: gaffarovalylya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3511-7378>

Халитова Эльвина Ильдаровна - аспирант, e-mail: lero-12@yandex.ru

Матвеева Анастасия Игоревна - студент, e-mail: anastasia.matveeva02@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

THE INFLUENCE OF INTENSIFICATION FACTORS ON SPRING WHEAT YIELD AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS IN LENINOGORSK MUNICIPAL DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN L. G. Gaffarova, E. I. Khalitova, A. I. Matveeva

Abstract. The article reveals the relationship between the content of mobile phosphorus and potassium and spring wheat yield in a time series using the example of Leninogorsk municipal district for 48 years (1976-2023). The weather and climatic conditions of the district are suitable for growing various agricultural crops, in particular food grain. The sum of positive active temperatures is 2168°C. It was found that the introduction of mineral and organic fertilizers led to an increase in the supply of arable soils of the district with mobile phosphorus and potassium until 2001, in subsequent years a negative trend. The content of mobile phosphorus forms increased from 62 to 165.0 mg/kg (according to Chirikov method) of soil by the seventh round (2001-2007), and the content of mobile potassium increased from 101 to 151.4 mg/kg (according to Chirikov method) of soil. In the content of mobile potassium, a systematic decrease in indicators is observed from 108.0 (2008-2010) to 118.0 (2018-2019) mg/kg of soil, in the last round an increase to 131.0 mg/kg was revealed. With mineral and organic fertilizers, 3417.6 kg/ha of nitrogen, 1678.6 kg/ha of phosphorus and 1846.2 kg/ha of potassium were introduced into the arable soil over 48 years, while the balance of nitrogen and mobile potassium is negative, with the exception of phosphorus (+506 kg active ingredient/ha). The results of statistical data processing showed a reliable correlation between the actual spring wheat yield and the content of mobile forms of phosphorus and potassium, equal to 0.29-0.30, respectively. Due to the complex use of mineral and organic fertilizers, the stabilization of basic nutrients content in arable soils of Leninogorsk district and an increase in the yield of spring wheat until 2011 are noticeable. Further, the spring wheat yield varies in a small range of 2.06 - 2.11 t/ha.

Key words: mobile phosphorus, mobile potassium, intensification of agriculture, fertility, productivity.

For citation: Gaffarova L.G., Khalitova E.I., Matveeva A.I. The influence of intensification factors on spring wheat yield and agrochemical properties of soils in Leninogorsk municipal district of the Republic of Tatarstan. Agrobiotechnology and digital agriculture. 2024. No. 4 (12). 12-17 p.

References

1. Davlyatshin ID, Gilyazov MYu, Lukmanov AA. Spravochnik agrokhimika. [Agrochemistry's handbook]. Kazan: OOO "MeDDok". 2013; 300 p.
2. Chekmarev PA, Lukmanov AA, Davlyatshin ID. Spravochnik agrokhimika Respubliki Tatarstan. [Agrochemistry's handbook of the Republic of Tatarstan]. Kazan: IP Shaykhutdinova A.I. 2015; 324 p.
3. Lukmanov AA. Ekologo-agrokhimicheskie osnovy plodorodiya pochv Respubliki Tatarstan. [Ecological and agrochemical basis of soil fertility of the Republic of Tatarstan]. Kazan: Logos-Press. 2024; 272 p. ISBN:978-5-00205-060-4
4. Lukin SV. [Monitoring fertility of arable soils of the south-western part of the Central Chemozem district of Russia]. Agrokimiya. 2021; 3. 3-14 p. doi:10.31857/S000218812103011X.
5. Shafran SA. [Contribution of mineral fertilizers to the field crop yield formation (message 2). Phosphorus and potassium fertilizers]. Agrokimiya. 2021; 8. 9-16 p. doi:10.31857/S0002188121080123.
6. Shafran SA, Kozeycheva ES. [The role of soil fertility and variety in increasing the crops yield]. Agrokimiya. 2024; 2. 84-94 p. doi:10.31857/80002188124020105.
7. Konishchev AA, Garifullin II, Konishcheva EN. [Analysis of techniques of increasing crops yield to reduce the interannual variation of its productivity]. Agrokimiya. 2024; 2. 95-102 p. DOI: 10.31857/80002188124020118.
8. Amirov MF, Toloknov DI. [Formation of spring wheat yield depending on the use of mineral fertilizers, trace elements and herbicide in the conditions of the Republic of Tatarstan]. Plodorodie. 2020; 3(114). 6-9 p. doi:10.25680/S19948603.2020.114.01.
9. Selezneva NA, Tishkova AG, Fedorova TN, Aseeva TA. [Influence of anthropogenic load on changes in soil agro-biological properties, productivity and quality of spring wheat grain]. Vestnik Dalnevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. 2021; 3(217). 113-118 p. doi:10.37102/0869-7698_2021_217_03_18.
10. Mikhaylova MYu, Gilyazov MYu, Nizamov RM, Minnullin GS. [The role of macro- and microfertilizers in in-

creasing the yield and quality of green mass of corn on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2023; 2(46). 34-41 p.

11. Kirpichnikov NA, Bizhan SP, Starostina EN. [The influence of phosphorus fertilizers during liming of turf-podzole soil on the quality of grain of winter wheat and spring barley]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2022; 2. 22-27 p. doi:10.24412/1029-2551-2022-2-004.

12. 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. DOI10.12737/2782-490X-2022-34-39.

13. Badin AE, Logoshina TP. [Monitoring of soil fertility of Tambov region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019; Vol.33. 10. 18-21 p. doi:10.24411/0235-2451-2019-11004.

14. Ermolaev OP, Igonin ME, Bubnov AYU. Landshafty Respubliki Tatarstan. Regionalnuy landshaftno-ekologicheskiy analiz. [Landscapes of the Republic of Tatarstan. Regional landscape and ecological analysis]. Kazan: Slovo. 2007; 411 p.

15. Aleksandrova AB, Berezhnaya NA, Grigoryan BR. Krasnaya kniga Respubliki Tatarstan. [Red book of the Republic of Tatarstan]. Kazan: IZD-vo "Foleant". 2012; 192 p.

16. Gaffarova LG, Belyaev SM. [Features of the structure of the soil cover of the northern part of the Aktay-Shentalinsky landscape lowland area]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie*. 2023; 1(5). 17-21 p. doi:10.12737/2782-490X-2023-17-21.

17. Dmitriev EA. Matematicheskaya statistika v pochvovedenii. [Mathematical statistics in soil science]. Moscow: Knizhnuy dom "LIBRIKORM". 2019; 334 p. ISBN:978-5-397-06493-4

18. Garafutdinova KR, Gaffarova LG, Prishchepenko EA, Rakhmanova GF. [Agrochemical state of arable soils and winter rye yield of LLC "Duslyk" of Baltasi district of the Republic of Tatarstan]. *Vladimirskiy zemledelets*. 2020; 3(93). 8-11 p. doi:10.24411/2225-2584-2020-10124.

19. Serzhanova AR, Gilyazov MYu, Shaykhutdinov FSh. [Nature and strength of spring wheat yield correlation with soil factors in gray forest soil conditions]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; Vol.18. 2 (70). 42-49 p. doi:10.12737/2073-0462-2023-42-49.

Conflict of interest

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

Authors:

Gaffarova Liliya Abdulbarovna – Ph.D. of Biological sciences, Associate Professor of Agrochemistry and soil science Department, e-mail: gaffarovalylya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3511-7378>

Khalitova Elvina Ildarovna – student, e-mail: lero-12@yandex.ru

Matveeva Anastasia Igorevna – student, e-mail: anastasia.matveeva02@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

УРОВЕНЬ ПРИМЕНЕНИЯ АГРОХИМИКАТОВ И ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ПРЕДВОЛЖЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**М. Ю. Гилязов, А. А. Лукманов, Д. Ф. Зарипов**

Реферат. Целью исследования являлась оценка динамики фосфатного режима почв и установление её зависимости от уровня применения удобрений и химических мелiorантов. Объектом исследования стали пахотные почвы Предволжья Республики Татарстан (РТ), расположенные на правом берегу р. Волга. Данный регион занимает северо-восточную часть Приволжской возвышенности и составляет около 15 % от площади республики. Находясь в переходной полосе между таёжно-лесной и степной зонами Предволжье республики характеризуется широким распространением серых лесных почв и лесостепных черноземов. Анализированы материалы агрохимической службы по РТ (ФГБУ ЦАС «Татарский») за 1965-2022 года. Подвижные формы фосфора определены стандартными методами в зависимости от типовых особенностей почв: по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011), Чирикову (ГОСТ 26204-91), Мачигину (ГОСТ 26205-91). Установлено, что по циклам агрохимического обследования содержание подвижных форм фосфора в почвах пашни Предволжья заметно колебалось: если в течение первого периода (1965-2000 года) происходило уверенное повышение подвижных форм фосфора (с 93 до 161 мг/кг), то в дальнейшем (2000-2022 года) происходит снижение (с 161 до 137 мг/кг). Все агрохимические приемы – внесение минеральных и органических удобрений, фосфоритование и известкование на накопление подвижных форм фосфора оказали положительное влияние. По значимости положительного влияния на средневзвешенное содержание подвижных форм фосфора в почвах Предволжья исследованные агрохимические приемы расположились в следующий убывающий ряд: внесение минеральных удобрений, затем известкование, далее фосфоритование и, наконец, внесение органических удобрений.

Ключевые слова: агрохимическое обследование почв, подвижный фосфор, корреляция, минеральные удобрения, органические удобрения, известкование, фосфоритование.

Для цитирования: Гилязов М.Ю., Лукманов А.А., Зарипов Д.Ф. Уровень применения агрохимикатов и фосфатный режим пахотных почв Предволжья Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. № 4 (12). С. 18-24

Введение. Фосфор – абсолютно необходимый макроэлемент для всех живых организмов, в том числе для высших растений. Фосфор принимает деятельное участие во всех жизненно важных обменных процессах веществ и энергии в организме растений и недостаток его очень часто становится лимитирующим фактором величины и качества урожая сельскохозяйственных культур [1]. Поэтому обеспеченность почв доступными формами фосфора является важнейшим критерием плодородия почв сельскохозяйственных земель как в целом РФ [2, 3, 4, 5], так и РТ [6].

Общие запасы фосфора в пахотных слоях почв существенно меньше почвенных запасов азота и калия [5, 6]. Кроме того, «для питания растений важно содержание не валового, а подвижных форм фосфора, ибо именно они являются доступными растениям. К сожалению, основное количество общего почвенного фосфора малодоступно растениям» [6,7]. Для оценки обеспеченности почв различных типов и подтипов доступными формами фосфора агрохимическая служба страны в основном использует методы Кирсанова, Чирикова и Мачигина [8], которые «в основном адекватно отражают динамику содержания подвижных фосфатов при применении различных доз удобрений, позволяют правильно прогнозировать эффективность фосфорных удобрений и определить их потребность для получения планируемой урожайности сельскохозяйственных культур» [9].

«Содержание подвижных фосфатов в почве зависит от многих факторов, таких как типовое и подтиповое положение почв, гранулометрический состав, гумусированность, кислотность, водный и температурный режимы, содержание подвижных соединений железа и алюминия и др.» [10, 11]. Немаловажную роль в обеспечении растений подвижными формами фосфора играют многочисленные почвенные микроорганизмы [12]. Они, с одной стороны, поглощают минеральные формы фосфора и превращают их в органические вещества, которые непосредственно растения не поглощают. С другой стороны, минерализуя органические соединения, микроорганизмы делают фосфор доступным для растений [13]. Понятно, что активность микроорганизмов в огромной степени обуславливается температурным и водным режимами, поэтому эти режимы многими исследователями рассматриваются как фактор мобилизации почвенных запасов фосфора [14, 15].

В нынешних условиях острого дефицита промышленных фосфорных удобрений основными источниками фосфорного питания сельскохозяйственных культур стали местные фосфорсодержащие агоруды и запасы самой почвы [16]. Данное обстоятельство является ещё одним аргументом необходимости чрезвычайно внимательного изучения характера и темпов изменения подвижных запасов почвенного фосфора. Таким образом, можно констатировать, что обеспеченность почв

сельскохозяйственных земель подвижными формами фосфора является важным агрохимическим показателем уровня почвенного плодородия и нередко становится лимитирующим фактором продуктивности сельскохозяйственных культур.

Цель исследования - оценка зависимости динамики фосфатного режима почв пахотных земель Предволжья Республики Татарстан от уровня применения минеральных и органических удобрений, а также химических мелиорантов.

Условия, материалы и методы. В работе обобщены результаты агрохимических обследований почв Предволжья Республики Татарстан, которые демонстрируют сопоставительную динамику изменения уровня применения агрохимикатов и содержания подвижных форм фосфора в пахотных почвах муниципальных районах региона за 1965-2022 года.

Предволжье РТ расположено на правом берегу р. Волга и занимает северо-восточную часть Приволжской возвышенности [17]. Территория Предволжья равна 1014,3 тыс. га, что составляет около 15% от площади Республики. От общей площади земель региона сельскохозяйственные угодья занимают 739,2 тыс. га, в т. ч. пашня - 565,3 тыс. га или 55,7% [18].

В пределах Татарстана «Предволжье характеризуется как умеренно-теплый регион: продолжительность периода с температурой выше 5°C более 170 дней, сумма среднесуточных активных температур выше 10°C – 2200°C. Годовая сумма осадков колеблется в пределах 440-445 мм, в том числе в теплом периоде – 275 мм» [19].

Агрохимические анализы выполнены сотрудниками ФГБУ ЦАС «Татарский», используя общепринятые методы определения подвижных форм фосфора: в дерново-подзолистых и серых лесных почвах по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011); в некарбонатных чернозёмах – по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91); в карбонатных почвах – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91) [20, 21, 22].

Результаты и обсуждение. Материалы на рисунке 1 демонстрируют распределение площадей пахотных почв по обеспеченности почв подвижными формами фосфора в Предволжье РТ по циклам агрохимического обследования. Они свидетельствуют о том, что в начале анализируемого периода (1965-1970 года) обеспеченность почв исследуемого региона подвижными формами фосфора была наихудшей за весь период наблюдений. Как видно, 24% пахотных почв имели низкую и очень низкую обеспеченность фосфором, менее половины (48 %) площадей – среднюю.

Во второй срок наблюдения (1971-1979 года) обнаружилось заметное

улучшение обеспеченности почв подвижным фосфором: площадь почв, имеющих очень низкое и низкое содержание фосфора, уменьшилась на 5% при одновременном увеличении на 4% площади почв, обеспеченность которых оценивается как высокая и очень высокая. Увеличилась также доля почв, характеризующихся повышенным содержанием подвижных форм фосфора, что, возможно, произошло за счет сокращения доли среднеобеспеченных почв.

Особенно заметное обогащение пахотных почв подвижными формами фосфора произошло за годы третьего и четвертого туров агрохимического обследования. Так, по результатам четвертого цикла обследования 2/3 почв пашни имели повышенное, высокое и очень высокое содержание подвижного фосфора.

За годы пятого и шестого туров обследования произошло дальнейшее улучшение обеспеченности пахотных почв Предволжья фосфором, о чем свидетельствует возрастание сегмента почв, имеющих повышенное, высокое и очень высокое содержание подвижных форм фосфора, соответственно до 76 и 83% от общей площади пашни.

Таким образом, максимальная обеспеченность почв пашни исследуемой зоны республики была достигнута к концу XX века (1996-2000 года).

Результаты седьмого цикла обследования показали существенное ухудшение обеспеченности почв подвижными формами фосфора почти во всех группах. Буквально за пять лет суммарная доля почв, имеющих очень низкое, низкое и среднее содержание фосфора увеличилась в два раза (с 17 до 34%). Одновременно в 1,6 раза уменьшился сегмент высоко и очень высоко обеспеченных фосфором почв (с 58 до 36%). Лишь доля почв, отнесенных к повышенной группе обеспеченности, увеличилась на 5%.

Обеспеченность почв подвижными формами фосфора, установленная по итогам восьмого цикла агрохимического обследования почв Предволжья, существенно не отличалась от результатов предыдущего цикла. Можно было заметить лишь переход незначительной части (1%) почв, имеющих повышенную обеспеченность, в группу очень высоко обеспеченных.

Результаты двух последних циклов обследований, проведенных в 2011-2020 года, существенных изменений в обеспеченности пахотных почв подвижными формами фосфора не выявили: доли отдельных групп обеспеченности фосфором изменились в пределах не более 1-2%.

Как известно, обобщающим показателем обеспеченности почв подвижными формами фосфора представляется его средневзвешенное содержание.

АГРОНОМИЯ



Рис. 1 - Изменение обеспеченности пахотных почв Предволжья Республики Татарстан подвижными формами фосфора в 1965-2020 годах

По итогам первого цикла агрохимического обследования средневзвешенное содержание подвижных форм фосфора составило 93 мг/кг, что соответствует средней степени обеспеченности (рис. 2). Линия тренда показывает, что с первого по шестые циклы обследования наблюдалось устойчивое повышение подвижного фосфора, благодаря чему по итогам VI цикла обследования средневзвешенное содержание фосфора достигло 161 мг/кг, то есть произошло 1,7 кратное повышение подвижного фосфора. Благодаря этим изменениям почвы пашни исследуемого региона в конце XX века (VI цикл, 1996-2000 года) перешли в категорию высокообеспеченных подвижными формами фосфора.

Однако такая степень обеспеченности фосфором продержалась недолго. Результаты VII цикла обследования показали резкое снижение содержания подвижных форм фосфора -

до 141 мг/кг, что соответствует повышенной степени обеспеченности.

В 2005-2020 годах средневзвешенное содержание фосфора в пахотных почвах осталось практически неизменным, ибо оно варьировало в пределах 141-143 мг/кг.

Данные последнего срока наблюдения (2022 год) опять показали негативную тенденцию: за достаточно короткий период средневзвешенное содержание подвижных форм фосфора снизилось на 6 мг/кг почвы.

Характер изменения средневзвешенного содержания подвижных форм фосфора за весь период наблюдений хорошо описывался полиномиальным уравнением третьей степени ($R^2=0,8907$). Если же рассмотреть общую динамику изменения содержания подвижных форм фосфора во времени разделив на два периода, то обнаруживается разнонаправленная динамика:

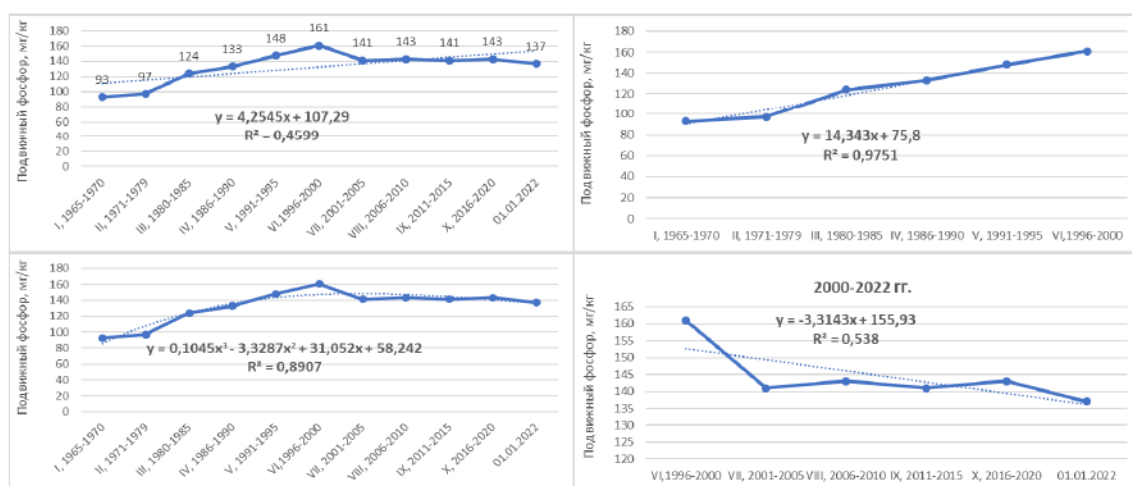


Рис. 2 - Характер изменения в почвах пашни Предволжья республики средневзвешенного содержания подвижного фосфора в 1965-2022 года

Если в течение первого периода (1965-2000 годах) происходило уверенное повышение подвижных форм фосфора

($R^2=0,9751$), то в дальнейшем (2000-2022 годах) - скачкообразное снижение ($R^2=0,538$).

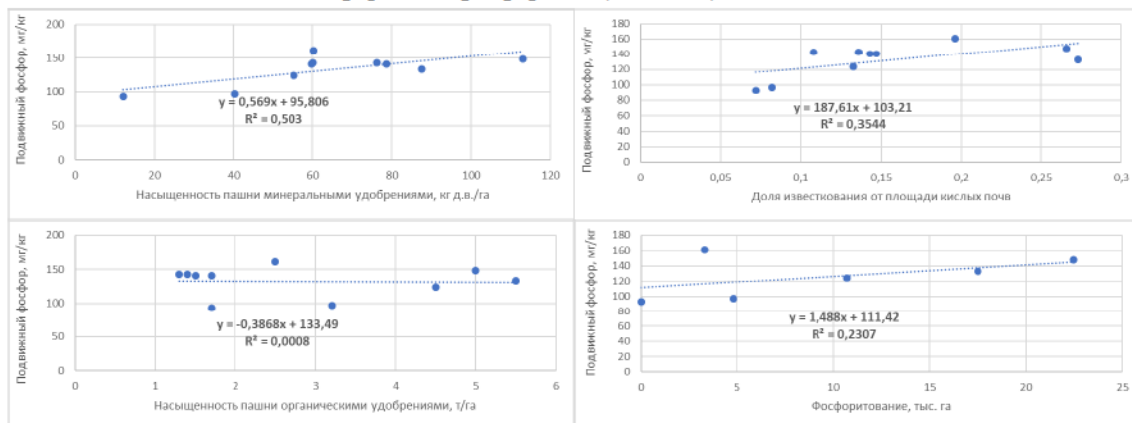


Рис. 3 - Характер влияния агрохимических факторов интенсификации земледелия на средневзвешенное содержание подвижного фосфора в почвах пашни Предволжья (1965-2020 годах)

Зависимость средневзвешенного содержания подвижного фосфора (Y, мг/кг почвы) от временного фактора (x, циклы агрохимического

обследования почв) в течение 1965-2000 годах описывалась линейным уравнением (1):

$$Y = 14,343 \cdot x + 75,8 \quad (1)$$

Линии тренда средневзвешенного содержания подвижных форм фосфора в пахотных почвах исследуемой зоны от агрохимических факторов интенсификации земледелия указывают на главенствующую роль уровня применения минеральных удобрений (рис. 3). Корреляционная зависимость (r) средневзвешенного показателя подвижного фосфора от среднегодовой нормы внесения минеральных удобрений (кг д.в./га), рассчитанная исходя из коэффициента детерминации ($R^2=0,503$), равнялась 0,71, то есть была высокой.

Регрессионная связь средневзвешенного содержания подвижного фосфора (Y , мг/кг) от насыщенности пашни минеральными удобрениями (x , кг д.в./га) описывалась уравнением (2):

$$Y=0,569 \cdot x + 95,806 \quad (2)$$

Влияние уровня применения органических удобрений на содержание подвижных форм фосфора оказалось статистически недостоверным ($R^2=0,0008$). Примерно аналогичное явление нами было обнаружено ранее в условиях Балтасинского муниципального района республики [23].

Значимое влияние на динамику подвижного фосфора почв пашни исследуемой зоны оказало известкование кислых почв. Коэффициент детерминации (R^2) средневзвешенного содержания подвижного фосфора от интенсивности известкования (доля произвесткованных почв от общей площади кислых почв), равнялся 0,3544, что указывает на наличие заметной, согласно шкале Чеддока [24], парной корреляции ($r=0,60$). Данное

обстоятельство является хорошей иллюстрацией того, что устранение избыточной кислотности почв способствует переходу фосфора почв и удобрений в подвижное состояние.

Положительное влияние на обеспеченность почв подвижными формами фосфора проявило также фосфоритование ($R^2=0,2307$), однако сила воздействия этого агрохимического приема оказалась ниже действия интенсивности применения известковых и минеральных удобрений. Сравнительно слабое влияние фосфоритования на фосфатный режим почв, возможно, объясняется небольшой продолжительностью этого мелиоративного приема (1971-2000 годах).

Выводы. Таким образом, в динамике содержания подвижных форм фосфора обнаружилось два периода, резко отличающиеся по направленности: если в течение первого периода (1965-2000 годах) происходило уверенное повышение подвижных форм фосфора ($R^2=0,9751$), то в дальнейшем (2000-2022 годах) - скачкообразное снижение ($R^2=0,538$). Все агрохимические приемы – внесение минеральных и органических удобрений, фосфоритование и известкование на накопление подвижных форм фосфора оказали положительное влияние. По значимости положительного влияния на средневзвешенное содержание подвижных форм фосфора в почвах Предволжья исследованные агрохимические приемы расположились в следующий убывающий ряд: внесение минеральных удобрений ($R^2=0,5030$) > известкование ($R^2=0,3544$) > фосфоритование ($R^2=0,2307$) > внесение органических удобрений ($R^2=0,0008$).

Литература

1. Шафран С.А. Вклад минеральных удобрений в формирование урожайности полевых культур (сообщение 2). Фосфорные и калийные удобрения // Агрохимия. 2021. № 8. С. 9–16. doi: 10.31857/S0002188121080123.
2. Изучение фосфорных удобрений и фосфатного состояния почв / В.И. Титова, Л.Д. Варламова, Е.В. Дабахова и др. // Агрохимический вестник. 2011. № 2. С. 3–6.
3. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука, 1981. 244 с.
4. Руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия. Под ред. А. Л. Иванова, Л.М. Державина. М.: РАСХН, 2008. 392 с.
5. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. - М.: Российская академия наук, 2019. 328 с.
6. Давлятин И.Д., Лукманов А.А., Маметов М.И. Источники фосфора и оценка их вклада в подвижный фонд этого элемента в пахотных почвах в лесостепной зоне // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 32(4). С. 21–24. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10404.
7. Ваулин А.В., Коваленко А.А., Варламов В.А. Изменение фосфатного режима дерново-подзолистой среднесуглинистой окультуренной почвы без внесения фосфорных удобрений // Агрохимический вестник. 2013. №3. С. 8–10.
8. Копосов Г.Ф. Определение в почвах содержания азота, фосфора и калия. - Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2011. 362 с.
9. Адрианов С.Н. Оценка методов определения подвижных фосфатов в почве // Плодородие. 2008. № 2. С. 14–17.
10. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. М.: Агропромиздат, 1990. 218 с.
11. Вольнкина О.В. Влияние применения фосфорного удобрения на варьирование прибавок урожайности сельскохозяйственных культур в условиях Зауралья // Агрохимия. 2023. № 5. С. 27–33. doi: 10.31857/S0002188123050113
12. Чайковская Л. А., Овсенко О. Л. Фосфатмобилизующие микроорганизмы: Биоразнообразие, влияние на минеральное питание растений и их продуктивность // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 4 (28). С. 159–182. doi: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182.
13. Ahmed N., Shahab S. Phosphate solubilization: their mechanism genetics and application // The Internet Journal of Microbiology. 2011. Vol. 9(1). P. 4408–4412. doi: 10.5580/2327.

14. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Агрохимия, биология и экология почвы. М: Росагропромиздат, 1990. 206 с.
15. Совершенствование системы обработки почвы в агроландшафтах Среднего Поволжья / Р.В. Минникаев, Ф.Ш. Шайхутдинов, И.Г. Манюкова и др. Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2021. 400 с.
16. Лукманов А.А. Оценка вклада факторов в почвенный фонд фосфора в лесостепных черноземах Республики Татарстан // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 3-7. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10066.
17. Природа и природные ресурсы Республики Татарстан: иллюстрированная энциклопедия. Казань: Ин-т татарской энциклопедии и регионоведения АН РТ, 2019. 584 с.
18. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2021 году. Казань, 2022. 490 с.
19. Трофимов Н. В., Сочнева С. В., Панасюк М. В. Методика разделения территории Республики Татарстан на агроландшафтные районы на основе зонирования природно-климатических ее условий // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. №. 4. С. 127-131. doi: 10.12737/2073-0462-2020-127-131
20. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.
21. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО.
22. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.
23. Гилязов М.Ю., Лукманов А.А., Муратов М.Р. Длительное применение удобрений и продуктивность пашни. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2016. 220 с.
24. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Зубенкова Э.С., Калинин М.В., Бирюков А.П., Ласточкина Е.М., Молодцова Д.В., Вайнсон А.А. Сила связи. Сообщение 2. Градации величины корреляции // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2019. Т. 64. № 6. С. 12–24. doi: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-12-24

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Гилязов Миннегали Юсупович - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: mingilyazov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1077-8311>

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

Лукманов Анас Ахтямович – доктор сельскохозяйственных наук, директор, e-mail: Anas-Lukmanov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-9709-8883>

Зарипов Дайнис Фаритович – аспирант, e-mail: zaripov122@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2985-4088>
ФГБУ ЦАС «Татарский», г. Казань, Россия.

THE LEVEL OF AGROCHEMICALS APPLICATION AND PHOSPHATE REGIME OF ARABLE SOIL OF VOLGA REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

M. Yu. Gilyazov, A. A. Lukmanov, D. F. Zaripov

Abstract. The aim of the study was to assess the dynamics of the phosphate regime of soil and to establish its dependence on the level of application of fertilizers and chemical ameliorants. The object of the study was arable soils of Volga region of the Republic of Tatarstan (RT), located on the right bank of the Volga River. This region occupies the north-eastern part of the Volga Upland and makes up about 15% of the republic's area. Situated in the transition zone between the taiga-forest and steppe zones, Volga region of the republic is characterized by a wide distribution of gray forest soils and forest-steppe chernozems. The materials of the agrochemical service of the Republic of Tatarstan (FSBI CAS "Tatar") for 1965-2022 are analyzed. Mobile phosphorus forms were determined by standard methods depending on typical soil characteristics: according to Kirsanov in the modification of TsINAO (GOST R 54650-2011), Chirikov (GOST 26204-91), Machigin (GOST 26205-91). It was found that according to the cycles of agrochemical survey, the content of phosphorus mobile forms in the arable soils of Volga region fluctuated significantly: if during the first period (1965-2000) there was a confident increase in mobile forms of phosphorus (from 93 to 161 mg / kg), then later (2000-2022) there was a decrease (from 161 to 137 mg/kg). All agrochemical techniques - the introduction of mineral and organic fertilizers, phosphorization and liming had a positive effect on the accumulation of mobile forms of phosphorus. In terms of the significance of the positive impact on the average weighted content of mobile forms of phosphorus in the soils of Volga region, the studied agrochemical methods were arranged in the following descending order: application of mineral fertilizers, then liming, then phosphorization, and finally application of organic fertilizers.

Key words: agrochemical soil survey, mobile phosphorus, correlation, mineral fertilizers, organic fertilizers, liming, phosphorization.

For citation: Gilyazov M.Yu., Lukmanov A.A., Zaripov D.F. The level of agrochemicals application and phosphate regime of arable soil of Volga region of the Republic of Tatarstan. *Agrobiotechnology and Digital Agriculture*. 2024; 4(12). 18-24 p.

References

1. Shafran SA. [Contribution of mineral fertilizers to the formation of field crop yields (message 2). Phosphorus and potassium fertilizers]. *Agrokhimiya*. 2021; 8. 9-16 p. doi: 10.31857/S0002188121080123.
2. Titova VI, Varlamova LD, Dabakhova EV. [Study of phosphorus fertilizers and phosphate status of soils]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2011; 2. 3-6 p.
3. Ginzburg KE. Fosfor osnovnykh tipov pochv SSSR. [Phosphorus of the main types of soils of the USSR]. Moscow: Nauka. 1981; 244 p.
4. Ivanov AL, Derzhavin LM. Rukovodstvo po proektirovaniyu primeneniya udobreniy v tekhnologiyakh adaptivno-landshaftnogo zemledeliya. [Methodological guidelines for the design of fertilizer application in adaptive landscape farming technologies]. Moscow: RASKhN. 2008; 392 p.
5. Sychev VG. Sovremennoe sostoyaniye plodorodiya pochv i osnovnye aspekty ego regulirovaniya. [Current state of soil fertility and the main aspects of its regulation]. Moscow: Rossiyskaya akademiya nauk. 2019; 328 p.
6. Davlyatshin ID, Lukmanov AA, Mametov MI. [Sources of phosphorus and assessment of their contribution to the mobile fund of this element in arable soils in the forest-steppe zone]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018; 32(4). 21-24 p. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10404.

7. Vaulin AV, Kovalenko AA, Varlamov VA. [Changing the phosphate regime of sod-podzolic medium loamy cultivated soil without applying phosphorus fertilizers]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2013; 3. 8-10 p.
8. Kuposov GF. *Opreделение v pochvakh sodержaniya azota, fosfora i kaliya*. [Determination of nitrogen, phosphorus and potassium content in soils]. Kazan: Izd-vo Kazanskogo un-ta. 2011; 362 p.
9. Adrianov SN. [Evaluation of methods for determining mobile phosphates in soil]. *Plodorodie*. 2008; 2. 14-17 p.
10. Kulakovskaya TN. *Optimizatsiya agrokhimicheskoy sistemy pochvennogo pitaniya rasteniy*. [Optimization of the agrochemical system of soil nutrition of plants]. Moscow: Agropromizdat. 1990; 218 p.
11. Volynkina OV. [Effect of phosphorus fertilizer application on variation in crop yield increases in the Trans-Urals region]. *Agrokhimiya*. 2023; 5. 27-33 p. doi: 10.31857/S0002188123050113
12. Chaykovskaya LA, Ovsienko OL. [Phosphate-mobilizing microorganisms: Biodiversity, influence on mineral nutrition of plants and their productivity]. *Tavricheskiy vestnik agramoy nauki*. 2021; 4 (28). 159-182 p. doi: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182.
13. Ahmed N, Shahab S. Phosphate solubilization: their mechanism genetics and application. *The Internet Journal of Microbiology*. 2011; Vol.9(1). 4408-4412 p. doi: 10.5580/2327.
14. Mineev VG, Remp EKh. *Agrokhimiya, biologiya i ekologiya pochvy*. [Agrochemistry, biology and ecology of soil]. Moscow: Rosagropromizdat. 1990; 206 p.
15. Minikayev RV, Shaykhutdinov FSh, Manyukova IG. [Improving the soil cultivation system in the agrolandscapes of the middle Volga region]. Kazan: Izd-vo Kazanskogo GAU. 2021; 400 p.
16. Lukmanov AA. [Assessment of the contribution of factors to the soil phosphorus fund in forest-steppe chernozems of the Republic of Tatarstan]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2019; 5. 3-7 p. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10066.
17. *Priroda i prirodnye resursy Respubliki Tatarstan: illyustrirovannaya entsiklopediya*. [Nature and natural resources of the Republic of Tatarstan: illustrated encyclopedia]. Kazan: In-t tatarskoy entsiklopedii i regionovedeniya AN RT. 2019; 584 p.
18. *Gosudarstvennuy doklad o sostoyanii prirodnkh resursov i ob okhrane okruzhayushchey sredy Respubliki Tatarstan v 2021 godu*. [State report on the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2021]. Kazan. 2022; 490 p.
19. Trofimov NV, Sochneva SV, Panasyuk MV. [Methodology for dividing the territory of the Republic of Tatarstan into agro-landscape regions based on zoning of its natural and climatic conditions]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta*. 2020; 4. 127-131 p. doi: 10.12737/2073-0462-2020-127-131
20. GOST R 54650-2011. *Pochvy. Opreделение podvizhnykh soedineniy fosfora i kaliya po metodu Kirsanova v modifikatsii TsINAO*. [Soil. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by Kirsanov method as modified by TsINAO].
21. GOST 26204-91. *Pochvy. Opreделение podvizhnykh soedineniy fosfora i kaliya po metodu Chirikova v modifikatsii TsINAO*. [Soil. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by Chirikov method as modified by TsINAO].
22. GOST 26205-91. *Pochvy. Opreделение podvizhnykh soedineniy fosfora i kaliya po metodu Machigina v modifikatsii TsINAO*. [Soil. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Machigin method modified by TsINAO].
23. Gilyazov MYu, Lukmanov AA, Muratov MR. *Dlitelnoe primeneniye udobreniy i produktivnost pashni*. [Long-term use of fertilizers and arable land productivity]. Kazan: Izd-vo Kazanskogo un-ta. 2016; 220 p.
24. Koterov AN, Ushenkova LN, Zubenkova ES, Kalinina MV, Biryukov AP, Lastochkina EM, Molodtsova DV, Vaynson AA. [Strength of connection. Message 2. Gradations of the correlation value]. *Meditsinskaya radiologiya i ratsionnaya bezopasnost*. 2019; Vol.64. 6. 12-24 p. doi: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-12-24

Conflict of interest

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

Authors:

Gilyazov Minnegali Yusupovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Agrochemistry and soil science Department, e-mail: mingilyazov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1077-8311>
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.
Lukmanov Anas Akhtyamovich – Doctor of Agricultural Sciences, director, e-mail: Anas-Lukmanov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-9709-8883>
Zaripov Daynis Faritovich – postgraduate student, e-mail: zaripov122@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2985-4088>
FSBI TsAS “Tatarskiy”, Kazan, Russia.

**ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ ДВУЗЕРНЯНКИ
(ПОЛБА TRITICUM DICOSSUM SCHARK)****В УСЛОВИЯХ ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН****А. И. Даминова, Р. И. Гараев, Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов**

Реферат. Исследования проводили в 2019-2021 годы в Предкамской зоне Республики Татарстан. Цель исследований - разработка способа повышения продуктивности пшеницы двузернянки на основе применения минеральных удобрений и птичьего помета под предпосевную культивацию. Работу осуществляли на опытном участке Казанского ГАУ, где почва серая лесная, по гранулометрическому составу – среднесуглинистая, у которой следующие агрохимические показатели: гумус (по Тюрину) - 3,2-3,4%, сумма поглощенных оснований 27,0 мг-экв./1000 г почвы, азот легкогидролизуемый – 110 мг/1000 г почвы (по Корнфилду), подвижный фосфор и калий (по Кирсанову), соответственно, 233-240 и 176-189 мг/1000 г почвы, рН сол. – 5,7. Объект исследований – пшеница двузернянка (*Triticum dicossum*) образец к-10456 (коллекционный образец ВИР им. Вавилова). Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок последовательное, площадь каждой делянки составляло 60 м². Метеорологические условия, сложившиеся в период вегетации, были типичными для зоны возделывания. ГТК - в 2019 году – 1,37, 2020 году – 1,13 и 2021 году – 0,37 (ГТК был рассчитан по данным метеопоста Казанского ГАУ на территории Агробιοтехнопарка с. Нармонка Лаишевского района Республики Татарстан). Внесение в почву N₁₆P₁₆K₁₆ + 200 кг/га птичьего помета обеспечивает получение с каждого гектара посева 0,48 т/га прибавки, что на 26,1% больше по отношению к контролю, которая статистически доказуема (НСР₀₅–0,09 т/га). Сочетание максимальной продуктивности зерна полбы на этом варианте (с внесением N₁₆P₁₆K₁₆ + 200 кг/га птичьего помета) - 2,32 т/га с большим содержанием белка (15,47%) способствовало увеличению валового сбора белка с единицы площади (359 кг/га), что на 102 кг или 39,7% больше, чем на контроле. Следовательно, оптимальная норма внесения птичьего помета составляет 200 кг/га.

Ключевые слова: пшеница, полба (*Triticum dicossum*), зерно, минеральные удобрения, птичий помет, урожайность, микроорганизмы.

Для цитирования: Влияние совместного внесения органических и минеральных удобрений на продуктивность пшеницы двузернянки (полба *Triticum dicossum* Scharke) в условиях Предкамья Республики Татарстан / А.И. Даминова, Р.И. Гараев, Ф.Ш. Шайхутдинов и др. // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2024. № 4(12). С. 25-30

Введение. При выращивании сельскохозяйственных культур, в том числе и полбы, важно своевременно обеспечивать потребности растений необходимым количеством питательных элементов и в оптимальном их соотношении [1, 2, 3]. Неправильное использование минеральных удобрений часто приводит к отрицательным экологическим последствиям, создавая угрозу загрязнения окружающей среды. Нарушение оптимального соотношения основных питательных веществ, вносимых в почву, является причиной получения отрицательного эффекта [4,5].

Для выращивания пшеницы полбы необходимыми условиями являются: погодные и почвенные, влагообеспеченность и плодородие почвы, продолжительность вегетационного периода, ассимиляционная активность листьев, а также технология ее возделывания [6,7].

Однако применение азотно- фосфорно- и калийных удобрений в полной мере не обеспечивают потребности пшеницы полбы, так как в современных минеральных туках отсутствуют также микроэлементы, как магний, железо, алюминий, а на кислых почвах не хватает кальция [6,7]. С точки зрения снижения себестоимости производства сырья для крупы имеет большую перспективу использование птичьего помета как отхода местных птицеводческих

фабрик [8,9,10]. Птичий помет - один из распространенных видов удобрений. Он содержит большое количество питательных веществ. За счет внесения птичьего помета усиливается микробиологический процесс в почве около корневой системы пшеницы полбы, что в конечном итоге способствует более полному использованию азота растениями полбы.

Известно множество приемов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Одним из таких способов является обработка вегетирующих растений биопрепаратом водной суспензии (ВС) с содержанием микроорганизмов (*Acinetobacter johnsonii* A1 ВКПМ В-13867 и *Pantola agglomerans* Ф19 ВКПМ В-13869) – 10⁷...10⁸ с нормой расхода 3-5 л/га при разведении 1:200 [11]. Способ предусматривает обработку вегетирующих растений в фазу кущения и флагового листа.

Недостатком способа является то, что данный препарат применяется лишь на начальном этапе вегетации пшеницы и эффект также зависит от метеорологических условий во время опрыскиваний и качества воды.

Известен способ, где для повышения урожайности яровой пшеницы осуществляют однократное опрыскивание растений в фазу всходов из расчета 300 л/га рабочей жидкости биопрепаратами *Acinetobacter johnsonii* A1

ВКПМ В-13867 и Pantola agglomerang Ф19 ВКПМ В-13869 в соответствии 1:1, норма препарата – 1 л/га. Применение препарата способствует прибавке к урожаю 0,6 т/га [11].

При производстве растениеводческой продукции с внесением различных видов удобрений мониторинг изменений биологических показателей почвы, в этом числе общего микробного числа (ОМЧ) является весьма важным параметром, определяющим направленность биохимических процессов в ней [12]. Как известно по литературным данным, при совместном применении минеральных и органических удобрений наблюдается увеличение содержания сырой клейковины (от 0,2 до 5,8% соответственно) [13, 14].

В этой связи рост данного показателя, выраженного в колониеобразующих единицах (КОЕ), свидетельствует о повышении производственного потенциала почвы. Микробная активность под влиянием органических удобрений растет в большей степени, чем при использовании только минеральных удобрений.

Цель исследований - разработка способа повышения продуктивности пшеницы двузернянки на основе применения минеральных удобрений и птичьего помета под предпосевную культивацию.

Условия, материалы и методы. Стационарные полевые опыты в 2019-2021 годах были проведены на базе Агробιοтехнопарка (с. Нармонка Лаишевского района Республики Татарстан) с координатами: широта – 55.5244865824 и долгота – 48.274901646, а лабораторные анализы – в Центре агроэкологических исследований Казанского ГАУ. Почва опытного участка серая лесная среднесуглинистая, у которой следующие агрохимические показатели: гумус (по Тюрину) – 3,2-3,4%, сумма поглощенных оснований

27,0 мг-экв./1000 г почвы, азот легкогидролизуемый – 110 мг/1000 г почвы (по Корнфилду), подвижный фосфор и калий (по Кирсанову), соответственно, 233-240 и 176-189 мг/1000 г почвы, pH сол. – 5,7. Объект исследований – пшеница двузернянка (*Triticum dicoccum*) образец к-10456 (коллекционный образец ВИР им. Вавилова) [15]. Схемы применения минеральных удобрений и птичьего помета под предпосевную культивацию: NPK (азофоска 16:16:16) на планируемую урожайность 2,5 т/га зерна (контрольный фон питания); $N_{16}P_{16}K_{16}$ + птичий помет, 100 кг/га; $N_{16}P_{16}K_{16}$ + птичий помет, 200 кг/га; $N_{16}P_{16}K_{16}$ + птичий помет, 300 кг/га.

Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок последовательное, площадь каждой делянки составляло 60 м².

Метеорологические условия 2019 и 2020 годов были благоприятными. Наблюдалось достаточное увлажнение и повышенный температурный режим. Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) в 2019 году – составило 1,37, в 2020 году – 1,13. В 2021 году сумма активных температур значительно были выше многолетних значений, а осадки были ниже нормы. Соответственно, такие условия могли быть причиной снижения значения ГТК до 0,37 (ГТК был рассчитан по данным метеопоста Казанского ГАУ на территории Агробιοтехнопарка с. Нармонка Лаишевского района Республики Татарстан).

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показывают весьма высокоэффективное взаимодействие расчетных норм минеральных удобрений на планируемую урожайность зерна полбы 2,5 т/га с внесением птичьего помета (табл. 1).

Таблица 1 - Сравнительная оценка урожайности пшеницы двузернянки (полба) в зависимости от условия питания (2019-2021 годах)

Вариант	Урожайность, т/га			Среднее	Прибавка урожайности от птичьего помета	
	2019 год	2020 год	2021 год		кг/га	%
$N_{16}P_{16}K_{16}$ (контрольный фон)	1,79	2,34	1,39	1,84	-	-
$N_{16}P_{16}K_{16}$ + птичий помет – 100 кг/га	1,86	2,61	1,48	1,98	140	7,6
$N_{16}P_{16}K_{16}$ + птичий помет – 200 кг/га	2,19	2,89	1,87	2,32	480	26,1
$N_{16}P_{16}K_{16}$ + птичий помет – 300 кг/га	1,97	2,58	1,58	2,04	200	10,9
НСР ₀₅	0,040	0,085	0,044	0,09		

Как по годам исследований, а также в среднем за три года максимальная продуктивность полбы была достигнута при внесении птичьего помета 200 кг/га – 2,32 т/га. Прибавка урожая на этом варианте составила 480 кг/га, что на 26,1 % выше по отношению к контролю. Следовательно,

оптимальная норма внесения птичьего помета для увеличения урожайности пшеницы двузернянка составляет 200 кг/га.

Улучшение технологических показателей зерна пшеницы полбы зависит от множества составляющих агротехнических приемов, включая фоны питания растений (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние совместного внесения органических и минеральных удобрений на содержание белка в зерне полбы (2019-2021 года)

Вариант	Содержание белка, %	Валовый сбор белка, кг/га	Прибавка от птичьего помета	
			кг/га	%
NPK (контроль)	13,96	257	-	-
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + птичий помет – 100 кг/га	14,35	284	27,0	10,5
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + птичий помет – 200 кг/га	15,47	359	102,0	39,7
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + птичий помет – 300 кг/га	15,10	308	51,0	19,8

Внесение птичьего помета 200 кг/га способствовало повышению содержания белка в зерне пшеницы полбы до 15,47%, что на 1,51% больше, чем на контроле. Сочетание максимальной продуктивности зерна полбы на этом варианте (с внесением N₁₆P₁₆K₁₆ + 200 кг/га птичьего помета) (2,32 т/га) с большим содержанием белка (15,47%) способствовало увеличению валового сбора белка с единицы площади (359 кг/га), что на 102 кг или

39,7% больше, чем на контроле.

При увеличении нормы внесения птичьего помета происходит рост общего микробного числа (ОМЧ) в почве (рис.), так как обработанный птичий помет является высококонцентрированной органической субстанцией, которая служит питательной средой для почвенных микроорганизмов [16], а это напрямую связано с обеспеченностью растений доступными формами азота.

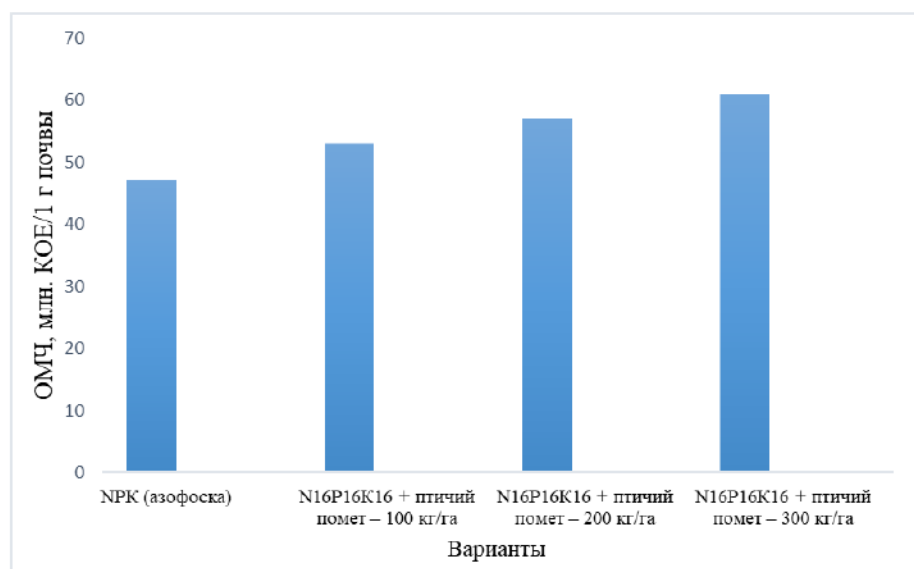


Рис.- Количество микроорганизмов в почве, в зависимости от внесения минеральных и органических удобрений

Основным критерием оценки экономической эффективности тех или иных агроприемов, в том числе применения различных видов удобрений, является рост урожайности [17].

Применение органо-минеральных удобрений в различных нормах приводило к увеличению затрат при выращивании пшеницы полбы, соответственно на 1950; 3900 и 5850 руб./га. Использование птичьего помета нормами 100 и 200 кг/га оказались экономически выгодными (табл. 3). Экономически более оправданным было применение 200 кг на 1 га птичьего помета. Дополнительная прибавка продукции и дополнительная прибыль с единицы площади от

внесения средних норм птичьего помета составили 0,48 т/га и 5700 руб., что на 3,4-6,7 раза больше, чем при норме 100 кг птичьего помета на га. Это подтверждается показателем уровня рентабельности: если применение 100 кг птичьего помета обеспечило рентабельность на уровне 43,6%, то при внесении 200 кг – 146,2%.

Следовательно, применение птичьего помета 100 и 200 кг на 1 га в сочетании с минеральными удобрениями в условиях серой лесной почвы агрономически и экономически выгодно и обеспечивает получение дополнительной прибыли с каждого гектара в размере 850 и 5700 руб.

АГРОНОМИЯ

Таблица 3 – Экономическая эффективность применения органических и минеральных удобрений на агроценозе пшеницы двузернянки (полба) в условиях серой лесной почвы Республики Татарстан (2019-2021 годах)

Показатели	Уровень применения удобрений			
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (контрольный фон)	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + птичий помет – 100 кг/га	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + птичий помет – 200 кг/га	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + птичий помет – 300 кг/га
Урожайность, т/га	1,84	1,98	2,32	2,04
Прибавка урожая, т/га	-	0,14	0,48	0,20
Дополнительная продукция, руб.	-	2800	9600	4000
Дополнительные затраты, руб.	-	1950	3900	5850
В том числе:				
Органическое удобрение (птичий помет), руб.	-	1788	3738	5617
Амортизация, руб.	-	39	51	64
Оплата труда, руб.	-	20	26	43
ГСМ, руб.	-	26	31	37
Автотранспортные работы, руб.	-	77	82	89
Дополнительная прибыль, руб.	-	850	5700	-1850
Уровень рентабельности дополнительных затрат, %	-	43,6	146,2	-

Примечание: на начало 2024 года средняя цена реализации зерна пшеницы двузернянки составляла 20 тыс. руб. за 1 тонну [18].

Выводы. Доза внесения птичьего помета 200 кг на гектар является критической для посевов пшеницы двузернянки. Выше указанной дозы уменьшается устойчивость азотного фона почвы. При применении минеральных удобрений и термически обработанного птичьего помета в дозе 200 кг/га на урожайность по сравнению с контрольным вариантом

увеличивается на 26,1%, а содержание белка на 1,51%. Кроме этого наблюдается рост общего микробного числа в почве до 10 млн. КОЕ/1 г почвы. Совместное внесение птичьего помета (100 и 200 кг на 1 га) с минеральными удобрениями приводит к увеличению дополнительной прибыли с каждого гектара в размере 850 и 5700 руб.

Литература

1. Темирбекова С.К., Куликов И.М., Курило А.А. Новые генетические источники устойчивости по зерновым культурам для использования в селекции // Зерновое хозяйство России. 2010. № 4. С.42-46.
2. Муслимов М.Г., Исмагилов А.Б. Полба – ценная зерновая культура // Зерновое хозяйство России. 2012. № 3. С.40-42.
3. Влияние приемов агротехники на урожай и качество зерна пшеницы полбы (двузернянка) в условиях Предкамья Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Ибятков и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т.13. № 4(51). С. 103- 108.
4. Отзывчивость сортов пшеницы полбы на расчетные дозы и сочетание макроэлементов в условиях Предкамья Республики Татарстан / М. Ф. Амиров, П. Г. Семенов, Г. С. Миннуллин и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 2(74). С. 5-11. doi 10.12737/2073-0462-2024-5-11.
5. Продуктивность агроценоза полбы в зависимости от предшественника в Предкамье Республики Татарстан / Р. И. Гараев, Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов и др. // Биологические препараты и приемы биологизации в современном земледелии: материалы I Международной науч.-практ. конф. Казань: Казанский государственный аграрный университет. 2023. С. 164-169.
6. Сравнительный состав зерна мягкой пшеницы, полбы и спельты, выращенных с различными уровнями азотного удобрения / А. Лавгроув, Дж. Данн, Т.К. Пеллини и др. // Продукты питания. 2023. 12(4):843. <https://doi.org/10.3390/foods12040843>.
7. Плотников А. М., Кабдунова Г.С. Баланс элементов питания и продуктивность зернопарового севооборота при применении минеральных удобрений // Проблемы агрохимии и экологии. 2018. № 1. С. 38-41.
8. Сравнительная оценка эффективности органических удобрений на основе куриного помета / И. Х. Гайфуллин, А. С. Ганиев, З. М. Халиуллина и др. // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: материалы I Всероссийской науч.-практ. конф. Казань: Казанский государственный аграрный университет. 2022. С. 119-125.
9. Халиуллина З. М., Ганиев А. С., Гайфуллин И. Х. Сравнительный анализ биометрических показателей пшеницы при внесении куриного помета // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 3(7).

С. 49-55. – <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-49-55>.

10. Снявский И.В., Чиняева Ю.З., Калганов А.А. Последствие минеральных и органо-минеральных удобрений на микрофлору почвы и урожайность яровой пшеницы в условиях северной лесостепи Зауралья // Изв. Высш. уч. заведений. Урал. регион. 2017. № 1. С. 110-117.

11. Сидоренко М.Л., Бережная В.В., Клыков А.Г. Препарат для увеличения урожайности яровой пшеницы // Патент РФ № 2760337 С1. 24.11.2021.

12. Снявский И. В., Плотноков А. М., Созинов А. В. Влияние перепревшего гусиного помета и минеральных удобрений на продуктивность зернопарового севооборота в условиях лесостепной зоны Зауралья // Агрохимия. 2021. № 12. С. 54-63. <https://doi.org/10.31857/S0002188121120140>.

13. Снявский И.В., Еликбаева С.А. Влияние сочетаний органических и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в звене зернопарового севооборота // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 2 (30). С. 34-37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sochetaniy-organicheskikh-i-mineralnykh-udobreniy-na-urozhaynost-i-kachestvo-zerna-yarovoy-pshenitsy-v-zvene-zernoparovogo> (дата обращения: 07.10.2024).

14. Влияние удобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы / Р. В. Мимонов, В. Ф. Шаповалов, Е. В. Смольский и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 8. С. 6-12.

15. Семенов П. Г., Амиров М.Ф. Влияние некорневых подкормок на урожайность и качество зерна пшеницы двузернянки (полбы) в условиях Предкамья Республики Татарстан // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3. С. 10-18. – <https://doi.org/10.55170/1997-3225-2024-9-3-10-18>.

16. Занилов А.Х., Адаев А.Н., Мууев. А.А. Агроэкологическая оценка различных систем удобрения в условиях Республики Татарстан // Вестник Казанского ГАУ. 2018. № 4(51). С. 29-34. https://doi.org/10.12737/article_5c3de37942e0c7.13158665

17. Система земледелия Республики Татарстан / под ред. И.Х. Габдрахманова. – Казань: МСХНП РТ, 2013. 167 с.

18. Шафран С.А. Проблемы азота в земледелии России и ее решение // Плодородие почв России: состояние и возможности. 2019. С. 32-39.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Даминова Аниса Илдаровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии, животноводства и химии, e-mail: danis14@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3848-4798>

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

EFFECT OF COMBINED APPLICATION OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY OF DOUBLE-GRAIN WHEAT (SPELT TRITICUM DICOCCUM SCHARK) IN CONDITIONS OF KAMA DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

A. I. Daminova, R. I. Garayev, F. Sh. Shaykhutdinov, I. M. Serzhanov

Abstract. The research was conducted in 2019-2021 in the Kama zone of the Republic of Tatarstan. The aim of the research was to develop a method of increasing the productivity of double-grain wheat on the basis of application of mineral fertilizers and poultry manure under pre-sowing cultivation. The work was carried out at the experimental ground of Kazan State Agrarian University, where the soil is gray forest medium loamy, medium loamy by granulometric composition, with the following agrochemical parameters: humus (according to Tyurin) - 3.2-3.4%, the sum of absorbed bases 27.0 mg-eq./1000 g of soil, easily hydrolyzable nitrogen - 110 mg/1000 g of soil (according to Kornfeld), mobile phosphorus and potassium (according to Kirsanov), respectively, 233-240 and 176-189 mg/1000 g of soil, pH sol. - 5.7. The research object was double-grain wheat (*Triticum dicoccum*) sample k-10456 (collection sample of VIR named after Vavilov). Repetition of the experiment was fourfold, the plots were placed sequentially, the area of each plot was 60 m². Meteorological conditions during the study period were typical for the cultivation zone. HTC - in 2019 - 1.37, 2020 - 1.13 and 2021 - 0.37 (HTC was calculated from the data of Kazan State Agrarian University meteoropost on the territory of Agrobiotechnopark in the village of Narmonka Laishevskiy district, Republic of Tatarstan). Application of N₁₆P₁₆K₁₆ + 200 kg/ha of poultry manure into the soil provides obtaining from each hectare of sowing 0.48 t/ha of increase, which is 26.1% more in relation to the control, which is statistically provable (NSR₀₅-0.09 t/ha). The combination of maximum productivity of spelt grain in this variant (with the application of N₁₆P₁₆K₁₆ + 200 kg/ha of poultry manure) - 2.32 t/ha with high protein content (15.47%) contributed to an increase in gross protein yield per unit area (359 kg/ha), which is 102 kg or 39,7% more than the control. Consequently, the optimal rate of poultry manure application is 200 kg/ha.

Key words: wheat (*Triticum*), spelt (*Triticum dicoccum*), grain, mineral fertilizers, poultry manure, yield, microorganisms.

For citation: Effect of combined application of organic and mineral fertilizers on productivity of double-grain wheat (spelt *Triticum dicoccum* Scharke) in conditions of Kama district of the Republic of Tatarstan // A.I. Daminova, R.I. Garaev, F.Sh. Shaykhutdinov. Agrobiotechnologies and digital farming. 2024. № 4(12). 25-30 p.

References

1. Temirbekova SK, Kulikov IM, Kurilo AA. [New genetic sources of crops resistance for use in breeding]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2010; 4. 42-46 p.

2. Muslimov MG, Ismagilov AB. [Spelt is a valuable crop]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2012; 3. 40-42 p.

3. Shaykhutdinov FSh, Serzhanov IM, Ibyatov RI. [The influence of agricultural practices on the yield and grain quality of emmer wheat (*emmercus*) in the conditions of Kama region of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gos-*

darstvennogo agrarnogo universiteta. 2018; Vol.13. 4(51). 103-108 p.

4. Amirov MF, Semenov PG, Minnullin GS. [Responsiveness of emmer wheat varieties to calculated doses and combinations of macronutrients in the conditions of Kama region of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.19. 2(74). 5-11 p. doi 10.12737/2073-0462-2024-5-11.

5. Garaev RI, Shaykhutdinov FSh, Serzhanov IM. [Productivity of emmer agrocenosis depending on the predecessor in Kama region of the Republic of Tatarstan]. Biologicheskie preparaty i priemy biologizatsii v sovremennom zemledelii: materialy I Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennyy agrarny universitet. 2023; 164-169 p.

6. Lavgrouv A, Dann Dzh, Pellni TK. [Comparative composition of soft wheat, emmer and spelt grain grown with different levels of nitrogen fertilization]. Produkty pitaniya. 2023; 12(4). 843 p. <https://doi.org/10.3390/foods12040843>.

7. Plotnikov AM, Kabdunova GS. [Balance of nutrients and productivity of grain-fallow crop rotation with the use of mineral fertilizers]. Problemy agrokhemii i ekologii. 2018; 1. 38-41 p.

8. Gayfullin IKh, Ganiev AS, Khaliullina ZM. [Comparative assessment of the effectiveness of organic fertilizers based on chicken manure]. Biologicheskaya zashchita rasteniy s ispolzovaniem genomnykh tekhnologii: materialy I Vserossiiskoi nauch.-prakt. konf. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennyy agrarny universitet. 2022; 119-125 p.

9. Khaliullina ZM, Ganiev AS, Gayfullin IKh. [Comparative analysis of biometric indicators of wheat when adding chicken manure]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2023; 3(7). 49-55 p. – <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-49-55>.

10. Sinyavskiy IV, Chinyaeva YuZ, Kalganov AA. [Aftereffect of mineral and organo-mineral fertilizers on soil microflora and spring wheat yield in the northern forest-steppe of the Trans-Urals]. Izv. Vyssh. uch. zavedenii. Ural. region. 2017; 1. 110-117 p.

11. Sidorenko ML, Berezhnaya VV, Klykov AG. [Preparation for increasing the o spring wheat yield]. Patent RF № 2760337 S1. 24.11.2021.

12. Sinyavskiy IV, Plotnikov AM, Sozinov AV. [Effect of rotted goose droppings and mineral fertilizers on the productivity of grain-fallow crop rotation in the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. Agrokhemiya. 2021; 12. 54-63 p. <https://doi.org/10.31857/S0002188121120140>.

13. Sinyavskiy IV, Elikbaeva SA. [Influence of combinations of organic and mineral fertilizers on the yield and quality of spring wheat grain in the grain-fallow crop rotation link]. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2019; 2 (30). 34-37 p. [cited 2024, October 07]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sochetaniy-organicheskikh-i-mineralnyh-udobreniy-na-urozhaynost-i-kachestvo-zerna-yarovoy-pshenitsy-v-zvne-zemoparovogo>.

14. Mimonov RV, Shapovalov VF, Smolskiy EV. [The influence of fertilizers on the quality indicators of winter wheat grain]. Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2020; 8. 6-12 p.

15. Semenov PG, Amirov MF. [The influence of foliar fertilizing on the yield and quality of grain of emmer wheat in the conditions of Kama region of the Republic of Tatarstan]. Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2024; 3. 10-18 p. – <https://doi.org/10.55170/1997-3225-2024-9-3-10-18>.

16. Zamilov AKh, Adaev AN, Muuev AA. [Agroecological assessment of various fertilizer systems in the conditions of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo GAU. 2018; 4(51). 29-34 p. https://doi.org/10.12737/article_5c3de37942ec7.13158665

17. Gabdrakhmanov IKh. Sistema zemledeliya Respubliki Tatarstan. [Agriculture system of the Republic of Tatarstan]. Kazan: MSKHiP RT. 2013; 167 p.

18. Shafran SA. [Problems of nitrogen in agriculture of Russia and its solution]. Plodorodie pochv Rossii: sostoyanie i vozmozhnosti. 2019; 32-39 p.

Conflict of interest

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

Authors:

Daminova Anisa Ildarovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology, Animal Husbandry and Chemistry, e-mail: danis14@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3848-4798>

Garaev Razil Ilsurovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Plant and Fruit Growing Department, e-mail: rass112@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-7774-6553>

Shaykhutdinov Farit Sharipovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Plant and Fruit Growing Department, e-mail: faritshay@kazgau.com, <https://orcid.org/0009-0006-1423-4846>

Serzhanov Igor Mikhaylovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Plant and Fruit Growing Department, e-mail: igor.serzhanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1758-0622>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСАДКИ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ
КАРТОФЕЛЯ****Л. М. Егоров, И. Х. Гайфуллин, О. А. Егорова**

Реферат. Целью наших исследований являлось изучение влияния сроков посадки картофеля на показатели роста, развития и урожайность перспективных раннеспелых сортов Ривьера и Регги. Полевые опыты в 2024 году были проведены в ООО «Агробiotехнопарк» при ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ». Схема стационарного полевого опыта предусматривала изучение сортов картофеля Регги и Ривьера при следующих сроках посадки: 15 мая (контроль), 20 мая и 25 мая. Почва опытного участка – серая лесная. Исходное содержание гумуса по И.В. Тюрину 3,5-3,7%, подвижного фосфора – 250 мг/кг и обменного калия по А.Т. Кирсанову – 145 мг/кг почвы, рН (по солевой вытяжке) 6,3. Повторность опыта – трехкратная, размещение делянок рендомизированное, площадь каждой делянки 60 м². Система основной и предпосадочной подготовки почвы включала осеннюю зяблевую вспашку на глубину 21 см, плугом ПЛН-5-35 в агрегате с трактором МТЗ-1221, за день до посадки было проведено рыхление агрегатом КСН-3,4 на глубину 17 см и предпосадочное фрезерование почвы. При посадке картофеля вносили минеральные удобрения дозой N₄₀P₄₀K₄₀. Посадку проводили 15, 20 и 25 мая картофелесажалкой КСМ-4Н. Норма посадки клубней составляла 2,9 т/га (по схеме 75х30 см, средняя масса посадочного материала 65 г.) в среднем густота посадки составляла 44000 штук посадочных клубней/га. В условиях 2024 года проведение посадок картофеля в более ранние сроки (15 мая) позволило по изучаемым раннеспелым сортам Ривьера и Регги сформировать максимальную высоту растений картофеля (42,7 и 49,5 см соответственно), а также сохранить максимальное количество стеблей изучаемой культуры (4,8 и 5,1 штук/куст). При более поздних посадках картофеля (25 мая) происходило максимальное обламывание и травмированные проростков картофеля после яровизации. Посадка изучаемых сортов картофеля в более ранние сроки способствовало максимальному накоплению надземной массы ботвы, которая у сорта Регги достигла 326,5 г/куст, а площадь листьев составила – 24,650 тыс.м²/га. Максимальное накопление массы клубней – 591,3 г/куст у сорта Регги было сформировано при посадке картофеля 15 мая. Наибольшая урожайность картофеля сорта Регги 23,65 т/га была получена при посадке 15 мая, а проведение более поздних посадок (20 и 25 мая) привело к снижению продуктивности урожая картофеля и составила 22,38 и 21,87 т/га соответственно.

Ключевые слова: сроки посадки, картофель (*solanum tuberosum*), сорта, яровизация, ботва, клубни, урожайность.

Для цитирования: Егоров Л.М., Гайфуллин И.Х., Егорова О.А. Влияние сроков посадки на рост, развитие и урожайность картофеля // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2024. № 4(12). С. 31-36

Введение. По последним данным Федеральной службы государственной статистики в 2023 году площадь посадки картофеля в хозяйствах всех категорий в Республике Татарстан составила 44,1 тыс. гектаров, что на 101,0% больше чем в 2022 году. При этом валовой сбор картофеля в нашей республике в 2023 году составил 8 796,5 тыс. центнеров, а в более благоприятном по погодным условиям в 2022 году валовой сбор он достиг 9 201,4 тыс. центнеров.

Погодные условия в последние годы оказывают значительное влияние при возделывании картофеля [1, 2]. Особенно ощутимо воздействие высоких и низких температур, которые заставляют сельхоз товаропроизводителей приспосабливаться под погодные условия при посадке данной культуры [3, 4, 5]. Для картофеля процесс яровизации и проращивания клубней является важным элементом технологии возделывания культуры. Так как проведение данных мероприятий позволяет получить более ранние и дружные всходы картофеля [6, 7]. Однако погодные условия мая 2024 года не позволили провести посадку картофеля, так как уже отмечалось выше, из-за довольно

низких температур воздуха, который наблюдался в первой половине мая месяца. Вследствие этого закладка полевого опыта по изучению сроков посадки картофеля нами была проведена начиная с 15 мая 2024 года и далее через каждые пять дней. Но при затягивании сроков посадки картофеля, наблюдалось увеличение клубней, у которых при механизированной посадке с помощью картофелесажалки происходило «обламывание» проростков, что привело в дальнейшем более позднему прорастанию картофеля, из-за появления ростков «второй волны» [8, 9, 10].

Целью наших исследований являлось изучение влияния сроков посадки картофеля на показатели роста, развития и урожайность перспективных раннеспелых сортов Ривьера и Регги [11, 12, 13].

Условия, материалы и методы. Аномально холодный период первой и второй декады мая месяца 2024 года значительно отличался от среднесезонных данных. По данным метеопоста Казанского ГАУ среднесуточная температура воздуха в мае составила всего 11,0⁰С, что составило 78,6% от среднесезонных данных. Вследствие вышесказанного,

сроки посадки картофеля были перенесены на вторую и третью декаду мая месяца (рис.).

Май месяц отметился довольно значительным выпадением атмосферных осадков - 52,9 мм, при среднемноголетних значениях

всего 38,0 мм. В июне месяце при среднемесячной норме осадков 57,0 мм, выпало всего лишь 15,8 мм, что составило всего 27,7% от среднемноголетних данных, а температура воздуха наоборот была выше среднемноголетних данных и составила 21,7⁰С.

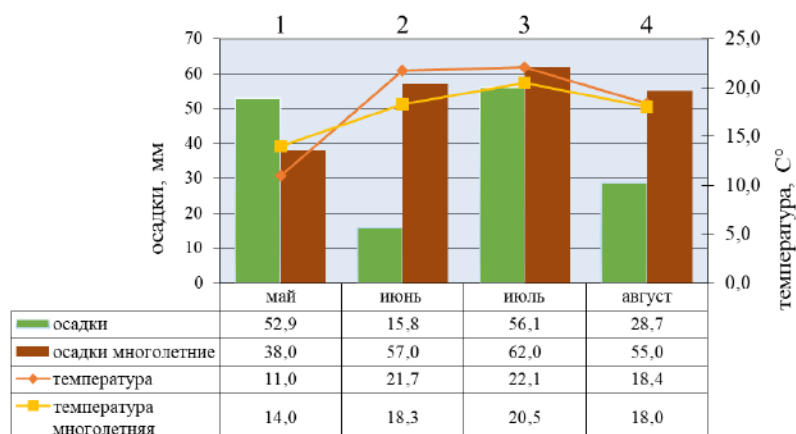


Рис. – Метеоданные за вегетационный период 2024 года (данные метеопоста Казанского ГАУ)

Повышенная температура атмосферного воздуха и минимальное количество выпавших осадков в период фаз бутонизации и цветения негативно повлияли на нарастание надземной массы ботвы и, следовательно, на площадь развития листовой поверхности изучаемых сортов картофеля Ривьера и Регги.

Подготовка почвы под закладку опыта по картофелю включал в себя следующие операции: осенью 2023 года была проведена отвальная зяблевая вспашка на глубину 21 см плугом ПЛН-5-35; весной на данном участке опыта было проведено боронование тяжелыми боронами «закрытие влаги»; далее за день до посадки проводили рыхление агрегатом КСН-3,4 на глубину 17 см. Непосредственно в день посадки проводили фрезерование почвы горизонтальной фрезой. Посадку картофеля, (15, 20 и 25 мая) осуществляли четырехрядной навесной сажалкой с одновременным внесением минеральных удобрений. После посадки картофеля, в опыте провели гребневое образование [14, 15, 16].

Для борьбы с однолетними двудольными и злаковые сорняками, в опыте, до появления всходов картофеля, использовали почвенный гербицид Лазурит Ультра, СК (600 г/л), нормой расхода препарата 1,0 л/га, для уменьшения количества многолетних злаковых сорняков по всходам картофеля применяли гербицид

Миура, КЭ (125 г/л) нормой расхода препарата 1,0 л/га. При возделывании картофеля всегда следует уделять внимание снижению развития фитофтороза и альтернариоза, вследствие вышесказанного была проведена фунгицидная обработка посадок картофеля препаратом Метаксил, СП (640+80 г/кг) нормой внесения 2,5 кг/га [17, 18].

Из-за минимального выпадения осадков в критическую фазу роста и развития картофеля с конца июня и в начале июля, в период бутонизации и цветения в опыте было проведено два полива посадок картофеля путем дождевания.

Результаты и обсуждение. Низкие положительные температуры первой половины мая месяца 2024 года не позволили провести более раннюю посадку изучаемых сортов Регги и Ривьера. Посадка картофеля 15 мая в условиях ООО «Агробиотехнопарк» при ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» способствовала появлению более дружных всходов с минимальными потерями проростков при механизированной посадке.

Высокие положительные температуры, которые наблюдались в конце июня и в начале июля месяца способствовали более быстрому прохождению фазы развития как фазы бутонизация, так и фазы цветения картофеля изучаемых сортов (табл. 1).

Таблица 1 – Фенологические фазы развития картофеля в зависимости от сроков посадки, 2024 год

Сроки посадки	Фазы развития		
	Всходы	Бутонизация	Цветение
Сорт Ривьера			
15 мая (контроль)	04.06.2024	20.06.2024	28.06.2024
20 мая	09.06.2024	22.06.2024	30.06.2024
25 мая	12.06.2024	23.06.2024	01.07.2024
Сорт Регги			
15 мая (контроль)	02.06.2024	19.06.2024	26.06.2024
20 мая	07.06.2024	20.06.2024	26.06.2024
25 мая	09.06.2024	22.06.2024	28.06.2024

АГРОНОМИЯ

При посадке картофеля 15 мая на контрольном варианте у сорта Ривьера всходы были получены 4 июня, а у сорта Регги – 2 июня. При более поздних сроках посадки – 25 мая у сорта Ривьера всходы были получены – 12 июня, а у сорта Регги – 9 июня 2024 года.

При анализе морфологических показателей изучаемых сортов картофеля, посаженных

15 мая 2024 года можно сделать вывод о том, что более ранние посадки картофеля способствовали формированию наибольшей величины высоты растений, так по сорту Регги, при посадке 15 мая (контроль) ее величина достигла в среднем 49,5 см, также при данной дате посадки было сформировано максимальные количество стеблей в пересчете на один куст, где оно составило 5,1 шт. (табл. 2).

Таблица 2 - Высота растений и количество стеблей картофеля изучаемых сортов в зависимости от сроков

Сроки посадки	Высота растений, см	Количество стеблей, шт./куст
Сорт Ривьера		
15 мая (контроль)	42,7	4,8
20 мая	40,5	4,4
25 мая	39,3	4,1
Сорт Регги		
15 мая (контроль)	49,5	5,1
20 мая	46,2	4,9
25 мая	44,4	4,7
НСР ₀₅ А	5,43	0,66
НСР ₀₅ В	1,72	0,21
НСР ₀₅ АВ	1,36	0,24

Более поздние сроки посадки 20 и 25 мая способствовали потере проростков при механизированной посадке, что в конечном итоге приводило к уменьшению количеству стеблей, в пересчете на один куст.

У сорта Ривьера максимальная высота растений также была отмечена при более ранней посадке клубней картофеля (15 мая контроль) где она составила 42,7 см.

Проведение более поздних сроков посадки картофеля в нашем случае, способствовало увеличению обламывания проростков при механизированной посадке, вследствие чего нами отмечено некоторое снижение динамики нарастания надземной массы ботвы и площади развития листовой поверхности изучаемых сортов картофеля Ривьера и Регги (табл. 3).

Таблица 3 - Динамика нарастания надземной массы изучаемых сортов картофеля в зависимости от сроков посадки, 2024 года

Сроки посадки	до 30 г		30-60 г		более 60 г		Всего г/куст
	г/куст	%	г/куст	%	г/куст	%	
Сорт Ривьера							
15 мая (контроль)	87,8	17	140,5	27,0	292,3	56,1	520,6
20 мая	81,2	16	128,7	25,8	289,3	58,0	499,2
25 мая	74	15	125,7	26,1	281,3	58,5	481,0
Сорт Регги							
15 мая (контроль)	101,8	17	148,8	25,2	340,7	57,6	591,3
20 мая	88,2	16	140,3	25,1	331,0	59,8	559,5
25 мая	84,3	15	134,5	24,6	328,0	60	546,8
НСР ₀₅ А	9,61		6,69		7,94		20,58
НСР ₀₅ В	0,83		3,47		3,12		12,68
НСР ₀₅ АВ	5,51		2,80		5,48		8,18

При посадке картофеля 15 мая (контроль) по обоим сортам отмечалось наибольшее нарастание надземной массы ботвы, так у сорта Ривьера она в фазу цветения достигла 302,6 г/куст, а у сорта Регги соответственно – 326,5 г/куст. Следовательно, площадь развития листовой поверхности при посадке картофеля обоих сортов 15 мая была выше чем у более поздних сроков посадки.

Повышение среднесуточной температуры воздуха при возделывании картофеля выше

среднегодовых данных и минимальное количество осадков, выпавших в июне месяце повлияло на динамику нарастания массы клубней картофеля изучаемых сортов.

Так изучая три срока посадки можно судить о том, что более ранний срок посадки 15 мая (контроль) позволил сформировать максимальную массу клубней в пересчете на один куст, где он составил 520,6 г у сорта Ривьера, и у сорта Регги он достиг 591,3 г/куст. Более поздние сроки посадки картофеля по обоим

сортам показали незначительное снижение по формированию массы клубней (табл. 4).

Таблица 4 - Динамика нарастания массы клубней изучаемых сортов картофеля в зависимости от сроков посадки, 2024 год

Сроки посадки	до 30 г		30-60 г		более 60 г		Всего
	г/куст	%	г/куст	%	г/куст	%	
Сорт Ривьера							
15 мая (контроль)	87,8	17	140,5	27,0	292,3	56,1	520,6
20 мая	81,2	16	128,7	25,8	289,3	58,0	499,2
25 мая	74	15	125,7	26,1	281,3	58,5	481,0
Сорт Регги							
15 мая (контроль)	101,8	17	148,8	25,2	340,7	57,6	591,3
20 мая	88,2	16	140,3	25,1	331,0	59,8	559,5
25 мая	84,3	15	134,5	24,6	328,0	60	546,8
НСР ₀₅ А	9,61		6,69		7,94		20,58
НСР ₀₅ В	0,83		3,47		3,12		12,68
НСР ₀₅ АВ	5,51		2,80		5,48		8,18

Анализируя структуру урожая можно судить о том, что у обоих изучаемых сортов доля клубней, относящихся к продовольственной фракции преобладает, так у сорта у сорта Регги она составляет от 57,6 до 60%. Доля семенной фракции в структуре урожая у сорта Ривьера составляет от 25,8 до 27,0%, а у сорта Регги она достигла от 24,6 до 25,2%.

Несмотря на прохладный май месяц и довольно засушливый июнь, в наших исследованиях получилось сформировать довольно значительный урожай изучаемых сортов картофеля. Так максимальная урожайность клубней картофеля у сорта Регги была сформирована при посадке 15 мая (контроль) где она достигла 23,65 т/га, а при посадке 25 мая она достигла лишь 21,87 т/га (табл. 5).

Таблица 5 - Урожайность картофеля изучаемых сортов в зависимости от сроков посадки, 2024 год

Сроки посадки	Урожайность, т/га	
	2024 год	Отклонение
Сорт Ривьера		
15 мая (контроль)	20,38	-
20 мая	19,54	- 0,84
25 мая	18,83	- 1,55
Сорт Регги		
15 мая (контроль)	23,65	-
20 мая	22,38	- 1,27
25 мая	21,87	- 1,78
НСР ₀₅ А	0,89	
НСР ₀₅ В	1,18	
НСР ₀₅ АВ	0,34	

Продуктивность раннеспелого сорта картофеля Ривьера при посадке 15 мая (контроль) составила 20,38 т/га, а при посадке 25 мая она достигла лишь 18,83 т/га, что на 1,55 ниже контрольного варианта.

Выводы. При посадке картофеля 15 мая (контроль) в условиях 2024 года была сформирована наибольшая высота растения, которая у сорта Регги достигла 49,5 см, что на 10,3% выше варианта при котором посадка картофеля была проведена 25 мая. При самом раннем сроке посадки картофеля (15 мая) по обоим изучаемым сортам наблюдается повышение количества формируемых стеблей, так у сорта Регги она составила - 5,1, у сорта Ривьера – 4,8 шт./куст соответственно. Проведение более ранних посадок картофеля (15 мая) в условиях 2024 года оказало выраженное

положительное влияние на величину нарастания надземной массы картофеля изучаемых сортов, при котором в фазу цветения она составила у сорта Регги – 326,5 г/куст, а у сорта Ривьера – 302,6 г/куст.

Максимальное значение массы клубней картофеля у сорта Регги была достигнута при более ранней посадке (15 мая) при котором ее величина достигла 591,3 г/куст.

По результатам наших исследований можно судить о том, что погодные климатические условия значительно влияют на формирование продуктивности картофеля, так посадка обоих раннеспелых сортов картофеля 15 мая (контроль) позволила сформировать максимальную урожайность по сорту Ривьера она составила – 20,38 т/га, а по сорту Регги – 23,65 т/га.

Литература

1. Анисимов Б.В. Мировое производство картофеля: тенденции рынка, прогнозы и перспективы (аналитический обзор) // Картофель и овощи. 2021. №10. С. 3-8. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.45.71.008>.
2. Шашкаров Л. Г., Самаркин А. А., Мефодьев Г. А. Формирование ассимиляционной поверхности листьев картофеля в зависимости от глубины посадки клубней и способа предпосадочной подготовки клубней к посадке // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14, № 2(53). С. 68-71. doi 10.12737/article_5d3e16a104fed3.42056583.
3. Чехалкова Л. К., Конова А. М., Гаврилова А. Ю. Особенности возделывания нового сорта картофеля Смоляночка // Овощи России. 2019. № 4(48). С. 93-97. doi 10.18619/2072-9146-2019-4-93-97.
4. Калинин А. Б., Теплинский И. З. Методы и средства управления режимами влагообеспечения в технологическом возделывании картофеля // Картофель и овощи. 2022. №2. С. 28-32. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.11.32.004>
5. Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В., Лапушкина В. Н. Факторы, обеспечившие формирование урожайности картофеля при возделывании на грядах // Аграрный вестник Урала. 2020. № 7(198). С. 12-22. doi 10.32417/1997-4868-2020-198-7-12-22.
6. Григоров М. С., Жидков В. М., Захаров В. В. Ресурсосберегающий режим капельного орошения при выращивании картофеля // Аграрная наука. 2011. № 5. С. 20-22.
7. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Жевора С.В. Картофелеводство России: состояние и перспективы в новых условиях // Картофель и овощи. 2022. №4. С. 3-6. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.80.38.001>.
8. Петров Н. Ю., Бикметова К. Р. Способы обработки картофеля перед закладкой на длительное хранение // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 4. С. 32-47. doi 10.36107/spfr.2021.204.
9. Плещакёв Ю. Н., Зимина Ж. А., Андросов П. А. Возделывание раннего картофеля в регионе Северного Прикаспия // Проблемы развития АПК региона. 2022. № 51. С. 89-93. ISSN 2079-0996. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/329654>.
10. Амелюшкина, Т.А. Оценка сортов для производства раннего картофеля // Вестник аграрной науки. 2020. № 2(83). С. 3-8. ISSN 2587-666X. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/312745>.
11. Новые перспективные сорта картофеля для различного целевого использования в товарном производстве / Е.А. Симаков, Б.В. Анисимов, А.В. Митюшкин и др. // Картофель и овощи. 2024. №2. С. 35-39. <https://doi.org/10.25630/PAV.2024.27.20.004>.
12. Валнева В. Формирование урожайности картофеля в зависимости от сорта // Молодежь и наука. 2020. № 5. С. 30-33. ISSN 2308-0426. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/344543>.
13. Комплексная оценка новых столовых и пригодных к промышленной переработке сортов картофеля / И. Н. Гаспарян, М. А. Петрова, Ш.В. Гаспарян // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2023. № 5 (74). С. 25-36. ISSN 2078-1318. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/351281>.
14. Иванюшин, Е.А., Хачукаев Р.С. Эффективность применяемых удобрений на картофеле // Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 1. С. 27-30. ISSN 2227-4227. Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/308208>.
15. Зависимость урожайности и качества скороспелых сортов картофеля от уровня минерального питания в условиях Северо-Запада России / З. П. Котова, Т. А. Данилова, А. И. Иванов, Ю. А. Тюкалов // Агрохимический вестник. 2021. № 2. С. 33-37. doi 10.24412/1029-2551-2021-2-006.
16. Совершенствование агротехнических приемов в элитном семеноводстве картофеля / А. И. Черемсин, И. А. Якимова, В. Н. Кумпан [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 3. С. 44-50. ISSN 2222-0364. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/313987>.
17. Галеев Р. Р., Шульга М. С., Ковалев Е. А. Эффективность применения гербицидов на картофеле в лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник НГАУ. 2021. № 3. С. 7-15. ISSN 2504-1406. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/316451>.
18. Адаптация инновационных приемов в технологии возделывания картофеля / А. А. Моляко, А. В. Марухленко, Л. А. Еренкова [и др.] // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 12-16. ISSN 4444-4494. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/312192>.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Егоров Леонид Михайлович - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и плодовоовощеводства, e-mail: Leon-1978.1978@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3973-4576>

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

Егорова Ольга Алексеевна - аспирант, научный сотрудник, e-mail: egorova.615@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

INFLUENCE OF PLANTING DATES ON GROWTH, DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF POTATOES

L.M. Egorov, I.H. Gayfullin, O.A. Egorova

Abstract. The aim of our research was to study the influence of potato planting dates on growth, development and productivity of promising early-ripening varieties Riviera and Reggi. Field experiments in 2024 were conducted at LLC Agrobiotechnopark at Kazan State Agrarian University. The scheme of the stationary field experiment provided for the study of potato varieties Reggi and Riviera at the following planting dates: May 15 (control), May 20 and May 25. The soil of experimental plot was gray forest soil. The initial humus content according to I.V. Tyurin was 3.5-3.7%, mobile

phosphorus - 250 mg/kg and exchangeable potassium according to A.T. Kirsanov - 145 mg/kg of soil, pH (according to salt extract) - 6.3. The experiment was repeated three times, the placement of plots was randomized, the area of each plot was 60 m². The system of primary and pre-planting soil preparation included autumn winter plowing to a depth of 21 cm, by PLN-5-35 plow in conjunction with MTZ-1221 tractor, the day before planting, loosening was carried out by KSN-3.4 aggregate to a depth of 17 cm and pre-planting milling of the soil was carried out. When planting potatoes, mineral fertilizers were applied at a dose of N₄₀P₄₀K₄₀. Planting was carried out on May 15, 20 and 25 by KSM-4N potato planter. The tuber planting rate was 2.9 t/ha (according to 75x30 cm scheme, the average weight of planting material was 65 g), the average planting density was 44 000 pieces of planting tubers/ha. Under the conditions of 2024, planting potatoes at an earlier date (May 15) allowed for the studied early-ripening varieties Riviera and Reggi to form the maximum height of potato plants (42.7 and 49.5 cm, respectively), and also to preserve the maximum number of stems of the studied crop (4.8 and 5.1 pieces/bush). With later potato plantings (May 25), there was a maximum breakage and injury of potato sprouts after vernalization. Planting the studied potato varieties at earlier dates contributed to the maximum accumulation of the aboveground mass of the tops, which in Reggi variety reached 326.5 g/bush, and the leaf area was 24 650 thousand m²/ha. The maximum accumulation of tuber mass - 591.3 g/bush in Reggi variety was formed when planting potatoes on May 15. The highest productivity of Reggi potatoes 23.65 t/ha was obtained when planting on May 15, and later planting (May 20 and 25) led to a decrease in the productivity of the potato crop and amounted to 22.38 and 21.87 t/ha, respectively.

Key words: planting dates, potatoes (*solanum tuberosum*), varieties, vernalization, tops, tubers, yield.

For citation: Egorov L.M., Gayfullin I.Kh., Egorova O.A. Influence of planting dates on growth, development and productivity of potatoes. *Agrobiotechnology and digital agriculture*. 2024; № 4.(12). 31-36 p.

References

1. Anisimov B.V. [World potato production: market trends, forecasts and prospects (analytical review)]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2021. No. 10. pp. 3-8. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.45.71.008>.
2. Shashkarov L. G., Samarkin A. A., Methodiev G. A. [Formation of the assimilation surface of potato leaves depending on the depth of tuber planting and the method of pre-planting preparation of tubers for planting]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. Vol. 14, No. 2(53). pp. 68-71. doi 10.12737/article_5d3e16a104fed3.42056583.
3. Chelkova L. K., Konova A.M., Gavrilova A. Yu., [Features of cultivation of a new variety of potato Smolyanochka]. *Ovoshchi Rossi*. 2019. No. 4(48). pp. 93-97. doi 10.18619/2072-9146-2019-4-93-97. EDN WNRAFR.
4. Kalinin A. B., Teplinsky I. Z. [Methods and means of controlling moisture supply regimes in potato cultivation technology]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2022. No. 2. pp. 28-32. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.11.32.004>.
5. Rabinovich G. Yu., Tikhomirova D. V., Lapushkina V. N. [Factors that ensured the formation of potato yields during cultivation on ridges]. *Agrarnyj vestnik Urala*. 2020. No. 7(198).pp.12-22. doi 10.32417/1997-4868-2020-198-7-12-22.
6. Grigorov M. S., Zhidkov V. M., Zakharov V. V. [Resource-saving drip irrigation regime in potato cultivation]. *Agrarnaya nauka*. 2011. No. 5. pp. 20-22.
7. Simakov E.A., Anisimov B.V., Zhevor S.V. [Potato growing in Russia: state and prospects in new conditions]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2022. No.4. pp. 3-6. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.80.38.001>.
8. Petrov N. Yu., Bikmetova K. R. [Methods of processing potatoes before laying for long-term storage]. *Hranenie i pererabotka sel'hozyr'ya*. 2021. No. 4. pp. 32-47. doi 10.36107/spf.2021.204. – EDN UVCNRU.
9. Pleskachev Yu. N., Zimina Zh. A., Androsov P. A. [Early potato cultivation in the Northern Caspian region]. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2022. No. 51. pp. 89-93. ISSN 2079-0996. Text : electronic // Lan : electronic library system. - URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/329654>.
10. Amelyushkina, T.A. [Evaluation of varieties for the production of early potatoes]. *Vestnik agrarnoj nauki*. 2020. No. 2(83). pp. 3-8. ISSN 2587-666X. Text : electronic // Lan : electronic library system. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/312745>.
11. Simakov E.A., Anisimov B.V., Mityushkin A.V. [New promising potato varieties for various target uses in commodity production]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2024. No.2. pp. 35-39. <https://doi.org/10.25630/PAV.2024.27.20.004>.
12. Valieva V. [Formation of potato yield depending on the variety]. *Molodezh' i nauka*. 2020. No. 5. pp. 30-33. ISSN 2308-0426. Text : electronic // Lan : electronic library system. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/344543>.
13. Gasparyan I. N., Petrova M. A., Gasparyan Sh. V. [Comprehensive assessment of new canteens and potato varieties suitable for industrial processing]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023. No. 5 (74). pp. 25-36. ISSN 2078-1318. Text : electronic // Lan : electronic library system. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/351281>.
14. Ivanyushin, E.A., Khachukaev R.S. [The effectiveness of applied fertilizers on potatoes]. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2018. No. 1. pp. 27-30. ISSN 2227-4227. Text: electronic // Lan : electronic library system. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/308208>.
15. Kotova Z. P., Danilova T. A., Ivanov A. I., Tyukalov Yu. A. [Dependence of yield and quality of precocious potato varieties on the level of mineral nutrition in the conditions of the North-West of Russia]. *Agrohimicheskij vestnik*. 2021. No. 2. pp. 33-37. doi 10.24412/1029-2551-2021-2-006.
16. Cheremisin, I. A. Yakimova, V. N. Kumpan [et al.] [Improvement of agrotechnical techniques in elite potato seed production / A. I.]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. No. 3. pp. 44-50. ISSN 2222-0364. Text : electronic // Lan : electronic library system. - URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/313987>.
17. Galeev R. R., Shulga M. S., Kovalev E. A. [The effectiveness of herbicides on potatoes in the forest-steppe of the Novosibirsk region]. *Vestnik NGAU*. 2021. No. 3. pp. 7-15. ISSN 2504-1406. Text : electronic // Lan : electronic library system. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/316451>.
18. Molyavko A. A., Marukhlenko A.V., Erenkova L. A. [et al.] [Adaptation of innovative techniques in potato cultivation technology]. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2019. No. 1. pp. 12-16. ISSN 4444-4494. Text : electronic // Lan : electronic library system. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/312192>.

Conflict of interest

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

Authors:

Egorov Leonid Mikhailovich - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Crop and Horticulture, e-mail: Leon-1978.1978@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-3973-4576>

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

Egorova Olga Alekseevna - graduate student, research associate, e-mail: egorova.615@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ ЦИТОДЕФ-100 И ГИБЕРЕЛОНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ НУТА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**Р. М. Сабирова, И. Х. Вафин, А. Ж. Акеншаева, Р. Р. Бахтияров**

Реферат. Исследования проводились с целью оценки эффективности применения химических регуляторов роста и развития растений (препараты Цитодеф-100, Гиберелон) на особенности формирования урожая растений нута. Опыты проводились в 2021-2022 годах на серой лесной почве Агробиотехнопарка Казанского ГАУ. Схема опыта: контроль (без применения регуляторов роста); обработка семян регулятором роста Цитодеф-100 (60 г/т); обработка семян Цитодеф-100 (60 г/т) и двукратное опрыскивание Гиберелоном (70 г/га) в фазах 3-5 настоящих листьев и полного цветения. Объектом исследований служил сорт нута Привол. Почва – серая лесная, тяжелосуглинистая. Содержание гумуса 4,4% (по Тюрину), подвижного фосфора 378 мг/кг и обменного калия – 125 мг/кг (по Кирсанову), $pH_{\text{сол}}$ – 5,2. Повторность опыта – четырехкратное, размещение делянок последовательное, площадь каждой делянки 25 м². Система основной и предпосевной подготовки почвы включала лущение стерни, вспашку, культивацию, предпосевное и послепосевное боронование, предпосевное внесение азофоски в норме 150 кг/га. Погодные условия в изучаемые годы были сравнительно благоприятными, но 2021 год был острозасушливым. Количество сохранившихся растений к уборке в варианте комплексной обработки семян и растений регуляторами роста растений увеличивается на 10,0 шт./м², количество бобов на 14,0 и 4,45 штук и количество семян на 16,0 и 8,7 штук на одно растение соответственно годам исследований. В данном варианте поражение нута корневыми гнилями было меньше на 16% и 10%, и численность клубеньков больше на 2 и 5 штук на растение в сравнении с контрольным вариантом. Применение комплексной системы обработки привело к росту урожайности нута до 2,02 и 1,7 т/га и рентабельности производства культуры на 106,8 и 106,0%, содержания белка в зерне на 1,5% в сравнении с контрольным вариантом.

Ключевые слова: нут (*Cicer arietinum*), регуляторы роста растений, обработка семян, опрыскивание, продуктивность, экономическая эффективность.

Для цитирования: Оценка влияния применения препаратов Цитодеф -100 и Гиберелон на продуктивность растений нута в условиях Республики Татарстан / Р.М. Сабирова, И.Х. Вафин, А.Ж. Акеншаева, Р. Р. Бахтияров // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. № 4(12). С. 37-42

Введение. Сельское хозяйство остается ведущей отраслью промышленности Республики Татарстан. Агропромышленный комплекс Республики Татарстан занимает ведущие позиции в России по производству зерновых культур, сахарной свеклы, картофеля, кукурузы, зернобобовых и др. культур [1, 2, 3].

Наряду с необходимостью увеличения объемов производства, значительные задачи перед растениеводством Татарстана стоят и в повышении качественных характеристик продукции, и в первую очередь, в увеличении содержания и выхода белка [4, 5, 6]. Для достижения данной цели особую роль приобретают зернобобовые культуры, в том числе и нут (*Cicer arietinum*). Семена нута содержат до 30% белка, ценные (в том числе и незаменимые) аминокислоты, физиологически активные вещества. Растения нута (за счет азотфиксации и работы корней) способствуют повышению уровня почвенного плодородия, при этом выращивание его является менее затратным в сравнении с другими зернобобовыми и зерновыми культурами, что имеет существенное значение в современных условиях [7, 8, 9].

В последние годы спектр различных препаратов, применяемых на различных полевых культурах значительно расширился, в том числе и за счет использования синтетических

регуляторов роста [10, 11, 12]. Применение таких препаратов показало высокую эффективность и на нуте [13, 14, 15].

В связи с этим, изучение эффективности использования препаратов с росторегулирующей и иммунизирующей активностью на нуте является актуальной научной проблемой и имеет важное практическое значение.

Цель исследований – оценить эффективность применения химических регуляторов роста и развития растений (препараты Цитодеф-100, Гиберелон) на особенности формирования урожая растений нута.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в 2021-2022 годы на опытных полях Агробиотехнопарка, лабораторные анализы – в Центре агроэкологических исследований Казанского ГАУ.

Растения нута хорошо реагируют на факторы почвенного плодородия, в том числе на содержание в ней питательных веществ [16]. Почва опытного участка – серая лесная, тяжелосуглинистая. Исходное содержание гумуса составляло 4,4% (по Тюрину - повышенное), подвижного фосфора 378 мг/кг (очень высокое - по Кирсанову) и обменного калия – 125 мг/кг (повышенное - по Кирсанову), $pH_{\text{сол}}$ – 5,2 (слабокислая).

Схема опыта:

1. Контроль (без применения регуляторов роста).

2. Вариант 1. Обработка семян регулятором роста Цитодеф-100 (60 г/т) перед посевом.
3. Вариант 2. Обработка семян Цитодеф-100 (60 г/т) и двукратное опрыскивание Гибереллоном (70 г/га) в фазу 3-5 настоящих листьев и в фазу полного цветения.

Учетная площадь опытной делянки 25 м². Эксперимент заложен в четырехкратной повторности.

Цитодеф-100 – синтетический регулятор роста, отличающийся способностью к повышению устойчивости к стрессам и усилению ростовых процессов у растений, что ведет к увеличению урожая и улучшению качества продукции.

Гиберелон – регулятор роста растений из класса гиббереллинов, способствует быстрому росту вегетативных и генеративных органов; улучшает цветение и образование плодов.

Объектом исследования в опытах был нут сорта Приво 1, отличающийся высокой экологической устойчивостью.

Расход рабочей жидкости при обработке семян 10 л/т, при опрыскивании – 200 л/га.

Предшественник – яровая пшеница. Норма высева семян нута – один миллион штук всхожих семян на гектар.

Посев проводился в 2021 году 12 мая, в 2022 году 23 мая. Уборка была проведена 23 сентября.

Погодные условия вегетационных периодов 2021-2022 годов были разными.

В 2021 году погодные условия были засушливыми. Критическая обстановка по отношению к влаге и температуре сложилась в июле и августе 2021 года, в течение которых количество осадков составило 58 и 18% от нормы. В 2022 году развитие растений происходило в более благоприятных условиях [17].

Фенологический осмотр был выполнен по методике государственного испытания сортов [18]. Выявление болезней осуществляли с использованием методик фитопатологических анализов [19]. Анализ качества зерна проводился по ГОСТ 10846-91 [20], ГОСТ 10842-89 [21]. Оценку экономической эффективности возделывания нута выполняли по методике Всероссийского научно-исследовательского института экономики сельского хозяйства [22].

Результаты и обсуждение. В засушливых условиях 2021 года применение противострессовых препаратов Цитодеф-100 и опрыскивание Гибереллоном (40 г/кг) оказало сильное положительное влияние.

Результаты учетов показали, что условия весны 2021 года были неблагоприятными для появления всходов из-за низкой влажности почвы. Лучшая всхожесть и сохранность растений нута к уборке были при сочетании обработки семян и опрыскивании растений в период вегетации. В опытном варианте с обработкой семян, показатели были несколько ниже, чем при комбинированном применении препаратов.

В варианте с комплексным применением стимуляторов роста показатели высоты растений к уборке были (в среднем за 2 года) на 2,5 см больше по сравнению с контрольным вариантом. Эффект при использовании только обработки семян был несколько меньше.

При уборочных работах на полях, по разным причинам, теряются урожаи сельскохозяйственных культур, в том числе и из-за низкой высоты прикрепления нижнего боба, что зависит от условий внешней среды. Данный показатель зависит в основном от почвенно-климатических условий [16]. В наших исследованиях высота прикрепления нижнего боба растений нута в контрольном варианте составила 12,2 см в 2021 году и 17,8 см в 2022 году. При обработке семян препаратами высота составила 16,0 см в 2021 году и 18,3 см в 2022 году. При комплексном применении препаратов высота прикрепления была 20,3 см в 2021 году и 20,1 см в 2022 году.

Использование стимуляторов роста способствует развитию подземной массы растений. В фазе цветения и созревания преимущество имел комплексный вариант (с обработкой семян Цитодеф-100 и опрыскиванием Гибереллоном).

В процессе азотификации атмосферного азота у бобовых культур участвуют клубеньковые бактерии. Симбиоз между растениями нута и азотобактериями увеличивает количество минерального азота в почве. При обработке семенного материала нута препаратами увеличивается количество клубеньков на корнях до шести раз и урожайность. Процессы азотификации усиливаются на увлажненных почвах [23].

В наших исследованиях при комплексном применении препаратов Цитодеф-100 и Гиберелон на корнях растений нута было больше клубеньков в сравнении с вариантом только с обработкой семенного материала Цитодеф-100. В контрольном варианте клубеньков на корнях растений нута не было обнаружено ни в один год исследований.

Совместное использование препаратов привело к снижению развития корневых гнилей на нуте. В 2022 году растения больше поражены корневыми гнилями, в сравнении с 2021 годом. Во всех годах исследований варианте с совместным применением препаратов пораженность корневыми гнилями было меньше, чем в контрольном варианте и с вариантом с обработкой семян нута Цитодефом-100.

В фазе ветвления растений нута наблюдается увеличение воздушно-сухой массы корней, а в фазе созревания — её уменьшение. В фазе ветвления растений наибольшие данные по этому показателю были получены в варианте с комплексным применением препаратов. Массовая доля белка (в пересчете на сухое вещество) в семенах нута сорта Приво1 в варианте с комплексным применением

АГРОНОМИЯ

препаратов была наибольшей (25,3%) и превысила данные контрольного варианта на 1,5%.

Нут – пластичная культура [11], но показатели урожайности могут колебаться в

зависимости от условий года.

В засушливых условиях 2021 года созревание бобов в контрольном варианте произошло раньше, чем в остальных вариантах, что привело к потере урожая.

Таблица 1 – Структура урожая нута сорта Приво 1 в зависимости от применения регуляторов роста растений, 2021-2022 года

Вариант	Количество растений к уборке, шт./м ²		Количество семян на 1 растение, шт.		Количество бобов на 1 растение, шт.		Масса 1000 семян, г	
	2021 год	2022 год	2021 год	2022 год	2021 год	2022 год	2021 год	2022 год
Контроль (без обработки)	11,0	48,0	30,0	56,7	18,0	43,6	264,0	261,0
Цитодиф-100, 60 г/т	13,0	53,0	36,0	62,0	19,6	44,6	269,0	278,0
Цитодиф-100, 60 г/т + Гибберелон, 70 г/га	21,0	58,0	46,0	64,0	32,0	48,0	299,0	265,3
НСР ₀₅	2,8	2,3	4,0	2,0	4,1	1,2	10,2	4,6

Обработка семенного материала Цитодиф-100 и опрыскивание Гибберелоном привели к увеличению на растении числа сформировавшихся семян. Увеличение массы тысячи семян наблюдалось во всех вариантах опыта (табл. 1). Аномально засушливые условия вегетационного периода 2021 года значительно снизили продуктивные показатели нута. Однако применение антистрессовых препаратов остановило этот процесс и привело к повышению урожайности. Структурный анализ урожая нута показал, что в вариантах со стимуляторами

численность растений на одном квадратном метре увеличилась почти в два раза. Численность семян на растении и масса тысячи семян также превысили показатели контрольного варианта. Комплексное применение Цитодиф-100 + Гибберелон на нуте приводит к увеличению средней численности бобов, что также положительно влияет на урожайность.

Комплексное применение препаратов обеспечило максимальный уровень рентабельности производства за все годы исследований (табл. 2).

Таблица 2 – Экономическая эффективность возделывания нута сорта Приво1 при использовании регуляторов роста Цитодиф-100 и Гибберелон, 2021-2022 года

Варианты	Фактическая урожайность, т/га	Выход товарного зерна, т/га	Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	Затраты на 1 га, тыс. руб.	Себестоимость 1 т зерна, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Уровень рентабельности, %
2021 год							
Контроль (без обработки)	0,87	0,61	18,3	26,5	43,4	-	-
Цитодиф-100, 60 г/т	1,26	0,88	26,4	28,4	32,3	-	-
Цитодиф-100, 60 г/т + Гибберелон, 70 г/га	2,89	2,02	60,6	29,3	14,5	31,3	106,8
НСР ₀₅	0,02						
2022 год							
Контроль (без обработки)	2,4	1,68	50,4	31,7	18,9	18,7	58,9
Цитодиф-100, 60 г/т	3,9	2,73	81,9	32,1	11,7	49,8	155,1
Цитодиф-100, 60 г/т + Гибберелон, 70 г/га	4,1	2,87	86,1	32,5	11,3	53,6	164,9
НСР ₀₅	0,47						

Примечание: В 2021- 2022 года закупочная цена на зерно нута составила 30 тысяч рублей за тонну.

В вариантах с применением для только Цитодиф-100 и в контроле показатели

экономической эффективности были меньше в сравнении с вариантом комплексного

применения регуляторов роста.

Таким образом, применение при возделывании нута регуляторов роста с антистрессовым эффектом – Гиберелона и Цитодеф-100 способствовало стимуляции роста и развития растений нута сорта Приво 1, вело к росту урожайности и экономической эффективности.

Выводы. 1. Условия вегетации исследуемых годов влияли на эффективность использования регуляторов Гиберелона и Цитодеф-100. В связи с этим, при использовании регуляторов роста необходимо учитывать погодные условия.

2. Совместное сочетание обработки семян Цитодеф-100 и обработки растений Гиберелоном способствует максимальному

увеличению численности бобов на растение и урожайности нута.

3. Число азотфиксирующих клубеньков на опытах с регуляторами роста Цитодеф-100 и Гиберелоном больше, чем в контрольном варианте.

4. Применение стимуляторов роста экономически эффективно, что способствовало увеличению рентабельности производства культуры на 106,8 и 106,0% в сравнении с контрольным вариантом.

5. Рекомендуется использование обработки семян Цитодеф-100 и двукратное опрыскивание Гиберелоном в агротехнологиях возделывания нута сорта Приво 1 в Предкамье Республики Татарстан.

Литература

1. Диябанкана Р. Ж. К., Сабирова Р. М., Сафин Р. И. Оценка приемов биологизации земледелия в Республике Татарстан // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 3(3). С. 26-32. doi: 10.12737/2782-490X-2022-26-32.
2. Влияние некорневых подкормок на формирование генеративных органов у кукурузы. / М. Ю. Михайлова, Р. В. Минникаев, М. Ф. Амиров и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 1(73). С. 12-17. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.
3. Михайлова М. Ю., Минникаев Р. В. Динамика макроэлементов в серой лесной почве под посевами кукурузы на зеленую массу в условиях Предволжья Республики Татарстан при внесении повышенных норм минеральных удобрений // Плодородие. 2020. № 3 (114). С. 12-14.
4. Экономические показатели применения антистрессовых и фитогормонных препаратов на посевах ярового рапса Руян в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан /Ф. Н. Сафиоллин, М. М. Хисматуллин, С. Р. Сулейманов, С. В. Соичева и др. // Финансовый бизнес. 2021. № 6(216). С. 78-83.
5. Шарипова Г. Ф., Колесар В. А., Сафин Р. И. Эффективность применения удобрений с микроэлементами на различных сортах сои. // Плодородие. 2020. №3 (114). С. 9-11.
6. Сабирова Р. М., Хисамиев Ф. Ф., Шакиров Р. С. Эффективность применения гранулированного куриного помета как основного удобрения на серых лесных почвах Республики Татарстан. // Плодородие. 2020. № 3(114). С. 29-31.
7. Приемы адаптивной ресурсосберегающей технологии возделывания нута в степном засушливом Поволжье. / Л. П. Шевцова, Н. И. Германцева, Н. А. Шыурова и др. // Аграрный научный журнал. 2017. № 2. С. 39-43.
8. Новиков, А. В., Бурунов А. Н., Васин В. Г. Формирование урожая нута при применении удобрений и стимуляторов роста // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1 (45). С. 31-38. doi: 10.18286/1816-4501-2019-1-31-38.
9. Маслова, Г. А., Жужукин В. И., Сучкова М. Г. Водный режим посевов сортов нута в системе севооборотов. // Вавиловские чтения - 2019: Международная науч.-прак. конф., посвященной 132-ой годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. Саратов: ООО "Амирит", 2019. С. 137-139.
10. Кадьрова Ф. З., Климова Л. Р. Влияние биологически активных препаратов на формирование продуктивности растений гречихи. // Плодородие. 2020. № 3 (114). С. 44-47.
11. Сафин Р. И., Валиев А. Р., Колесар В. А. Современное состояние и перспективы развития углеродного земледелия в Республике Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 7-13. doi: 10.12737/2073-0462-2021-7-13.
12. Даминова А. И., Сибгатуллова А. К. Регуляторы роста, повышающие продуктивность сои. // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 3(7). С. 12-17. https://doi.org/10.12738/issn0536-1036.2019/6.104.
13. Биологическая защита растений от стрессов. / Л. З. Каримова, В. А. Колесар, Р. И. Сафин и др. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. 128 с.
14. Изменение термических ресурсов вегетационного периода и урожайность яровой пшеницы в условиях Среднего Поволжья / А. Р. Сержанова, М. Ю. Гилязов, Ф. Ш. Шайхутдинов и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18. № 1(69). С. 38-44. doi: 10.12737/2073-0462-2023-38-44.
15. Valeria Kolesar, Gulsia Sharipova, Diana Safina, et al. Use of foliar fertilizers on soybeans in the Republic of Tatarstan. BIO Web of Conferences 17, 00069 (2020). https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700069, FIES 2019.
16. Ресурсосберегающая технология производства нута. / Н.И. Германцева, А.В. Балашов, В.И. Зотиков и др. Москва: ФГБНУ "Росинформагротех", 2015. 47 с. ISBN 978-5-7367-1105-5.
17. Самаров В.М., Рябцев А.С. Нут в степной зоне Среднего Поволжья. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 5 (116). С. 161-165.
18. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур при М-ве сел. хоз-ва СССР; [Участвовали Ю. А. Роговский и др.]; Под общ. ред. М. А. Федина. М.: Б. и., 1985. 267 с.
19. Определитель болезней растений / М. К. Хохряков, Т. Л. Доброзракова, К. М. Степанов, М. Ф. Летова. СПб.: Издательство «Лань», 2003. 592 с. ISBN 5-8114-0479-4
20. ГОСТ 10846–91. Зерно и продукты его переработки. М.: Стандартинформ, 2009. 7 с.
21. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод

определения массы 1000 зерен или 1000 семян. М.: Стандартинформ, 1991. 2 с.

22. Эффективность сельскохозяйственного производства (методические рекомендации). Коллективная монография. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, 2005. 156 с.

23. Сабирова, Р. М., Бахтияров Р. Р., Гатауллин Н. Р. Перспективы возделывания нута в Республики Татарстан. // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: сборник научных трудов по мат. I Всероссийской науч.-прак. конф. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. С. 234-240.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Сабирова Разина Мавлетгараевна - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: razina.sabirova.1975@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8001-3133>
Валиев Ильшат Хафизович – старший преподаватель кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: zemledeliekazgau@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1415-0734>

Акеншаева Айканыш Жусупбековна - аспирант, e-mail: akenshaevaikanysh@gmail.com

Бахтияров Руслан Рамилевич - аспирант, e-mail: ruslanbahtiarov2@gmail.com

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

EVALUATION OF THE IMPACT OF CYTODEPH-100 AND GIBERELON PREPARATIONS USE ON THE PRODUCTIVITY OF CHICKPEA PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

R. M. Sabirova, I. Kh. Vafin, A. Zh. Akenshaeva, R. R. Bakhtiyarov

Abstract. The studies were conducted to evaluate the effectiveness of the use of chemical regulators of plant growth and development (preparations Cytodeph-100, Gibberelon) on the features of the formation of the yield of chickpea plants. The experiments were carried out in 2021-2022 on the gray forest soil of Agrobiotechnopark of Kazan State Agrarian University. Experimental design: control (without the use of growth regulators); seed treatment with the growth regulator Cytodeph-100 (60 g/t); seed treatment with Cytodeph-100 (60 g/t) and two-fold spraying with Gibberelon (70 g/ha) in the phases of 3-5 true leaves and full flowering. The object of the study was the chickpea variety Privo1. The soil is gray forest, heavy loamy. Humus content is 4.4% (according to Tyurin), mobile phosphorus 378 mg/kg and exchangeable potassium - 125 mg/kg (according to Kirsanov), pH_{sol} - 5.2. The experiment was repeated four times, the plots were placed sequentially, the area of each plot was 25 m². The system of primary and pre-sowing soil preparation included stubble cultivation, plowing, cultivation, pre-sowing and post-sowing harrowing, pre-sowing application of azophoska at a rate of 150 kg/ha. The weather conditions in the studied years were relatively favorable, but 2021 was extremely dry. The number of plants surviving for harvesting in the variant of complex treatment of seeds and plants with plant growth regulators increases by 10.0 pcs/m², the number of beans by 14.0 and 4.45 pieces and the number of seeds by 16.0 and 8.7 pieces per plant, respectively, compared to the study years. In this variant, the damage to chickpea by root rot was 16% and 10% less, and the number of nodules was 2 and 5 pieces more per plant compared to the control variant. The use of the complex processing system led to an increase in chickpea yield to 2.02 and 1.7 t/ha and the profitability of crop production by 106.8 and 106.0%, the protein content in grain by 1.5% compared to the control variant.

Key words: chickpea (*Cicer arietinum*), plant growth regulators, seed treatment, spraying, productivity, economic efficiency.

For citation: Evaluation of the impact of cytodeph-100 and gibberelon preparations use on the productivity of chickpea plants in the conditions of the Republic of Tatarstan / R.M. Sabirova, I.Kh. Vafin, A.Zh. Akenshaeva, R.R. Bakhtiyarov // Agrobiotechnologies and digital agriculture. 2024; 4(12). 37-42 p.

References

1. Diabankana RZhK, Sabirova RM, Safin RI. [Evaluation of biologization techniques in agriculture in the Republic of Tatarstan]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoye zemledelie. 2022; 3(3). 26-32 p. DOI 10.12737/2782-490X-2022-26-32.
2. Mikhaylova MYu, Minikaev RV, Amirov MF. [The influence of foliar feeding on the formation of generative organs in corn]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta. 2024; 1(73). 12-17 p. DOI 10.12737/2073-0462-2024-12-17.
3. Mihaylova MYu, Minikaev RV. [Dynamics of macronutrients in gray forest soil under corn crops for green mass in the conditions of Volga region of the Republic of Tatarstan when applying increased rates of mineral fertilizers]. Plodorodie. 2020; 3 (114). 12-14 p.
4. Safiollin FN, Khismatullin MM, Suleymanov SR. [Economic indicators of the use of anti-stress and phytohormone preparations on crops of spring rape Ruyan in soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan]. Finansovyy biznes. 2021; 6(216). 78-83 p.
5. Sharipova GF, Kolesar VA, Safin RI. [Efficiency of using fertilizers with microelements on different soybean varieties]. Plodorodie. 2020; 3 (114). 9-11 p.
6. Sabirova RM, Khisamiev FF, Shakirov RS. [Efficiency of using granulated chicken manure as the main fertilizer on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. Plodorodie. 2020; 3(114). 29-31 p.
7. Shevtsova LP, Germantseva NI, Shyurova NA. [Methods of adaptive resource-saving technology for cultivating chickpeas in the arid steppe Volga region]. Agramuy nauchnyy zhurnal. 2017; 2. 39-43 p.
8. Novikov AV, Burunov AN, Vasin VG. [Formation of chickpea yield with the use of fertilizers and growth stimulants]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2019; 1(45). 31-38 p. DOI 10.18286/1816-4501-2019-1-31-38.
9. Maslova GA, Zhuzhukin VI, Suchkova MG. [Water regime of chickpea varieties in crop rotation systems]. Vavilovskie chteniya - 2019: Mezhdunarodnaya nauch.-prak. konf., posvyashchennoy 132-oy godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N.I.Vavilova. Saratov: OOO "Amirit". 2019; 137-139 p.
10. Kadyrova FZ, Klimova LR. [Influence of biologically active preparations on the formation of buckwheat plant productivity]. Plodorodie. 2020; 3 (114). 44-47 p.
11. Safin RI, Valiev AR, Kolesar VA. [Current state and prospects for the development of carbon farming in the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta. 2021; Vol.16. 3(63). 7-13 p. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-7-13.
12. Daminova AI, Sibgatullova AK. [Growth regulators that increase soybean productivity]. Agrobiotekhnologii i

tsifrovoe zemledelie. 2023; 3(7). 12-17 p. <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019/6.104>.

13. Karimova LZ, Kolesar VA, Safin RI. [Biological protection of plants from stress]. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennyy agramuy universitet. 2020; 128 p.

14. Serzhanova AR, Gilyazov MYu, Shaykhutdinov FSh. [Changes in thermal resources of the growing season and spring wheat yield in the conditions of Volga region]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta. 2023; Vol.18. 1(69). 38-44 p. doi: 10.12737/2073-0462-2023-38-44.

15. Valeria Kolesar, Gulsia Sharipova, Diana Safina. Use of foliar fertilizers on soybeans in the Republic of Tatarstan. BIO Web of Conferences 17. 2020; 00069 p. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700069>, FIES 2019.

16. Germantseva NI, Balashov AV, Zotikov VI. Resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva nuta. [Resource-saving technology for chickpea production]. Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh". 2015; 47p. ISBN 978-5-7367-1105-5.

17. Samarov VM, Ryabtsev AS. [Chickpea in the steppe zone of Volga region]. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta. 2016; 5(116). 161-165 p.

18. Fedin MA. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur. Gos. komis. po sortoispytaniyu s.-kh. kultur pri M-ve sel. khoz-va SSSR; (Uchastvovali Yu.A. Rogovskiy i dr.). [Methodology of state variety testing of agricultural crops. State commission for variety testing of agricultural crops under the USSR Ministry of Agriculture. (Participated by Yu.A. Rogovskiy and others).]. Moscow: B. i. 1985; 267 p.

19. Khokhryakov MK, Dobrozrakova TL, Stepanov KM, Letova MF. Opredeletel bolezney rasteniy. [Identifier of plant diseases]. St.Petersburg: Izdatelstvo "Lan". 2003; 592 p. ISBN 5-8114-0479-4

20. GOST 10846-91. Zerno i produkty ego pererabotki. [Grain and its processed products]. Moscow: Standartin-form. 2009; 7 p.

21. GOST 10842-89. Zerno zernovykh i bobovykh kultur i semena maslichnykh kultur. Metod opredeleniya massy 1000 zeren ili 1000 semyan. [Grain of cereal and legume crops and oilseeds. Method for determining the mass of 1000 grains or 1000 seeds]. Moscow: Standartin-form. 1991; 2 p.

22. Effektivnost selskokhozyaystvennogo proizvodstva (metodicheskie rekomendatsii). Kollektivnaya monografiya. [Efficiency of agricultural production (methodological recommendations). Collective monograph]. Moscow: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut ekonomiki selskogo khozyaystva. 2005; 156 p.

23. Sabirova RM, Bakhtiyarov RR, Gataullin NR. [Prospects for chickpea cultivation in the Republic of Tatarstan. Biological plant protection using genomic technologies]. Sbornik nauchnykh trudov po materialam I Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennyy agramuy universitet. 2022; 234-240 p.

Conflict of interest

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

Authors:

Sabirova Razina Mavletgaraevna - Ph.D. of Agricultural sciences, Associate Professor of General agriculture, plant protection and breeding Department, e-mail: razina.sabirova.1975@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8001-3133>

Vafin Ilshat Khafizovich - senior lecturer General agriculture, plant protection and breeding Department, e-mail: zemledeliekazgau@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1415-0734>

Akenshaeva Aykanysh Zhusupbekovna - postgraduate student, e-mail: akenshae-vaaikanysh@gmail.com

Bakhtiyarov Ruslan Ramilevich - postgraduate student, e-mail: ruslanbahtiarov2@gmail.com

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ СОИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

К. Д. Шурхаева, Т. Н. Абросимова, А. Т. Хуснутдинова, Л. Н. Шаяхметова,
А. Р. Хайруллина

Реферат. Изучение формирования потенциала урожайности и содержания белка сои различного эколого-географического происхождения и подбор сортов, адаптированных к условиям Республики Татарстан актуально для распространения культуры по зонам возделывания. Работу выполняли в Предкамской зоне Республики Татарстан в 2022-2023 года, расположенной на 55°7'44.9" северной широты и 49°16'37.48", восточной долготы. Схема стационарного полевого опыта предусматривала экологическое сортоиспытание сортов сои в контрастные по метеорологическим условиям годы. Объектом исследования послужили пять сортов сои, относящихся к разным географическим зонам (Краснодарский край, Самарская область, Республика Беларусь, Чувашская Республика), с координатами 45°2'41.3", 38°58'33.6", 53°12'0.4", 50°9'60", 54°22'59", 30°24'21", 56°7'55.9", 47°15'6.8". В качестве стандарта использовали сорт сои Миляуша. Почва опытного участка серые лесные. Исходное содержание гумуса составляло 3,52-3,94% по Тюрину, подвижного фосфора P_2O_5 – 275,0-335,0 мг/кг и обменного калия K_2O – 116-128 мг/кг почвы (по методу Кирсанова). Повторность опыта 4-х кратная, площадь каждой делянки 10 м². Посев проводили 30 и 12 мая при прогревании почвы выше 10°C с нормой высева 1,0 млн. всхожих семян с заделкой на глубину 4-5 см. За два года исследований 2022-2023 года выделены сорта с коротким периодом вегетации от всходов до полного созревания. Сорт Миляуша имел вегетационный период 85-96 суток, сорт Чера-1 86-96 суток. За два года исследования сорт Чера-1 характеризовался высоким потенциалом урожайности на достоверном уровне 8,5...18,9 ц/га. В 2022 году складывались благоприятные условия для синтеза белка и по сортам значения показателя достигали 42,95...44,58%. Высокобелковые генотипы Волма и Бара с содержанием белка по годам 33,89 и 44,58-45,07% характеризовались поздним вегетационным периодом и созревали позже сорта Миляуша на 3-5 суток. В 2023 году за период вегетативного роста растений сои и формирования репродуктивных органов наблюдались условия недостаточного увлажнения, что повлияло на снижение синтеза белка в пределах 32,84...34,58%.

Ключевые слова: соя (*Glycine max* L. Merrill), посевные площади, эколого-географические зоны возделывания, вегетационный период, урожайность, содержание белка.

Для цитирования: Экологическое сортоиспытание сои в Республике Татарстан /К.Д. Шурхаева, Т.Н. Абросимова, А.Т. Хуснутдинова, Л. Н. Шаяхметова, А. Р. Хайруллина //Агробιοтехно-Агробιοтехноλογιι και ριφρωο ζεμλεδελιη. 2024. № 4(12). С. 43-51

Введение. Соя – востребованная агрокультура и для развития аграрного сектора в данном направлении необходимо наращивание площадей культуры.

Значение сои определяется уникальным химическим составом семян, выделяющимся высоким содержанием ценного белково-масличного состава. Ценность культуры обусловлена содержанием белка в диапазоне от 35,61 до 47,8%, жира (17,77-22,5%). Семена сои характеризуются большим количеством витаминов (А, D, С, Е) [1, 2].

В мировой практике соя широко используется по трем традиционным направлениям: изготовление продуктов питания на основе соевого молока, переработка на масло и корма, выделение белковых изолятов для различных отраслей промышленности. Высокопитательными компонентами являются соевый шрот и жмых. Они востребованы при ведении птицеводства и животноводства [3].

Согласно данным, ежегодно публикуемым Росстат (Федеральная служба государственной статистики) мировыми лидерами по производству сои являются США, Бразилия и Аргентина. Следует отметить, что в США, в странах субтропического пояса, Бразилии и Аргентине соя выращивается в благоприятных

климатических условиях, где вегетационный период теплый и продолжительный, с годовым количеством осадков более 900 мм.

В России же соя возделывается в более холодных, и часто, в менее обеспеченных влагой условиях, к тому же в силу удаленности большей части пахотных земель от крупных рек и водохранилищ, преимущественно на богаре [4].

В Российской Федерации за 5 лет отмечен прирост валового сбора зерна сои в 1,5 раза. С 2018 года он достигал 4,0 млн тонн, а в 2023 году увеличился до 6,1 млн тонн. Урожайность сои возросла на 25,0% с 14,7 ц/га в 2018 году до 18,4 ц/га в 2023 году [5]. В связи с высоким спросом на сою наметился положительный тренд по посевным площадям, занимаемым данной культурой. В 2024 году площади достигли 4,05 млн. га, сравнению с 2022 годом увеличились почти на 16,0% (рис.1).

Вместе с тем в современных условиях агропродовольственной политики, несмотря на то, что развитию отечественного соеводства стало уделяться больше внимания и наметились положительные изменения не только в производстве, но и в потреблении соевых бобов, на российском рынке наблюдается дефицит семян сои.

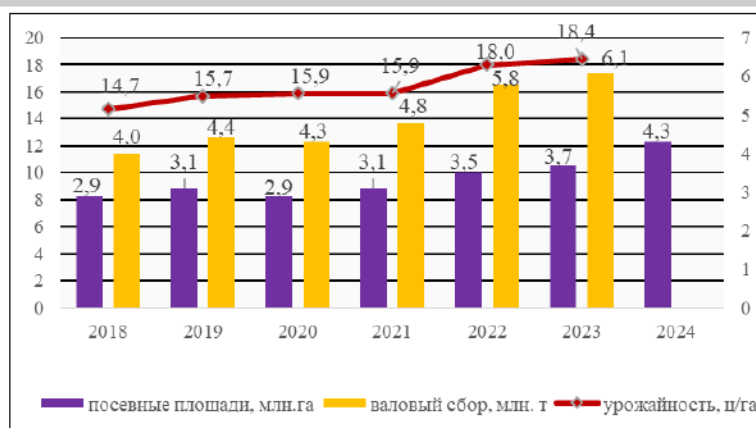


Рис. 1 – Динамика посевных площадей, валового сбора и урожайности сои в Российской Федерации (2018-2024 года)

Для увеличения производства сои за счет продвижения этой культуры в другие регионы, необходимо учитывать, что она относится к культурам короткого светового дня, поэтому оптимальное освещение для нее составляет 12 – 13 часов [6]. Поэтому продвижение посевов сои в северные длиннопольные регионы влечёт за собой заметное удлинение, в среднем на три суток на каждый географический градус к северу (≈ 111 км), продолжительности вегетационного периода, рост высоты растений [7].

Интродукция сои в новые регионы, характеризующиеся частым неблагоприятным для культуры сочетанием факторов метеорологических и почвенно-климатических условий, требует научно обоснованных разработок по адаптации культуры с учетом ее биологических особенностей. Среди наиболее важных факторов для ее эффективного возделывания выделяется подбор сортов [8, 9], адаптированных к особенностям климатических условий с узким поясом географических широт [10, 11, 12].

В государственном реестре РФ, допущенных для возделывания селекционных достижений, представлен достаточно большой набор раннеспелых сортов, в количестве 188, что составляет 48,0% от общего набора сортов, внедрение которых в любом регионе требует тщательного изучения их адаптивных

свойств, выявления оптимальных приемов возделывания для получения стабильного производства качественной продукции.

В Республике Татарстан традиционной зернобобовой культурой принято считать горох, способный формировать высокий урожай за короткий период вегетации в диапазоне 65-80 дней в зависимости от погодных условий. В последние годы назрела необходимость расширения посевных площадей такой высокобелковой культуры, как соя. Современные селекционные достижения позволяют расширить ареал возделывания этой культуры и с успехом возделывать ее в условиях региона.

Республика Татарстан расположена между $53^{\circ}58'$ и $56^{\circ}39'$ северной широты Среднего Поволжья на высоте от 70 до 300 м над уровнем моря. Теплообеспеченность вегетационного периода на территории РТ в виде суммы эффективных температур воздуха свыше 10°C в последней четверти XX века составляла 880°C , а в среднем за два десятилетия XXI века достигла 1080°C [13]. Посевные площади за период 2018 - 2023 года варьировали от 2844 га до 7277 га. В 2024 году наблюдалась положительная динамика увеличения посевных площадей в 12 раз и достигли 34375 га. Урожайность по годам менялась от 9,4 до 14,8 ц/га (рис.2).



Рис. 2 – Динамика посевных площадей и урожайности сои в Республике Татарстан (2018-2023 года)

АГРОНОМИЯ

Отечественная селекция представлена сортами ООО Компания «Соевый комплекс», Чувашского НИИСХ - филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, ФГБУН Самарский ФИЦ РАН и ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока, ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур.

За период 2018-2022 года объем производства сои представлен небольшим набором сортов в пределах от 6 до 11, из них доля иностранных сортов составляла 36,4 - 50%. Значительное распространение культуры в Республике Татарстан продолжено и за последние два года (2023-2024 года) было посеяно 29 сортов, соответственно (табл.1).

Таблица 1 - Сорта сои отечественной селекции, возделываемые в Республике Татарстан (2018-2024 года)

Сорт	Патентообладатель	Допуск	
		Год	Регион
Миляуша	ФГБНУ Омский АНЦ, ФГБУН Казанский ФИЦ КазНЦ РАН (ТатНИИСХ)	2017	7
Памяти Фадеева	Чувашский НИИСХ- филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого	2019	3, 4, 5, 7, 10
Самер-1	ФГБУН Самарский ФИЦ РАН, ФГБНУ ФАНЦ Юго-востока	2005	7
Самер-2		2008	7
Бара	ООО Компания «Соевый комплекс»	2011	5, 6, 7, 8, 12
СК Дока		2020	5, 6, 9, 10
СК Альта		2022	3, 4, 5, 6, 7, 10, 12
СК Арктика		2022	3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11
Аннушка	ООО «Русская Генетика»	2008	5, 7
Черемшанка	ФГБНУ Омский АНЦ	2017	9, 10
Ланцетная	ФНЦ зернобобовые и крупяные культуры	2005	3, 5
Свапа		2008	3, 5
Мезенка		2016	5, 10
Самец	ИП Глава КФХ Цирулев Е.П.	2024	5, 7, 8, 9
Сентябринка	ФГБНУ ФНЦ ВНИИ Соя	2019	12
Бинго	АО «Щелково-Агрохим»	2024	5

Высокий темп увеличения посевных площадей обусловлен внедрением в производство сортов иностранной селекции: ООО «Соя-Север-Ко» (Беларусь), ООО «ЭкоНива-Семена» (российско-германская группа

компаний), Saatbau Linz Egen (Австрия), Lidea, Societe Ragt 2N S.A.S. (Франция), Saatbau D.O.O. Subotica (Сербия), Semences Prograin inc, Sevita Genetics (Канада), имеющие официальные представительства в России (табл.2).

Таблица 2 - Сорта сои иностранной селекции, возделываемые в Республике Татарстан (2018-2024 года)

Сорт	Патентообладатель	Допуск	
		Год	Регион
ЭН Аргента	ООО «ЭкоНива-Семена»-АПК Холдинг (российско-германская группа компаний)	2020	3, 5, 7
ЭН Аргумент		2022	10
ЭН Акцент		2022	3
Ясельда	ООО «Север-Ко» (Беларусь)	2004	3, 5
Припять	ООО «Север-Ко», ООО АПК «Александровское»	2007	2, 3, 5, 7, 9
Аделсса	Saatbau Linz Egen (Австрия)	2017	5
Аурелина		2020	5, 12
Мерлин		2008	5
Лиссабон		2013	5, 12
Абака	Saatbau D.O.O. Subotica (Сербия)	2022	5
Аделсса		2022	7, 12
Сиберия	Semences Prograin inc (Канада)	2019	5
Максус		2014	5, 6
Аляска		2017	5
Тайга	Sevita Genetics (Канада)	2019	12
ОАК Пруденс	Huron commodities inc (Канада)	2015	5, 7, 12
ЕС Сенатор	Lidea (Франция)	2015	5, 7
Сирелия	Societe Ragt 2N S.A.S. (Франция)	2019	5, 6
РЖТ Шуна		2019	6
Султана		2012	6

Цель исследований - изучение формирования потенциала урожайности и содержания белка сои различного эколого-географического происхождения и подбор сортов, адаптированных к условиям Республики Татарстан.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились на экспериментальных участках Татарского НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, относящегося к Предкамской зоне РТ в 2022-2023 года. Содержание основных элементов питания в годы исследований колебались: подвижного фосфора P_2O_5 – 275,0-335,0 мг/кг и обменного калия K_2O - 116-128 мг/кг почвы (по методу Кирсанова). Содержание гумуса в пахотном слое 3,52-3,94% по Тюрину, pH солевая 5,3-6,0. В 2022 году подготовка почвы осуществлялась по типовой для культур технологии, включающую осеннюю вспашку с оборотом пласта. В 2023 году использовали глубокое рыхление плоскорезом на глубину 8-10 см. Предпосевная обработка почвы заключалась в проведении боронования в два следа и культивации. Минеральное питание включало внесение 200 кг/га диаммофоски в физическом весе, перед посевом проводили инокуляцию ризоторфином на основе штамма азотфиксирующих бактерий для сои. Посев проводили 30 и 12 мая при прогревании почвы выше $10^{\circ}C$ с нормой высева 1,0 млн. всхожих семян с заделкой на глубину 4-5 см. Предшественником был ячмень. Для закладки опыта использовались кондиционные семена.

В лабораторных условиях определялась энергия прорастания и всхожесть семян сортов, на основании полученных данных вычислялась посевная годность. Сорта сои высевались с нормой, соответственно, 1,0 млн. всхожих семян. Опыт заложен в четырехкратной повторности на площади делянок 10 м^2 .

Опытные делянки убирали прямым комбайнированием селекционным комбайном Террион 2010 при влажности семян 14-16%. Содержание белка определялось стандартным методом Кельдаля (ГОСТ 10846-91), а содержание жира — по ГОСТ 29033-91.

Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проведена по Б.А. Доспехову (1985) с применением программы Microsoft Excel XP.

За период 2022-2023 года было изучено 5 сортов сои, в качестве стандарта использовали сорт Миляуша. Объектом исследования послужили пять сортов сои, относящихся к разным географическим зонам (Краснодарский край, Самарская область, Республика Беларусь, Чувашская Республика), с координатами $45^{\circ}2'41.3''$, $38^{\circ}58'33.6''$, $53^{\circ}12'0.4''$, $50^{\circ}9'60''$, $54^{\circ}22'59''$, $30^{\circ}24'21''$, $56^{\circ}7'55.9''$, $47^{\circ}15'6.8''$. По происхождению генотипы сои относились к различным эколого-географическим зонам (Краснодарский край, Самарская область, Республика Беларусь, Чувашская Республика), с координатами $45^{\circ}22'00''$, $53^{\circ}27'00''$, $54^{\circ}22'59''$ и $55^{\circ}27'34''$ северной широты (табл.3).

Таблица 3– Исследуемые сорта сои (2022-2023 года)

Сорт	Происхождение	Срок созревания
Миляуша ст.	ФГБНУ Омский АНЦ, ФГБНУ Казанский ФИЦ КазНЦ РАН (ТатНИИСХ)	от очень раннего до раннего
Чера 1	Чувашский НИИСХ- филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В.Рудницкого	раннеспелый
Самер 3	ФГБНУ Самарский ФИЦ РАН	от очень раннеспелого до раннеспелого
Бара	ООО Компания «Соевый комплекс» (Краснодарский край)	раннеспелый
Волма	ООО «Север-Ко» Беларусь	очень ранний

Для характеристики метеорологических условий в период вегетации сои использованы данные метеостанции Казань-Опорная, расположенной в 10 км от места проведения исследований. В 2022 году посев выполняли 30 мая при оптимальной среднесуточной температуре $14,8^{\circ}C$. За вегетационный период значение гидротермического коэффициента увлажнения по Селянникову Г.Т. соответствовал засушливым условиям (0,48). По фазам вегетации отмечено неравномерное распределение

осадков. В период цветения сои и образования бобов во второй декаде июля выпало 61 мм осадков, с превышением от среднегогодового значения на 290%. В условиях избыточного увлажнения ГТК (1,47), при формировании репродуктивных частей растений сои складывались благоприятные условия и вследствие, был заложен средний потенциал урожайности (табл.4). Сорта Миляуша и Чера 1 были обмолочены при стандартной влажности 14,0%, остальные сорта пришлось досушивать.

Таблица 4 – Погодные условия за период вегетации сои (2022-2023 года)

Месяц	Декада	Среднесуточная температура, С°		Среднемесячное значение, С°	Сумма осадков, мм		Среднемесячное значение, мм
		2022 год	2023 год		2022 год	2023 год	
май	I	9,4	11,6	13,1	6	60	12
	II	9,4	15,8	13,0	48	3	12
	III	14,8	20,7	14,8	6	18	12
июнь	I	17,5	16,1	16,0	14	5	20
	II	18,4	16,1	17,1	7	0	21
	III	17,5	17,3	18,3	6	2	21
июль	I	19,9	23,9	19,3	0	20	21
	II	21,9	19,2	19,7	61	9	21
	III	21,8	21,5	19,5	3	45	21
август	I	23,4	23,7	18,7	0	0	18
	II	21,2	23,4	17,4	0	6	18
	III	23,9	14,1	15,8	0	19	18
сентябрь	I	11,5		13,9	6		17
	II	12,6		11,5	16		17

В 2023 году весь период вегетации сои сопровождался недостаточным влагообеспечением, значение ГТК составляло 0,62. Фаза линейного роста растений, цветения, образования бобов и налива семян проходила при засушливых условиях, при этом ГТК составлял 0,44, 0,49, 0,79. Дефицит осадков оказал влияние на темп нарастания вегетативной массы сои и отмечено, что по сортам сои формировался низкий стеблестой агроценоза. В I и III декаде июня, во II декаде июля сумма осадков была ниже среднемесячных значений на 75,0, 90,0 и 57,2%. Во II декаде июня и I декаде августа осадки отсутствовали. Среднесуточная температура незначительно превышала среднемесячные значения. Дальнейшее повышение температуры воздуха при недостаточной влагообеспеченности ускорило формирование репродуктивных органов и элементов продуктивности. Вследствие чего был заложен низкий потенциал урожайности сои. Во второй декаде августа растения перешли в фазу созревания, показателем которого явилось пожелтение и опадение листьев. Уборка проведена при полной спелости семян и влажности семян 14%: 22 сентября (2022 год) и 25 августа (2023 год).

Результаты и обсуждение. Важным

является подбор сортов, характеризующихся коротким вегетационным периодом, которые могут выступать в качестве предшественника для озимой пшеницы. Отечественные генотипы в сочетании с высокими показателями урожайности или качества белка способны заменить сорта иностранной селекции и, таким образом, расширить набор сортов в зонах возделывания.

В предыдущих опытах установлено, что длительность вегетации и вариативность ее по годам зависели от сортовых особенностей. Сорта географически отдаленного происхождения места проведения опыта, включенные в Госреестр РФ как раннеспелые, в условиях Республики Татарстан оказались позднеспелыми [14, 15, 16].

В 2022-2023 года вегетационный период от всходов до полного созревания различался в зависимости от сорта и варьировал по годам в пределах 96...101 и 85...91 суток. У стандартного сорта Миляуша вегетационный период определялся на уровне 85 и 96 суток. Более поздним вегетационным периодом 89-91 и 101 суток с превышением по отношению к стандарту на 5 суток отличались образцы Бара, Волма, которые созданы в условиях, отдаленных от Республики регионе (рис.3).

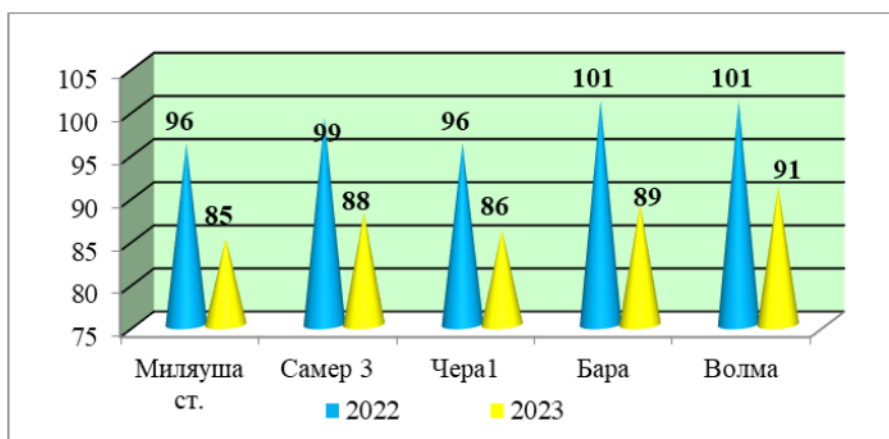


Рис. 3 - Вегетационный период сортов сои, суток (2022-2023 года)

По литературным данным на продолжительность вегетации оказывали сумма активных температур выше 10^0C и осадки [17]. В наших исследованиях в 2022 году на продолжительность вегетационного периода оказали влияние сумма эффективных температур выше 10^0C и сумма выпавших осадков, как в период налива семян ($r=0,98^{**}$, $0,99^{**}$), так и за весь вегетационный период ($r=0,98^{**}$, $0,97^{**}$). В 2023 году вегетационный период

сокращался при выпадении меньшего количества осадков ($r=0,94^*$).

Изучение набора сортов различных групп спелости позволило выявить закономерности формирования урожайности сои. В 2022 году урожайность сортов сои варьировала в пределах 15,4...19,4 ц/га. Высокий потенциал показателя складывался у сортов Чера 1 и Самер 3, (18,9, 19,4 ц/га) с превышением к стандартному сорту Миляуша на 22,7-26,0% (табл.5).

Таблица 5 - Характеристика сортов сои по урожайности (2022-2023 года)

Сорт	Урожайность, ц/га		Среднее значение	Отклонение от стандарта			
	2022 год	2023 год		2022 год		2023 год	
				ц/га	%	ц/га	%
Миляуша ст.	15,4	6,0	10,7	0	0	0	0
Самер 3	19,4	6,6	13,0	+4,0	26,0	+0,6	10,0
Чера 1	18,9	8,5	13,7	+3,5	22,7	+2,5	41,7
Бара	15,9	7,5	11,7	+0,5	3,2	+1,5	25,0
Волма	15,9	8,7	12,3	+0,5	3,2	+2,7	45,0
НСР ₀₅				2,20		0,67	
среднесортное значение	17,1	7,3					

Представленные сорта имели превышение показателя и к среднесортному значению, с прибавкой 1,8 и 2,3 ц/га.

Снижение потенциала урожайности сортов Бара и Волма связан с тем, что период цветения и формирования бобов совпал с условиями недостаточного увлажнения.

В 2023 году все изученные генотипы по урожайности показали существенное преимущество по сравнению со стандартом на достоверно высоком уровне и достигали значения 6,6...8,7 ц/га. Максимально высокое значение урожайности получено у сортов Чера 1 и Волма и составляло 8,5-8,7 ц/га.

По результатам анализа качества семян выявлено, что содержание белка и жира у сортов подвержены сильной вариабельности под воздействием условий среды. Наиболее

благоприятными для накопления белка оказались условия 2022 года, среднесортное значение содержания белка достигало 44,08%. Колебание по генотипам составило 43,27...45,07% с лучшим показателем у сорта Бара (45,07). Преимущество имели генотипы Самер-3, Волма и Бара, отличались прибавкой к стандарту в пределах 1,27...1,80% и среднесортного значения 0,46...0,53%. Данные содержания жира показывают, что у некоторых сортов количество его увеличивалось по мере снижения содержания белка. У сортов Чера 1 и Миляуша и с минимальным накоплением белка содержание жира повышалось до 18,10-18,47%. Величина показателя превысила среднее значение по сортам на 0,41-0,78%. Лучшими значениями синтеза белка и жира (45,07 и 18,13%) отличался сорт Бара (табл. 6).

Таблица 6 - Характеристика сортов сои по качеству семян (2022-2023 года)

Сорт	Содержание на сухое вещество, %			
	белок		жир	
	2022 год	2023 год	2022 год	2023 год
Миляуша ст.	43,27	33,62	18,47	21,15
Самер 3	44,54	32,84	16,56	20,65
Чера 1	42,95	34,58	18,10	20,95
Бара	45,07	33,89	18,13	19,21
Волма	44,58	33,89	17,19	20,62
среднее значение	44,08	33,76	17,69	20,52
Стандартное отклонение S	0,822	0,561	0,761	0,762

По результатам корреляционного анализа установлено, что накопление белка зависело от температурного режима и количества осадков ($r=0,94^*$ и $r=0,97^{**}$). Содержание жира не имело значимых связей с погодными условиями в период вегетации.

В 2023 году анализ качества семян показал, что у изученных сортов отмечен достаточно низкий уровень содержания белка в пределах 32,84...34,58%. Вероятно, это обусловлено влиянием дефицита осадков в фазе образования бобов, что подтверждается данными исследований [18]. У стандартного сорта Миляуша значение показателя составляло 33,62%. Повышенным содержанием белка отличались сорта Бара, Волма и Чера 1, превышали стандарт на 0,27... 0,96% и значение составляло 33,89-34,58%.

Содержание жира в семенах по сортам достигало 19,21...21,15%. Все изученные образцы уступали стандарту. Но значимых связей между накоплением белка и жира с погодными условиями не обнаружено.

Выводы. В условиях Республики Татарстан рекомендованы сорта сои для возделывания с вегетационным периодом в пределах

85-91 и 96-101 суток. Однако при более влажных условиях у сортов с продолжительным вегетационным периодом (91-96 суток) возможно его удлинение. Сорта Миляуша и Чера 1 созревали раньше всех изученных сортов на 3-5 суток. Сорт Миляуша выделялся высоким содержанием жира, но обеспечивал более низкую урожайность. За два года исследования сорт Чера-1 характеризовался высоким потенциалом урожайности на достоверном уровне 8,5...18,9 ц/га.

Ценность представляет высокопродуктивные сорта Волма, Бара, Чера 1, характеризующиеся устойчивостью к дефициту увлажнения. Выявлены генотипы Волма и Бара с поздним вегетационным периодом и высоким содержанием белка по годам 33,89 и 44,58-45,07%.

Тенденция развития сои в Республике Татарстан предполагает, что экологическое сортоиспытание и подбор сортов в зональном разрезе способствуют расширению посевных площадей культуры в республике и позволят добиться самообеспечения полноценными пищевыми продуктами, а животноводство высокобелковыми кормами.

Литература

1. Поморова Ю. Ю., Пятовский В.В., Серова Ю.М. Биохимический состав семян сортов сои, возделываемых в различных регионах России, и аспекты его биологической ценности (обзор). // Масличные культуры. 2023. Вып.4 (196). С. 84-96. doi: <http://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-4-196-84-96>
2. Попова Н.П., Бельшклина М.Е., Кобозева Т.П. Особенности белкового комплекса семян сои северного экотипа // Известия ТСХА. 2018. Вып. 1. С. 104-108 doi: <http://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-1-104-108>
3. Кандроков Р.Х., Поречная Е.С., Смирнова А.Р. Переработка соевого шрота и жмыха в муку и отруби // Вестник АПК Верхневолжья. 2022 Т. 4 (60). С. 92-99. doi: <http://doi.org/10.35694/YARCX.2022.60.4.011>
4. Дорохов А.С., Бельшклина М.Е., Большева К.К. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития // Вестник Ульянов. гос. с.-х. академии. 2019. № 3 (47). С. 25-33. doi: <http://doi.org/10.18286/1816-4501-2019-3-25-33>.
5. Электронный ресурс: Режим доступа. М.: 2024: <http://www.rosstat.gov.ru> (дата обращения: 28.10.2024 г.)
6. Синеговская В.Т., Левина А.Н. Влияние продолжительности светового дня на рост, развитие и продуктивность сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 2(54). С. 47-55 doi: <http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-12021>.
7. Синеговская В.Т. Основные итоги полувекового изучения сои на Амуре // Научное обеспечение производства сои: проблемы и перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию образования Всероссийского НИИ сои. Благовещенск: «ООО ОДЕОН». 2018. С. 8-20.
8. Sowing Dates and Agronomic Performance of Soybean Cultivars / V. Meotti, G. Benin, R. R. Silva et. al. // Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 2012. Vol. 47. No. 1. p. 14-21.
9. Adaptability and stability of soybean yield in two soybean producing regions / G. Oliveira, O. T. Hamavaki, G. A. Simon et al. // Biosci. J., Uberlândia. 2012. Vol. 28. No. 6. – p. 852-861.
10. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Бубнова Л.А., и др. Холодоустойчивый сорт сои северного экотипа Баргузин // Масличные культуры. 2020. Вып. 1 (181). С. 132-139 doi: <http://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-1-181-132-139>.
11. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Трунова М.В., и др. Холодоустойчивый сорт сои северного экотипа Саяна // Масличные культуры. 2021. Вып. 1 (185). С. 95-102. doi: <http://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-1-185-95-102>
12. Гуринович С.О., Кирюхин С.В., Панарина В.И. Новый сорт сои Орлея // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. № 1(49). С. 112-116. doi: <http://doi.org/10.24412/2309-348X-2024-1-112-116>
13. Шайтанов О.Л., Низамов Р.М., Захарова Е.И. Оценка влияния глобального потепления на климат Татарстана // Зернобобовые крупяные культуры. 2021. № 4(40). С.102-112. doi: <http://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-4-102-112>
14. Электронный ресурс: Режим доступа: Федеральная служба государственной статистики по Республике Татарстан / <http://www.16.rosstat.gov.ru> (дата обращения 25.10.2024 г.)
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс. 2011. 352 с.
16. Фадеева А.Н., Абросимова Т.Н. Урожайность и качество семян сортов сои различного эколого-географического происхождения // Земледелие. 2018. № 3. С. 37-40. doi: <http://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10310>.
17. Булатова К.А. Урожайность семян сортов сои разных групп спелости в Лесостепной зоне Среднего Поволжья // Вестник Казанского ГАУ. 2021. № 4(64). С. 10-14. doi: <http://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-10-14>.

18. Галиченко А.П., Фокина Е.М. Оценка влияния гидротермических условий на содержание белка и масла в семенах скороспелых сортов сои // Пермский аграрный вестник 2023. № 2 (42). С. 12-19. doi: http://doi.org/10.47737/2307-2873_2023_42_12

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Работа выполнена в рамках гранта Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан «Государственная поддержка научных исследований и разработок в области агропромышленного комплекса в 2024 году» Договор №40-24-НИР от 31.07.2024 года

Сведения об авторах:

Шурхаева Ксения Дмитриевна - кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культур, e-mail: shurhaeva.k@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9375-9662>
Хуснутдинова Алсу Тагировна - кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культур, e-mail: alsuh581@gmail.ru <https://orcid.org/0000-0001-2345-6789>
Абросимова Тамара Николаевна - научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культур, e-mail: abrosimova-tamara@mail.ru <https://orcid.org/0009-0000-4236-6658>
Шаяхметова Лилия Нанлевна - научный сотрудник отдела адаптаций агробиотехнологий, e-mail: shih78@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1663-0977>
Хайруллина Алсу Рустемовна - научный сотрудник отдела аналитических исследований, e-mail: alsu_85@inbox.ru <https://orcid.org/0000-0002-3207-566X>
Татарский НИИСК – ФИЦ «Казанский научный центр» Российской академии наук, г. Казань, Россия

ECOLOGICAL VARIETAL TESTING OF SOYBEAN IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN K. D. Shurkhaeva, T. N. Abrosimova, A. T. Khusnutdinova, L. N. Shayakhmetova, A. R. Khayrullina

Abstract. The study of yield potential formation and protein content of soybeans of various ecological and geographical origin and the selection of varieties, adapted to the conditions of the Republic of Tatarstan is relevant for the dissemination of culture in cultivation zones. The work was carried out in Kama zone of the Republic of Tatarstan in 2022-2023, located at 55°7'44.9" north latitude and 49°16'37.48" east longitude. The scheme of the stationary field experiment provided for ecological variety testing of soybean varieties in years contrasting in meteorological conditions. The object of research was five soybean varieties belonging to different geographical zones (Krasnodar Territory, Samara Region, Republic of Belarus, Chuvash Republic), with coordinates 45°2'41.3", 38°58'33.6", 53°12'0.4", 50°9'60", 54°22'59", 30°24'21", 56°7'55.9", 47°15'6.8". The soybean of Milyausha variety was used as a standard. The soil of the experimental ground is gray forest. The initial content of humus was 3.52-3.94% according to Tyurin, mobile phosphorus P_2O_5 – 275.0-335.0 mg/kg and exchangeable potassium K_2O – 116-128 mg/kg of soil (according to Kirsanov method). The repeatability of the experience is 4-fold, the placement of plots is randomized, the area of each plot is 10 m². Sowing was carried out on May 30 and 12 when the soil was heated above 10 °C with a seeding rate of 1.0 million. germinating seeds with sealing to a depth of 4-5 cm. During two years of research in 2022-2023, varieties with a short growing season from germination to full maturity were identified. The growing season of Milyausha variety was 85-96 days, Chera-1 variety - 86-96 days. In 2022 the favorable conditions for protein synthesis were developing and the values of the indicator reached 42.95...44.58% for varieties. The high-protein genotypes Volma and Bara with a protein content of 33.89 and 44.58-45.07% over the years were characterized by a late growing season and matured 3-5 days later than the Milyausha variety. In 2023 during the period of vegetative growth of soybean plants and the formation of reproductive organs, conditions of insufficient moisture were observed, which affected a decrease in protein synthesis in the range of 32.84...34.58%.

Key words: soybean (*Glycine Max L. Merrill*), sown areas, ecological and geographical zones of cultivation, growing season, yield, protein content.

For citation: Ecological variety testing of soybeans in the Republic of Tatarstan // K.D. Shurkhaeva, T.N. Abrosimova, A.T. Khusnutdinova, L.N. Shayakhmetova, A.R. Khayrullina. Agrobiotechnologies and digital agriculture. 2024; 4(12). 43-51 p.

References

1. Pomorova YuYu, Pyatovskiy VV, Serova YuM. [Biochemical composition of soybean seeds cultivated in various regions of Russia and aspects of its biological value (review)]. 2023; Issue 4 (196). 84-96 p. doi: <http://doi.org/10.25230/2412-608Kh-2023-4-196-84-96>
2. Popova NP, Belyshkina ME, Kobozeva TP. [Features of the protein complex of soybean seeds of the northern ecotype]. Izvestiya TSKhA. 2018; Issue 1. 104-108 p. doi: <http://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-1-104-108>
3. Kandrovskiy RK, Porechnaya ES, Smimova AR. [Processing of soybean meal and cake into flour and bran]. Vestnik APK Vokhnevolzhya. 2022; Vol.4 (60). 92-99 p. doi: <http://doi.org/10.35694/YARCX.2022.60.4.011>
4. Dorokhov AS, Belyshkina ME, Bolsheva KK. [Soybean production in the Russian Federation: main trends and development prospects]. Vestnik Ulyan. gos. s.-kh. akademii. 2019; 3 (47). 25-33 p. doi: <http://doi.org/10.18286/1816-4501-2019-3-25-33>
5. Elektronnyi resurs. [Electronic resource]. Moscow: 2024; [cited 2024, October 28]. Available from: <http://www.rosstat.gov.ru> (data obrashcheniya: 28.10.2024 g.)
6. Sinogovskaya VT, Levina AN. [Influence of daylight hours on the growth, development and productivity of soybeans]. Dalnevostochny agrarny vestnik. 2020; 2(54). 47-55 p. doi: <http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-12021>
7. Sinogovskaya VT. [The main results of half a century of studying soybeans on the Amur. Scientific support for soybean production: problems and prospects]. Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoy 50-letiyu obrazovaniya Vserossiyskogo NII soi. Blagoveshchensk: "OOO ODEON". 2018; 8-20 p.
8. Meotti V, Benin G, Silva RR. Sowing dates and agronomic performance of soybean cultivars. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 2012; Vol.47. 1. p. 14-21 p.
9. Oliveira G, Hamavaki OT, Simon GA. Adaptability and stability of soybean yield in two soybean producing regions. Biosci. J., Uberlândia. 2012; Vol.28. 6. 852-861 p.
10. Zelentsov SV, Moshnenko EV, Bubnova LA. [Cold-resistant soybean variety of the northern ecotype Barguzin]. Maslichnye kultury. 2020; Issue 1 (181). 132-139 p. doi: <http://doi.org/10.25230/2412-608Kh-2020-1-181-132-139>
11. Zelentsov SV, Moshnenko EV, Trunova MV. [Cold-resistant soybean variety of the northern ecotype Sayan]. Maslichnye kultury. 2021; Issue 1 (185). 95-102 p. doi: <http://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-1-185-95-102>
12. Gurinovich SO, Kiryukhin SV, Panarina VI. [New soybean variety Orleya]. Zemobobovye i krupnyane kultury.

2024; 1(49). 112-116 p. doi: <http://doi.org/10.24412/2309-348X-2024-1-112-116>

13. Shaytanov OL, Nizamov RM, Zakharova EI. [Assessment of the impact of global warming on the climate of Tatarstan]. *Zernobobovye krupyanye kultury*. 2021; 4(40). 102-112 p. doi: <http://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-4-102-112>

14. [Federal state statistics service for the Republic of Tatarstan]. [cited 2024, October 25]. Available from: <http://www.16.rosstat.gov.ru>

15. 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: Alyans. 2011; 352 p.

16. Fadeeva AN, Abrosimova TN. [Productivity and quality of seeds of soybean varieties of different ecological and geographical origin]. *Zemledelie*. 2018; 3. 37-40 p. doi: <http://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10310>.

17. Bulatova KA. [Seed yield of soybean varieties of different maturity groups in the forest-steppe zone of the Middle Volga region]. *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2021; 4(64). 10-14 p. doi: <http://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-10-14>.

18. Galichenko AP, Fokina EM. [Assessment of the influence of hydrothermal conditions on the protein and oil content in seeds of early maturing soybean varieties]. *Permskiy agramuy vestnik* 2023; 2 (42). 12-19 p. doi: http://doi.org/10.47737/2307-2873_2023_42_12

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. Information about the funding source: The work was carried out within the framework of the grant of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Tatarstan "State support for scientific research and development in the field of the agro-industrial complex in 2024". Agreement № 40-24-NIR dated July 31, 2024.

Authors:

Shurhaeva Kseniya Dmitrievna - Ph.D. in Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Leguminous Crops Selection, e-mail: shurhaeva.k@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9375-9662>

Khusnutdinova Alsu Tagirovna – Ph.D. in Agricultural Sciences, Researcher, Laboratory of Leguminous Crops Selection, e-mail: alsuh581@gmail.ru <https://orcid.org/0000-0001-2345-6789>

Abrosimova Tamara Nikolaevna - researcher, Laboratory of Leguminous Crops Selection, e-mail: abrosimova-tamara@mail.ru <https://orcid.org/0009-0000-4236-6658>

Shayakhmetova Liliya Nailevna - researcher, Department of Agricultural Biotechnologies Adaptations, e-mail: shih78@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1663-0977>

Khayrullina Alsu Rustemovna - researcher, Analytical research Department, e-mail: alsu_85@inbox.ru <https://orcid.org/0000-0002-3207-566X>

Tatar Research Institute of Agriculture - Federal Research Center "Kazan Scientific Center" of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia.

ВЛИЯНИЕ АГРОНОМИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОРОШАЕМОЙ ГИБРИДНОЙ КУКУРУЗЫ РОСС 140 СВ В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**И. Ф. Яхин**

Реферат. Цель исследований направлена на определение степени влияния агрономических и агрохимических факторов на продуктивность орошаемой гибридной кукурузы Росс 140 СВ в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан. Стационарный полевой опыт проводился на орошаемых полях землепользования ООО «Кырлай» в Арском муниципальном районе в 2022 году. Этот опыт был направлен на изучение влияния различных факторов на урожайность и качество орошаемой культуры. После сдачи в эксплуатацию орошаемого участка в 2023 году, исследования были продолжены на базе ООО «Агробиотехнопарк» Казанского государственного аграрного университета. Схема полевого опыта: контроль (без удобрений); $N_{74}P_{40}K_{74}$ на 30 т/га биомассы; $N_{98}P_{33}K_{97}$ на 40 т/га биомассы; $N_{123}P_{66}K_{121}$ на 50 т/га биомассы; $N_{148}P_{80}K_{148}$ на 60 т/га биомассы. Объектом исследований служит сорт гибридной кукурузы Росс 140 СВ. Агрохимические показатели 2-х типичных серо – лесных почв были следующими: содержание гумуса по Тюрину составило от 3,2 до 3,6% подвижного фосфора – от 148 до 150 и обменного калия – от 162 до 165 мг/кг почвы по Кирсанову. Реакция почвенной среды в солевой вытяжке была близка к нейтральной (рН 6,1– 6,5). Повторность опыта – трехкратная, размещение делянок систематическое, площадь каждой делянки 126 м² (4,2 на 30 метров). Система основной и предпосевной подготовки почвы производилась (осенью) и включала в себя дискование стерни на 6-8 см и вспашку на 25-27 см. Предпосевная обработка состояла из боронования в 1-2 следа. Посев кукурузы осуществляли во второй декаде мая с шириной междурядий 70 см. Семена при норме высева 70 тыс. шт./га заделывали на глубину 6-8 см с прикатыванием. Минеральные удобрения вносились в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность 30 т/га, 40 т/га, 50 т/га, 60 т/га биомассы. Оптимальной дозой удобрений для достижения максимальной продуктивности гибридной кукурузы Росс 140 СВ является $N_{123}P_{66}K_{121}$ рассчитанной на планируемую урожайность 50 т/га биомассы, при которой урожайность зеленой массы составляет 50,7 т/га, а эффективность использования удобрений минеральных удобрений достигает 81,2 кг зеленой массы на 1 кг NPK.

Ключевые слова: кукуруза (*frumentum*), молочно-восковая спелость, эффективность использования удобрений, урожайность, биомасса, расчётные нормы доз удобрений, продуктивность.

Для цитирования: Яхин И.Ф. Влияние агрономических и агрохимических факторов на продуктивность орошаемой гибридной кукурузы Росс 140 СВ в почвенно - климатических условиях Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. № 4(12). С. 52-58

Введение. В современном мире, где вопросы продовольственной безопасности и устойчивого развития сельского хозяйства занимают центральное место в повестке дня, изучение влияния различных факторов на продуктивность сельскохозяйственных культур приобретает особую актуальность [1,2,3]. Одной из таких культур, играющих важную роль в обеспечении продовольственной безопасности, является кукуруза. С другой стороны, в последние годы наблюдается значительный рост интереса к орошаемому земледелию, особенно в регионах, ограниченных влагообеспеченностью [4,5,6].

Гибридная кукуруза Росс 140 СВ, благодаря своим уникальным характеристикам и потенциалу адаптации к различным условиям, привлекает внимание исследователей и практиков в области сельского хозяйства [7,8,9]. Однако, для успешного ее возделывания этой культуры необходимо провести дополнительные исследования в почве изучив реакцию этой культуры на орошении и удобрение [10,11,12].

Условия, материалы и методы. Стационарный полевой опыт проводился на орошаемых полях землепользования ООО «Кырлай»

в Арском муниципальном районе в 2022 году. Этот опыт был направлен на изучение влияния различных факторов на урожайность и качество орошаемой культуры [13,14,15]. После сдачи в эксплуатацию орошаемого участка в 2023 году, исследования были продолжены на базе ООО «Агробиотехнопарк» Казанского государственного аграрного университета, расположенного по координатам: широта – 55,5244865824 и долгота – 48,274901646. Это позволило расширить рамки исследования и привлечь дополнительные ресурсы для более глубокого изучения агроэкологических процессов. Все лабораторные анализы были выполнены в «Центре агроэкологических исследований» Казанского государственного аграрного университета, что обеспечило высокую точность и надежность полученных результатов.

Объектом исследований служил районированный в 7 регионе (Среднее Поволжье) гибрид Росс 140 СВ селекции Краснодарского НИИСХ им. П. П. Лукьяненко.

Полевой участок, который был подвергнут анализу, показал состав и свойства, характерные для серых лесных почв.

Агрохимические показатели 2-х типичных

серо-лесных почв были следующими: содержание гумуса по Тюрину составило 3,2 - 3,6% подвижного фосфора – 148 - 150 и обменного калия – 162 - 165 мг/кг почвы по Кирсанову. Реакция почвенной среды в солевой вытяжке была близка к нейтральной (рН. 6,1 – 6,5) [16, 17, 18].

Эксперимент был трехкратной повторностью, а размещение делянок было систематическим. Каждая делянка имела площадь 126 квадратных метров (4,2 на 30 метров), обработка почвы производилась (осенью) с дискования стерни сои на 6-8 см и вспашки на 25-27 см, а предпосевная обработка состояла из боронования в 1-2 следа и завершающая стадия обработки почвы предпосевная культивация предусматривающая неглубокое рыхление без пластового оборота. на глубину сева, при этом производится крошение плодородной части грунта на мелкие комки размером не более

25 мм – в результате получено рыхлый мелкокомковатый слой почвы глубиной 4-5 см. Посев кукурузы осуществляли сеялкой «Весна 8» во второй декаде мая с шириной междурядий 70 см. Семена при норме высева 70 тыс. шт./га заделывали на глубину 6...8 см с прикатыванием.

Измерение, анализ и фенологические наблюдения проводились по методике Всероссийского научно-исследовательского института кормов имени В. Р. Вильямса.

Сроки и нормы полива определяли в зависимости от влажности активного слоя почвы (2-3 полива с нормой расхода воды 300-350 м³/га с использованием дождевальной машины марки ZDM-Irrigation. Метод полива – дождевание. Ширина захвата дождевальной машины 32 м.

Погодные условия периода вегетации 2022-2024 года существенно отличались от средних значений (рис. 1, табл.1).

Таблица 1 – Среднесуточная температура воздуха и количество выпавших осадков в годы исследований

Годы	Май	Июнь	Июль	Август	За май-август
Среднесуточная температура воздуха, °C					
Среднегодовная температура воздуха	14,0	18,3	20,5	18,0	17,7
2022 год, °C	10,7	18,6	21,3	22,5	18,3
в % к среднегодовному	76,4	101,6	103,9	125	103,4
2023 год, °C	16,0	16,3	21,5	20,2	18,5
в % к среднегодовному	114,3	89,1	104,9	112,2	104,5
2024 год, °C	11,0	21,7	22,1	18,4	18,3
в % к среднегодовному	78,6	118,6	107,8	102,2	103,4
Осадки, мм					
Среднегодовная осадки	38	57	62	55	212
2022 год, мм	78,4	19,3	61,61	0,0	159,31
в % к среднегодовному	206,3	33,9	99,4	0	75,1
2023 год, мм	46,79	6,08	33,07	20,44	106,38
в % к среднегодовному	123,1	10,7	53,3	37,2	50,2
2024 год, мм	52,91	15,81	56,17	28,71	153,6
в % к среднегодовному	139,2	27,7	90,6	52,2	72,5

Анализ метеоданных за вегетационный период 2022-2024 года показывает, что в эти годы наблюдались значительные колебания в осадках и температуре воздуха по сравнению с среднегодовными значениями. Особенно интересными являются данные за 2022 год, которые демонстрируют заметные отклонения от нормы. В 2022 году количество осадков составило 159 мм, в мае 78,4, 19,3 мм в июне, 61,61 мм в июле и 0 мм в августе. Среднесуточная температура воздуха в этот период также показала значительные отклонения от среднегодовных значений. В мае температура составила 10,7°C, что ниже на 23,6%. В июне среднесуточная температура достигла 18,6°C, что превышает среднегодовное значение на 1,6%. В июле температура составила 21,3°C, что выше среднегодовного значения на 3,9%. В августе среднесуточная температура достигла 22,5°C, что превышает среднегодовное значение на 25%.

В 2023 году количество осадков, выпавших в мае, составило 46,79 мм, что является

хорошим показателем для этого месяца. В июне осадков было гораздо меньше, всего 6,08 мм, что существенно отличается от мая. В июле количество осадков увеличилось до 33,07 мм, а в августе их было 20,44 мм. Если сложить эти значения, то общее количество осадков за период с мая по август составит 106,38 мм. Однако, если сравнивать это значение с среднегодовным показателем, то получается, что в 2023 году выпало лишь 50,2% от ожидаемого количества осадков.

Среднесуточная температура воздуха в мае составила 16,0°C, что является нормой для этого месяца. В июне температура воздуха была еще выше, достигая 16,3°C. В июле среднесуточная температура составила 21,5°C, что выше среднегодовных значений всего на 4,9%. В августе температура воздуха была на уровне 20,2°C, что также выше средних показателей.

В 2024 году количество осадков было в значении 52,91 мм в мае, 15,81 мм в июне, 56,17 мм в июле и 28,71 мм в августе, что в

сумме 153,6 мм за май-август. Это составляет 72,5% от среднегодового значения. Среднесуточная температура воздуха в этот период значилась 11,0°C в мае, 21,7°C в июне, 22,1°C в июле и 18,4°C в августе. Метеоданные за вегетационный период 2022-2024 года показывают значительные колебания в осадках и температуре воздуха, что может оказать влияние на урожайность гибридной кукурузы Росс 140 СВ. В этих условиях двухкратный полив из расчета 300-350 м³/га обеспечил оптимальные условия для развития растений этой культуры.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования было установлено, что норма высева

для гибрида составила 85 тысяч всхожих семян на гектар. Это значение является важным показателем для оценки эффективности посева и последующего роста растений. Важно отметить, что данный показатель может варьироваться в зависимости от множества факторов, включая климатические условия, тип почвы и методы обработки земли.

Из полученных результатов следует, что из общего числа посеянных семян 86-87% полностью проросли в течение 10 дней. Это свидетельствует о хорошей всхожести семян и благоприятных условиях для роста растений. (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние расчетных норм минеральных удобрений и орошения на полевую всхожесть и сохранность растений кукурузы к уборке (2022–2024 года)

Вариант	Кол-во всходов, тыс. шт./га	Полевая Всхожесть, %	Сохранность растений к уборке, в % к всходам
Контроль (без удобрений)	73,4	86,1	83,9
N ₇₄ P ₄₀ K ₇₄ на 30 т/га биомассы	73,5	86,3	84,1
N ₉₈ P ₅₃ K ₉₇ на 40 т/га биомассы	73,7	86,5	84,2
N ₁₂₃ P ₆₆ K ₁₂₁ на 50 т/га биомассы	73,9	86,8	83,8
N ₁₄₈ P ₈₀ K ₁₄₈ на 60 т/га биомассы	74,0	87,0	84,3
HCP ₀₅	2,98		

Комбинация применения расчетных норм минеральных удобрений может значительно улучшить полевую всхожесть и сохранность кукурузы к уборке. Вариант с нормой N₁₄₈P₈₀K₁₄₈ на 60 т/га биомассы показал наибольшее количество всходов, - 74,0 тыс. шт./га, полевая всхожесть составила 87,0%, а сохранность растений к уборке составила 84,3%. Это указывает на наибольшее улучшение показателей среди всех вариантов. В контрольном варианте без применения минеральных удобрений количество всходов составило 73,4 тыс. шт./га, полевая всхожесть составила 86,1%, сохранность растений 83,9%. Однако, необходимо учитывать, что увеличение норм минеральных удобрений может привести к увеличению затрат, что может повлиять на экономическую эффективность сельскохозяйственного производства.

Орошение кукурузы является одним из ключевых факторов, влияющих на экологические показатели. В условиях Республики Татарстан, где наблюдается высокая степень

антропогенного воздействия на природные экосистемы, необходимо проводить орошение с учетом оптимизации водопотребления и минимизации негативного воздействия на водные ресурсы.

Урожайность кукурузы. Формирование плотных, высоких растений кукурузы с двумя большими початками молочно-восковой спелости кукурузы на растениях в сочетании с благоприятными почвенно-климатическими условиями в течение вегетационного периода привело к высоким урожаям зеленой массы кукурузы в 2022-2024 годах. Это стало возможным благодаря оптимальному сочетанию факторов, таких как достаточное увлажнение почвы, умеренная температура и обильное солнечное освещение, что способствовало активному росту и развитию растений кукурузы. В результате, кукуруза достигла высоких показателей по урожайности, что позволило значительно увеличить объем зеленой массы, собранной в указанный период. (рис. 1, табл. 3).



Рис. 1- Початки перед уборкой гибридной кукурузы Росс 140 СВ на варианте опыта N₁₂₃P₆₆K₁₂₁ на 50 т/га биомассы

АГРОНОМИЯ

Наибольшая прибавка урожайности наблюдалась при использовании в варианте N₁₄₈P₈₀K₁₄₈ на 60 т/га биомассы, составившая

30,7 т/га. Эффективность использования удобрений 1 кг NPK зеленой массой также была выше в этом варианте, составив 81,6 кг/кг.

Таблица 3 – Влияние расчетных норм минеральных удобрений на урожайность зеленой массы орошаемой кукурузы Росс 140 СВ

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка		Эффективность использования удобрений 1 кг NPK зеленой массой, кг/кг
		т/га	%	
Контроль (без удобрений)	25,5	-	-	
N ₇₄ P ₄₀ K ₇₄ на 30 т/га биомассы	30,4	4,9	10,5	26,1
N ₉₈ P ₅₃ K ₉₇ на 40 т/га биомассы	43,8	18,3	59,2	73,8
N ₁₂₃ P ₆₆ K ₁₂₁ на 50 т/га биомассы	50,7	25,2	84,3	81,3
N ₁₄₈ P ₈₀ K ₁₄₈ на 60 т/га биомассы	56,2	30,7	104,3	81,6
НСР ₀₅	1,98			

Вариант N₁₂₃P₆₆K₁₂₁ на 50 т/га биомассы продемонстрировал вторую по величине прибавку урожайности, составившую 25,2 т/га. При этом эффективность использования удобрений NPK зеленой массой составила 81,3 кг/кг. Этот результат свидетельствует о высокой эффективности данного варианта в условиях конкретного эксперимента. Вариант N₉₈P₅₃K₉₇ на 40 т/га биомассы дал прибавку урожайности в 18,3 т/га. Эффективность использования удобрений 1 кг NPK зеленой массой в этом случае составила 73,8 кг/кг. Хотя этот результат и уступает показателю варианта N₁₂₃P₆₆K₁₂₁, он все равно демонстрирует значительную эффективность в сравнении с другими вариантами. Наименьшая прибавка урожайности наблюдалась в варианте N₇₄P₄₀K₇₄ на 30 т/га биомассы, прибавка урожайности составила всего 4,9%, а эффективность использования удобрений 1 кг NPK зеленой массой составила 26,1 кг/кг. Этот результат может быть связан с недостаточным количеством удобрений, использованным в данном эксперименте.

Исследование показало, что применение удобрений и орошения может значительно увеличить урожайность зеленой массы гибридной кукурузы Росс 140 СВ с початками в молочно-восковой спелости. Наиболее эффективным вариантом является N₁₄₈P₈₀K₁₄₈ на 60 т/га биомассы, который обеспечивает максимальную прибавку урожайности и эффективность использования удобрений NPK зеленой массой.

Использование удобрений и увеличение

уровня биомассы могут привести к увеличению стоимости валовой продукции, общих затрат, условно чистого дохода и рентабельности, а также к снижению себестоимости производства кукурузы на силос. Однако, необходимо учитывать, что наивысшие показатели дохода и рентабельности наблюдаются при использовании N₁₂₃P₆₆K₁₂₁ на 50 т/га и N₁₄₈P₈₀K₁₄₈ на 60 т/га биомассы.

Стоимость валовой продукции увеличивается с 70,1 до 143,3 тыс. руб./га при переходе от контрольного варианта (без удобрений) к варианту N₁₄₈P₈₀K₁₄₈ на 60 т/га биомассы. Это указывает на увеличение продуктивности и, соответственно, дохода от продажи продукции.

Общие затраты также растут с 58,9 до 87,4 тыс. руб./га, что связано с увеличением расходов на удобрения и другие ресурсы, необходимые для достижения более высоких показателей биомассы.

Условно чистый доход показывает, что при увеличении дозировки удобрений и биомассы доходность производства кукурузы на силос также растет. Максимальный условно чистый доход достигается при варианте N₁₄₈P₈₀K₁₄₈ на 60 т/га биомассы и составляет 55,8 тыс. руб./га.

Рентабельность также увеличивается с 19,0% до 64,0% при переходе от контрольного варианта к варианту N₁₄₈P₈₀K₁₄₈ на 60 т/га биомассы. Это указывает на то, что увеличение затрат на удобрения и биомассу оправдано и приводит к значительному росту эффективности производства.

Себестоимость снижается с 12,6 до 9,1 тыс. руб./т корм. ед. при увеличении дозировки удобрений и биомассы. Это связано с

увеличением продуктивности и, соответственно, снижением себестоимости единицы продукции (табл. 4.).

Таблица 4 – Экономические показатели производства кукурузы на силос

Варианты опыта	Стоимость вал. продукции, тыс. руб./га	Общие затраты, тыс. руб./га	Условно чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %	Себестоимость тыс. руб./т корм. ед.
Контроль (без удобрений)	70,1	58,9	11,2	19,0	12,6
N ₇₄ P ₄₀ K ₇₄ на 30 т/га биомассы	77,5	58,1	19,3	33,0	11,2
N ₉₈ P ₅₃ K ₉₇ на 40 т/га биомассы	111,6	78,1	33,5	43,0	10,5
N ₁₂₃ P ₆₆ K ₁₂₁ на 50 т/га биомассы	129,2	84,0	45,2	54,0	9,7
N ₁₄₈ P ₈₀ K ₁₄₈ на 60 т/га биомассы	143,3	87,4	55,8	64,0	9,1

Примечание: коэффициент перевода в к. ед. зеленой массы кукурузы 0,17 (стоимость зерна кукурузы за 1 т. в 2024 году 15 тыс. руб.)

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что агрономические и агрохимические факторы оказывают значительное влияние на продуктивность гибридной кукурузы Росс 140СВ в условиях Республики Татарстан. Экспериментальные данные подтвердили, что оптимальная дозировка удобрений N₁₂₃P₆₆K₁₂₁ рассчитанная на

планируемую урожайность 50 т/га обеспечивает высокий выход зеленой массы.

Результаты показали, что применение удобрений и орошения в рекомендуемых количествах позволяет значительно повысить урожайность, что является ключевым фактором эффективности производства и устойчивости агропромышленных систем.

Литература

- Смирнов А. М., Тюрин В.Г., Семенов В.Г. Проблемы производства экологически безопасной продукции животноводства и пути их решения // Ветеринария и кормление. 2024. № 3. С. 12-18. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-3-1>.
- Воронкова О. Ю., Петрова Л.И. Производство органической продукции в регионах: экономический, социальный и бюджетный эффект // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 1. С. 38-43. <https://doi.org/10.32651/241-38>.
- Организационно-экономические основы развития органического сельского хозяйства в условиях современности / С. Л. Алексеев, Н. М. Якушкин, С. А. Шарипов, Ю. С. Сергеева // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 2. С. 73-82. <https://doi.org/10.32651/241-38>.
- Зависимость урожайности гибридов кукурузы от приемов обработки почвы при возделывании в зоне неустойчивого увлажнения / О. И. Власова, В. М. Передериева, О. Г. Шабалдас [и др.] // Земледелие. 2023. № 6. С. 33-36. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-6-33-36>.
- Урожай и уборочная влажность зерна гибридов кукурузы в разных экологических условиях в зависимости от сроков посева / В. С. Сотченко, А. Г. Горбачева, А. Э. Панфилов [и др.] // Кормопроизводство. 2019. № 4. С. 26-31.
- Тюрин А. В., Тойгильдин А.Л., Подсёвалов М.И. Эффективность приемов возделывания кукурузы на зерно в условиях Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3(55). С. 55-65. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-55-62>.
- Бжинаев Ф. Х. Влияние способов основной обработки почвы на урожай кукурузы при орошении // Аграрный вестник Урала. 2013. № 4(110). С. 4-5.
- Монастырский В.А., Тищенко Я.С. Влияние оросительных мелiorаций при выращивании кукурузы // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 4. С. 281-294. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-281-294>.
- Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на динамику влажности почвы, водопотребление и урожайность кукурузы при выращивании на силос / В. Н. Фомин, М. М. Нафиков, В. В. Медведев, Д. В. Якимов // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 12. С. 12-16.
- Продуктивность кукурузы Росс 140 в зависимости от уровня химизации зональных почв республики Татарстан / Ф. Н. Сафиоллин, М. М. Хисматуллин, А. А. Лукманов [и др.] // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2023. № 115. С. 199-223. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2023-115-199-223>.
- Современные методы возделывания кукурузы / Л. Х. Азубеков А. З. Кушхабиев А. К. Урусов А. М. Кагермазов // Земледелие. 2014. № 5. С. 31-32.
- Ефремова Е.Н., Тютюма Н.В. Влияние агротехнических приемов на урожайность сахарной кукурузы в условиях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1(49). С. 95-101. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-02-95-101>.
- Особенности системы основной обработки почвы на орошении в почвенно-климатических условиях

Республики Татарстан / И. И. Габбасов, С. Р. Сулейманов, Ф. Н. Сафиоллин [и др.] // Земледелие. 2023. № 7. С. 7-10. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-7-7-10>.

14. Таланов И. П., Михайлова М.Ю., Каримова Л.З. Отзывчивость гибридов кукурузы на внесения расчетных доз минеральных удобрений в условиях Предволжья РТ // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10, № 2(36). С. 123-127. <https://doi.org/10.12737/12516>.

15. Роль и место орошаемого земледелия в производстве сельскохозяйственной продукции и его экономическая эффективность (опыт Республики Татарстан) / М. М. Хисматуллин, М. М. Хисматуллин, А. Р. Валиев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16, № 3(63). С. 160-166. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-160-166>.

16. Основные тренды роста регионального сельского хозяйства: от объемов к устойчивости / Ф. Н. Мухаметгалеев, А. Р. Валиев, Л. Ф. Ситдикова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19, № 1(73). С. 117-123. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2024-117-123>.

17. Светлов Н. М. Методика отбора регионов для исследования адаптации сельского хозяйства к изменению климата // Экономика региона. 2023. Т. 19, № 2. С. 480-493. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-2-14>.

18. Волкова Е.А. Оценка экономической эффективности сельскохозяйственного производства Дальнего Востока России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 5(389). С. 473-478. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_473.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторе:

Яхин Ильдар Фаритович – аспирант, ассистент кафедры землеустройства и кадастров. e-mail: ildasuper97@bk.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

THE INFLUENCE OF AGRONOMIC AND AGROCHEMICAL FACTORS ON THE PRODUCTIVITY OF IRRIGATED HYBRID CORN ROSS 140 SV IN THE SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

I. F. Yakhin

Abstract. The purpose of the research is to determine the degree of influence of agronomic and agrochemical factors on the productivity of irrigated hybrid corn Ross 140 SV in the soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan. A stationary field experiment was carried out on irrigated fields of land use of LLC "Kyrlyay" in Arsk municipal district in 2022. This experiment was aimed at studying the influence of various factors on the yield and quality of the irrigated crop. After the commissioning of the irrigated site in 2023, the research was continued on the basis of LLC "Agrobiotechnopark" of Kazan State Agrarian University. The design of a stationary field experiment is aimed at determining the effect of different fertilizer doses on the yield of an irrigated agricultural crop. In this case, five options are considered: control (without fertilizers). This option serves as a base for comparing results with other options. It shows how the crop will develop without fertilizers. $N_{74}P_{40}K_{74}$ for 30 t/ha of biomass, involves applying fertilizers in the amount of 74 kg of nitrogen (N), 40 kg of phosphorus (P) and 74 kg of potassium (K) per 30 tons of biomass. $N_{98}P_{53}K_{97}$ for 40 t/ha of biomass, in this option the fertilizer doses increase: 98 kg of nitrogen, 53 kg of phosphorus and 97 kg of potassium per 40 tons of biomass. $N_{123}P_{66}K_{121}$ for 50 t/ha of biomass, this option studies the effect of high fertilizer doses on yield. $N_{148}P_{80}K_{148}$ for 60 t/ha of biomass: In this variant, the fertilizer doses are maximum: 148 kg of nitrogen, 80 kg of phosphorus and 148 kg of potassium per 60 tons of biomass. The object of the study is the hybrid corn variety Ross 140 SV. The agrochemical parameters of two typical gray-forest soils were as follows: the humus content according to Tyurin was from 3.2 to 3.6%, mobile phosphorus – from 148 to 150 and exchangeable potassium – from 162 to 165 mg/kg of soil according to Kirsanov. The reaction of the soil environment in the salt extract was close to neutral (pH. 6.1 - 6.5). The experiment was repeated three times, the plots were placed systematically, the area of each plot was 126 m² (4.2 by 30 meters). The system of primary and pre-sowing soil preparation was carried out (in autumn) with stubble disking to 6-8 cm and plowing to 25-27 cm. Pre-sowing cultivation consisted of harrowing in 1-2 tracks. Corn was sown in the second ten-day period of May with a row spacing of 70 cm. Seeds at a seeding rate of 70 thousand pcs./ha were embedded to a depth of 6-8 cm with rolling. Mineral fertilizers were applied in doses calculated for the planned yield of 30 t/ha, 40 t/ha, 50 t/ha, 60 t/ha of biomass. The optimal dose of fertilizers to achieve maximum productivity of hybrid corn Ross 140 SV is $N_{123}P_{66}K_{121}$ calculated for the planned yield of 50 t/ha of biomass, at which the yield of green mass is 50.7 t/ha, and the payback of mineral fertilizers reaches 81.2 kg of green mass per 1 kg of NPK.

Key words: corn (*frumentum*), milky-wax ripeness, efficiency of using fertilizers, yield, biomass, calculated rates of fertilizer doses, productivity.

For citation: Yakhin I.F. Influence of agronomic and agrochemical factors on the productivity of irrigated hybrid corn Ross 140 SV in soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan // Agrobiotechnology and digital agriculture. 2024; 4(12). 52-58 p.

References

1. Smirnov AM, Tyurin VG, Semenov VG. [Problems of ecologically safe livestock products production and ways of their solution]. Veterinariya i kormlenie. 2024; 3. 12-18 p. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-3-1>.
2. Voronkova OYu, Petrova LI. [Production of organic products in the regions: economic, social and budgetary effect]. Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii. 2024; 1. 38-43 p. <https://doi.org/10.32651/241-38>.
3. Alekseev SL, Yakushkin NM, Sharipov SA, Sergeeva YuS. [Organizational and economic foundations for the development of organic agriculture in modern conditions]. Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii. 2024; 2. 73-82 p. <https://doi.org/10.32651/241-38>.
4. Vlasova OI, Perederieva VM, Shabalda OG. [Dependence of corn hybrids yield on soil cultivation methods during cultivation in the zone of unstable moisture]. Zemledelie. 2023; 6. 33-36 p. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-6-33-36>.
5. Sotchenko VS, Gorbacheva AG, Panfilov AE. [Yield and harvest moisture content of corn hybrids in different environmental conditions depending on sowing time]. Kormoproizvodstvo. 2019; 4. 26-31 p.
6. Tyurin AV, Toygildin AL, Podsevalov MI. [Efficiency of grain corn cultivation techniques in the Middle Volga

region]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2021; 3(55). 55-65 p. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-55-62>.

7. Bzhinaev FK. [The influence of primary tillage methods on the yield of corn under irrigation]. Agramuy vestnik Urala. 2013; 4(110). 4-5 p.

8. Monastyrskiy VA, Tishchenko YaS. [The influence of irrigation melioration in growing corn]. Melioratsiya i gidrotekhnika. 2023; Vol.13. 4. 281-294 p. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-281-294>.

9. Fomin VN, Nafikov MM, Medvedev VV, Yakimov DV. [The influence of primary tillage methods and fertilizers on the dynamics of soil moisture, water consumption and yield of corn when grown for silage]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017; Vol.31. 12. 12-16 p.

10. Safiollin FN, Khismatullin MM, Lukmanov AA. [Productivity of Ross 140 corn depending on the level of chemicalization of zonal soils of the Republic of Tatarstan]. Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V.Dokuchaeva. 2023; 115. 199-223 p. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2023-115-199-223>.

11. Azubekov LKh, Kushkhabiev AZ, Urusov AK, Kagermazov AM. [Modern methods of corn cultivation]. Zemledelie. 2014; 5. 31-32 p.

12. Efremova EN, Tyutyuma NV. [Influence of agrotechnical methods on sweet corn yield in the Lower Volga region]. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2018; 1(49). 95-101 p. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-02-95-101>.

13. Gabbasov II, Suleymanov SR, Safiollin FN. [Features of the primary tillage system with irrigation in the soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan]. Zemledelie. 2023; 7. 7-10 p. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-7-7-10>.

14. Talanov IP, Mikhaylova MYu, Karimova LZ. [Responsiveness of corn hybrids to the application of calculated doses of mineral fertilizers in the conditions of the Volga region of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015; Vol.10. 2(36). 123-127 p. <https://doi.org/10.12737/12516>.

15. Khismatullin MM, Khismatullin MM, Valiev AR. [The role and place of irrigated agriculture in agricultural production and its economic efficiency (experience of the Republic of Tatarstan)]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 3(63). 160-166 p. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-160-166>.

16. Mukhametgaliev FN, Valiev AR, Sitdikova LF. [The main trends in the growth of regional agriculture: from volumes to sustainability]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.19. 1(73). 117-123 p. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2024-117-123>.

17. Svetlov NM. [Methodology for selecting regions for studying the adaptation of agriculture to climate change]. Ekonomika regiona. 2023; Vol.19. 2. 480-493 p. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-2-14>.

18. Volkova EA. [Assessment of the economic efficiency of agricultural production in the Russian Far East]. Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal. 2022; 5(389). 473-478 p. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_473.

Conflict of interest

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

Author:

Yakhin Ildar Faritovich – postgraduate student, assistant of the department of land management and cadastre. e-mail: ildarsuper97@bk.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ

С. Н. Савдур, В. Л. Воронцова

Реферат. Системный анализ процесса очистки сточных вод животноводческих ферм является важным этапом в обеспечении экологической безопасности и устойчивого развития животноводства. Основной целью работы является повышение эффективности процесса очистки сточных вод животноводческих ферм на основе системного анализа. Сточные воды, образующиеся на фермах, содержат высокий уровень органических загрязнителей, патогенных микроорганизмов и питательных веществ, что может существенно влиять на качество окружающей среды. Для решения данной проблемы был применен комплексный подход, который включал в себя гидрологические, биохимические и технологические аспекты. Рассмотрена возможность внедрения современных биотехнологий, что позволит существенно снизить негативное воздействие на экологию и повысить уровень устойчивости животноводческих предприятий. В зависимости от источников загрязнения и основных загрязнителей были разработаны технические решения по снижению объема сточных вод, их очистке. Эффективность их функционирования можно обеспечить с помощью современных методов обработки информации, применяя методы системного анализа сложных объектов на основе математического описания технологического процесса. Разработана системная двухуровневая модель для исследования закономерностей функционирования аппарата биоочистки в условиях динамически изменяющихся параметров технологического процесса. Для анализа состояния системы очистки в целом и прогнозирования развития внештатных ситуаций была создана программная реализация системы очистки сточных вод животноводческих ферм.

Ключевые слова: сельское хозяйство, сети Петри, модифицированные сети Петри.

Для цитирования: Савдур С.Н., Воронцова В.Л. Моделирование системы очистки сточных вод животноводческих ферм // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. № 4(12). С. 59-67

Введение. Сельское хозяйство – активный и масштабный источник загрязнения водных объектов биогенными элементами, пестицидами, органическими и минеральными веществами [1].

Неконтролируемыми точечными источниками загрязнения водных объектов посредством сельского хозяйства являются пестициды и удобрения, которые используются на полях для повышения урожайности. При дождях или поливе, эти химикаты могут смываться с земельных участков и попадать в реки, озера и другие водоемы, что приводит к ухудшению качества воды. Подобное загрязнение становится особенно актуальным в регионах с интенсивным сельским хозяйством, где применение агрохимикатов имеет массовый характер.

Необходимо также отметить, что недостаточная организация систем хранения и утилизации твердых и жидких отходов на фермах способствует дальнейшему загрязнению. Сточные воды, содержащие сельскохозяйственные химикаты и органические вещества, нередко попадают в реки и озера, понижая их биологическое разнообразие [2, 3].

Важным шагом для смягчения негативного воздействия этих источников загрязнения является внедрение экологически чистых технологий в аграрном производстве и разработка эффективных систем управления водными ресурсами. Образовательные программы для фермеров относительно устойчивых практик могут стать ключевым фактором в сохранении водных экосистем и повышении устойчивости сельского хозяйства.

Стоки животноводческих хозяйств и птицеферм, содержащие значительное количество загрязняющих агентов (тяжелых металлов, N_2 , P_4 , S_2), составляют наиболее существенную угрозу с точки зрения негативного влияния на природные водоёмы [4]. Следует отметить, что крупное животноводческое предприятие в день должно утилизировать не менее ста кубометров стоков; в некоторых случаях объём достигает полутора тысяч кубометров [5]. При этом наибольший ущерб водным объектам и прибрежным зонам наносится вследствие недостаточно качественной очистки стоков животноводческих хозяйств, что, в свою очередь, обусловлено несовершенством используемых средств и методов очищения [6]. Многие хозяйства накапливают на собственной территории твёрдые и полутвёрдые отходы, тогда как жидкие производственно сливаются [7, 8]. На примере интенсивного разведения скота в сельскохозяйственных регионах можно наблюдать, как неуправляемые сточные воды попадают в близлежащие водоемы. Стоки, содержащие избыток органических веществ, нитратов и фосфатов, способствуют развитию избыточной растительности, что приводит к ухудшению качества воды. Это явление, известное как эвтрофикация, вызывает массу негативных последствий, включая кислородное голодание, что угрожает жизни водных экосистем.

При этом особую тревогу вызывают не только агрономические показатели, но и здоровье местного населения, поскольку загрязненная вода может стать источником различных заболеваний. Тяжелые металлы

представляют собой долгосрочную угрозу, попадая в пищевые цепочки.

Необходимость внедрения эффективных систем очистки сточных вод и применения современных технологий для минимизации выбросов становится критически важной. Защита водных объектов от загрязнений требует комплексного подхода и активного участия как со стороны государства, так и со стороны аграриев, чтобы обеспечить экологическое благополучие и устойчивое развитие региона.

Во многих случаях стоки животноводческих ферм оказывают на природные водоёмы негативное влияние из-за недооснащённости хозяйств соответствующим техническим оборудованием, а также отсутствием очистных сооружений [9, 10, 11]. При этом основанные на математическом подходе к технологиям очистки методы системного анализа способны обеспечить в рассматриваемом случае положительный результат [12, 13, 14].

За счёт построения компьютерных моделей анализируемых объектов разрабатываются оптимальные методы и системы управления, а также проводится масштабный анализ внутреннего устройства объекта, выявляются закономерности его функционирования и строятся прогнозы для экстренных условий с учётом вероятности воздействия тех или иных факторов [15, 16].

Цель работы: Оптимизация процессов очистки сточных вод животноводческих ферм на основе принципа системного анализа.

Условия, материалы и методы. Были применены методы системного анализа, которые включая в себя гидрологические, биохимические и технологические аспекты. При этом оптимизация процессов очистки сточных вод с использованием принципов системного анализа может существенно повысить эффективность этих процессов и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

При применении системного анализа предложен подход, начиная с детального изучения процессов и методов. Этот подход включает в себя несколько ключевых этапов:

- сбор данных: необходимо провести мониторинг текущих процессов очистки сточных вод на фермах. Это включает в себя анализ объемов и состава сточных вод, а также оценку эффективности существующих систем очистки;

- идентификация проблем: на основе собранных данных выявляются основные проблемы, связанные с процессами очистки. Это могут быть недостаточная эффективность, высокие затраты на эксплуатацию и обслуживание оборудования, отсутствие необходимых технологий и др;

- разработка и оценка альтернатив: на данном этапе важно рассмотреть различные методы очистки. Примеры включают механическую, биологическую и химическую очистку, а также использование биофильтров и

современных технологий, таких как мембранная фильтрация и нанотехнологии для повышения эффективности очистных систем;

- внедрение решений: на основе проведенного анализа и оценки альтернатив разрабатывается план внедрения оптимизированных процессов очистки на фермах. Это может включать в себя модернизацию существующих систем, обучение персонала и внедрение новых технологий;

- мониторинг и корректировка: после внедрения новшеств важно продолжать мониторинг процессов очищения сточных вод и вносить корректировки на основе реальных данных. Это обеспечит постоянное совершенствование системы и адаптацию к изменяющимся условиям.

Также в работе были применены методы компьютерного моделирования, теории сетей Петри, теории графов. Средства SCADA-технологии использовались для создания программного обеспечения на основе объектно-ориентированного подхода, в рамках современных концепций информационных технологий. Компьютерное моделирование осуществляется в рамках данных методов.

Сложная система, представляющая собой современные технологические линии и биотехнологические продукты, характеризуется сложной многоуровневой структурой взаимосвязи эффектов физических, химических и биологических свойств, а также наличием прямых и обратных потоков между техническими устройствами. Для изучения этой системы применялась стратегия системного анализа, которая позволяет осуществлять синтез технических схем с использованием методов автоматического расчета и оптимального проекта биотехнологических методов.

При математическом моделировании биотехнологических систем на компьютере, важно создать иерархическую структуру модели, где каждый уровень содержит описание своих явлений. Таким образом, системный анализ позволил эффективно решить задачи в области математического исследования и моделирования.

Среди множества принципов, которые нацелены на решение разноцелевых вопросов моделирования, анализа, в том числе синтеза динамических систем которые имеют непрерывные события (ДСДС), сейчас довольно широко развиваются, а также применяется сеть Петри. Сеть Петри в компактной структуре несет в себе принцип взаимоотношений между всеми элементами системы в целом, а также показатели изменения возможных состояний в случае установки начальных конкретных условий [17, 18].

При использовании системного анализа устанавливался порядок разработки системы управления очистными сооружениями, что предполагает построение 2-уровневой математической модели функционирования оборудования; на нижнем уровне биореактор

обеспечивает очищение хозяйственных стоков до максимально допустимого уровня содержания загрязняющих агентов (аналитическая модель), на верхнем уровне очистки осуществляется с использованием сетей Петри

(сетевые модели).

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 представлен нижний уровень математической модели – аэрационный резервуар для очистки стоков животноводческого хозяйства:



1- резервуар; 2-сепаратор твердых и жидких отходов; 3- резервуар первичной седиментации; 4 анаэробный резервуар; 5- резервуар аэрации; 6- резервуар вторичной седиментации; 7- шламонакопитель

Рис. - Структурная схема очистки сточных вод животноводческих ферм

Классификация биохимических методик включает следующие категории:

1) методы аэробные, т.е. подразумевающие очистку в присутствии природного кислорода, что предполагает возможность применения как в антропогенной, так и в природной среде (например, с помощью биофильтра или искусственного водоёма);

2) методы анаэробные, т.е. очистка без присутствия атмосферного кислорода; применение таких методов оптимально при обработке производственных стоков и осадков с высоким содержанием загрязняющих агентов.

При использовании аэробных методов нет необходимости в значительных финансовых затратах, однако эксплуатационные издержки достаточно велики; применяются такие технологии и средства, как биофильтры, окисляющее оборудование, биологические пруды, аэротенки. При использовании анаэробных методов характеристики затрат противоположны.

На практике чаще всего применяются аэробные методы очистки стоков, к которым есть два основных подхода – первый опирается на воздействие объединений микроорганизмов, присутствующих в виде взвеси (активный ил), на загрязняющие агенты при обработке в аэротенках, что приводит к разрушению загрязнений, основу же второго подхода составляет воздействие микроорганизмов, расположенных на какой-либо поверхности, клетки которых прикреплены друг к другу (биоплёнки).

Очистка первого типа: в данном случае сточные воды очищаются от загрязняющих агентов с помощью активного ила, способного окислять и разрушать присутствующие в сточных водах органические примеси. Действующая в активном иле биологическая совокупность функционирует на нескольких уровнях, объединяемых по типу питания: 1) наиболее значимые для окисления и разрушения загрязняющих агентов гетеротрофные бактерии; 2) питающиеся бактериями простейшие (инфузории, коллеметы, жгутиконосцы); 3) сосущие инфузории.

На каждом из перечисленных трофических уровней концентрация организмов определяется целым рядом факторов – условиями протекания процессов, химической структурой стоков, pH-фактором, содержанием растворенного кислорода. Следует отметить, что простейшие второго и третьего уровней выполняют промежуточные функции, принимая в разрушении загрязнений опосредованное участие за счёт поглощения бактериальных клеток, образуемых в результате ферментативного окисления органических загрязняющих веществ.

Образование бактериальных клеток становится возможным за счёт присутствия в загрязнении органического углерода и процессов окисления, обеспечивающих энергию синтеза. Сопровождающие синтез биохимические процессы в клетках чрезвычайно сложны и разнообразны, что обуславливает практическую невозможность их сведения к формализованным образцам, на основе которых строится математическая модель; в силу этого подобные процессы моделируются лишь обобщённо.

Совокупная жизнедеятельность входящих в состав активного ила организмов (биоценоз) включает гетеротрофные микроорганизмы, классифицируемые по физиологическим признакам и объединяемые способностью использовать для своего функционирования входящий в определённые органические вещества углерод. Органические соединения могут выступать в качестве углеродного источника для биоценоза активного ила только при определённых условиях, причём соединения с различными характеристиками могут существенно отличаться сроками окисления за счёт воздействия гетеротрофных бактерий.

Органические суспензии, в соответствии с признаком разобщённости системы, относятся к микрогетерогенной категории. В качестве первичных частиц системы выступают в данном случае дисперсные бактерии с параметрами $10^2 - 10^4$ нм; при наличии благоприятных условий на этой основе образуются в дальнейшем хлопья активного ила, достигающие

10^{-3} см и более. Поскольку у целого ряда входящих в состав суспензии организмов имеется способность образовывать полипептиды и иные внеклеточные полимеры, а также выделять их в среду обитания, начинается активный процесс образования хлопьев (флокул), суспензия эффективно отделяется от воды, прошедшей процедуру очистки. Способность биоценоза активного ила к флокуляции определяется целым рядом факторов – собственно видом микроорганизмов, возрастом клеток, температурой и структурой среды обитания. Следует отметить, что флокуляция способствует разделению фаз после процедуры очистки, хотя у отдельных дисперсных частиц существенно выше активность в ходе воздействия. Вместе с тем, на практике от величины флокул зависит лимитирующая фазабioочистки.

Активный ил, как свидетельствуют результаты исследований, характеризуется наличием значительной поверхности (до 100 кв. м на 1 г сухого вещества), что обуславливает наличие способности к связыванию существенного объёма жидкости [17, 18] и тенденции к слипанию с твёрдыми суспендированными соединениями.

Оксидирование флокулами активного ила органических соединений, содержащихся в подлежащих очистке стоках – не что иное как каталитическая гетерогенная реакция. В данном случае в разнородной среде непрерывная фаза представлена стоками, содержащими органические соединения, дискретная же – отдельными дисперсными частицами и хлопьями. В этом случае должны присутствовать следующие этапы химической реакции: 1) перенос агента к поверхности и внутрь хлопьев, к ферментам, представляющим собой центры катализа; 2) биохимическое преобразование; 3) отвод от активных центров продуктов реакции. Таким образом, скорость процесса (как и в случае с любой другой аналогичной реакцией) зависит от того, протекает ли он в диффузионной или кинетической области.

Факторами, определяющими качественные и количественные закономерности образования рассматриваемой биологической системы, являются: используемые технологии очистки; условия функционирования очистных сооружений; химическая структура подлежащих очистке стоков; уровень содержания загрязнений.

Интенсивность оксидирования загрязнений активным илом зависит, в свою очередь, от условий его функционирования, предопределяемых применяемыми технологиями, спецификой конструкции очистных сооружений и т.д.

Очистка второго типа: в данном случае существенную роль играет иммобилизованная микрофлора.

Биохимические методы являются одним из наиболее эффективных способов очистки

сточных вод от загрязнений. Они основаны на использовании живых организмов, таких как бактерии, грибы и водоросли, для разложения органических веществ в сточной воде. В зависимости от наличия кислорода воздуха, биохимические методы подразделяются на две группы: аэробные и анаэробные. Аэробные методы проводятся в присутствии кислорода воздуха и могут осуществляться как в естественных условиях, например, в биологических прудах, так и в искусственных условиях, например, в биоскрубберах и биофильтрах. В таких методах бактерии используют кислород для разложения органических веществ в сточной воде, что приводит к их более полной очистке. Анаэробные методы, напротив, проводятся без кислорода воздуха и используются для очистки высококонцентрированных осадков и стоков промышленных сточных вод. В таких методах бактерии разлагают органические вещества без кислорода, что приводит к образованию биогаза, который может быть использован в качестве энергии. Обе группы биохимических методов имеют свои преимущества и недостатки, поэтому выбор метода зависит от конкретных условий и требований к очистке сточных вод. Однако, в целом, биохимические методы являются эффективным и экологически безопасным способом очистки сточных вод.

Режим культивирования микроорганизмов может быть как непрерывным, так и повременным; данные режимы используются в открытых и закрытых системах, соответственно.

Как правило, при использовании периодического режима микроорганизмы вносятся в питательную среду, после чего рост их продолжается вплоть до истощения того или иного из составляющих её компонентов. Распределение по времени динамики числа клеток описывается с помощью специальных графиков – «кривых роста».

Достаточно сложны кинетические «кривые роста» при использовании повременного режима культивирования; в данном случае могут быть выделены следующие этапы (фазы):

1) в большинстве случаев после введения инокулята наступает лаг-фаза или период индукции, характеризующийся минимальной клеточной динамикой на фоне образования ферментов, активации синтеза белка, преобразования процессов клеточного метаболизма;

2) экспоненциальный рост – рывковое накопление биомассы и продуктов различных биохимических реакций;

3) замедленный рост – динамика минимизируется на короткий срок;

4) стационарная фаза – развитие приобретает постоянный характер, общее число клеток неизменно (клетки постоянно отмирают и практически сразу возмещаются за счёт прироста биомассы);

5) фаза отмирания (нулевой прирост биомассы) – возникает в случае истощения системы по субстрату либо при накоплении

существенного объёма продуктов реакций, замедляющих рост.

При наступлении этапа экспоненциального роста скорость деления клеток достигает максимума, определяемого средовыми факторами и типом микроорганизмов. На данном этапе у многих бактерий также неизменными остаются размеры клеток и концентрация белка; таким образом, клетки, формирующие бактериальную культуру, могут быть определены как «стандартные». Ввиду этого именно на данном этапе представляется целесообразным определять показатель скорости роста, т.е. клеточного деления. Кроме того, показатели роста именно в экспоненциальной фазе служат основой для исследования воздействия средовых факторов (температуры, аэрации, уровня pH и пр.).

По итогам опытного исследования закономерностей развития микроорганизмов было определено:

1) Численная динамика микроорганизмов в экспоненциальной фазе линейно связана с содержанием клеток в системе:

$$\frac{dB}{dt} = mB \quad (1)$$

где B - число клеток;

m - коэффициент пропорциональности, получивший название удельной скорости роста.

В экспоненциальной фазе удельная скорость роста постоянна и равна максимальной: $m = m_{\max} = \text{const}$, следовательно:

$$\frac{dB}{dt} = m_{\max} B \quad B(t) = B_0 e^{m_{\max} t} \quad (2)$$

-описывает рост микроорганизмов в экспоненциальной фазе.

Особенностью кинетики микробиологических процессов является зависимость скорости роста культуры микроорганизмов от одного или нескольких компонентов среды, обеспечивающих биосинтетическую основу метаболизма клеток и получивших название лимитирующих субстратов. В простейшем случае это отношение может быть выражено линейной зависимостью: $m(S) = k \cdot S$, где S - концентрация лимитирующего субстрата.

Однако в практике моделирования микробиологических процессов [17] чаще используется другая форма зависимости между удельной скоростью роста и концентрацией субстрата. Она имеет вид:

$$m = \frac{m_{\max} S}{K_s + S} \quad (3)$$

$m_{\max}$ - предельная максимальная удельная скорость роста;

K_s - параметр, получивший название константы сродства субстрата к микроорганизму; K_s численно равна концентрации субстрата, при которой удельная скорость

роста равна половине максимальной скорости роста $m_{\max}$. Указанная зависимость (сформулированная Моно) относится к эмпирическим; в то же время можно привести и кинетическое обоснование уравнения - основой для его формирования могут быть результаты кинетического анализа развития популяции микроорганизмов по простейшей кинетической схеме, состоящей из 2-х этапов.

Линейная фаза, которой предшествует фаза экспоненциальная, сменяется фазой замедления. Развитие популяции в случае повременного культивирования достигает определённого максимального уровня и останавливается; указанный уровень можно обозначить как B_m (предельное содержание клеток). Расход лимитирующего субстрата рассматривается в качестве одного из основных факторов, влияние которых обуславливает переход к фазе замедления развития. Ранее рассматривалась предложенная Моно элементарная модель развития популяции микроорганизмов, состоящая из 2-х этапов но обуславливающая корреляцию между концентрацией субстрата и скоростью роста.

При применении данной формулы описание динамики компонентов системы составляется с помощью следующей системы обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dB}{dt} &= \frac{m_{\max} SB}{K_s + S} \\ \frac{dS}{dt} &= -\frac{1}{Y_s} \frac{m_{\max} SB}{K_s + S} \end{aligned} \quad (4)$$

Это модель Моно, знак минус во втором уравнении указывает, что процесс идет с уменьшением субстрата.

Y_s - коэффициент пропорциональности, связывающий количество образовавшейся биомассы и количество израсходованного за это время субстрата: $B - B_0 = Y_s(S_0 - S)$, получил название экономического коэффициента (по субстрату).

Данная модель справедлива для всех механизмов роста, характеризующих многостадийностью превращения субстрата при отсутствии осложняющих факторов, таких, как ингибирование избытком субстрата или продуктом ферментативных превращений.

Ингибирование или активация роста популяции микроорганизмов - широко распространенное явление, в большом числе случаев определяющее скорость развития культуры.

Можно выделить следующие типы воздействия: ингибиторы, действующие на синтез ДНК; ингибиторы, действующие на РНК; ингибиторы синтеза белка; ингибиторы синтеза полимеров бактериальной клеточной стенки; мембрано - активные вещества; ингибиторы энергетических процессов; ингибиторы лимитирующего фермента.

По кинетическому механизму действия

можно выделить следующие основные классы ингибиторов: необратимые ингибиторы - вещества необратимо взаимодействующие с компонентами растущей микробной клетки. Кинетика их действия описывается уравнением:

$$\frac{dBI}{dt} = kBI \quad (5)$$

что соответствует кинетической схеме: $B + I \xrightarrow{k} BI$, где

B - число клеток;

I - концентрация ингибитора;

BI - число заингибированных клеток;

k - константа скорости.

Процесс обратимого ингибирования можно описать схемой: $B + I \xrightleftharpoons{k} BI$,

где k - эффективная константа равновесия.

Ингибирование избытком субстрата. В этом случае субстрат, который при относительно низких концентрациях увеличивает скорость роста, при более высоких концентрациях может быть эффективным ингибитором роста микроорганизмов. Активаторами называют соединения, которые, не будучи необходимыми для роста, могут заметно увеличивать максимальную скорость роста культур микроорганизмов.

Действие обратимых эффекторов на кинетику роста микроорганизмов:

$$m = \frac{m_{\max} (\alpha K_R + \beta R) S}{\alpha K_S (K_R + R) + S} \quad (6)$$

1) Полное конкурентное ингибирование ($\alpha \rightarrow \infty, \beta = 0$).

В этом случае удельная скорость роста в экспоненциальной фазе определяется выражением:

$$m = \frac{m_{\max} S}{K_S \left(1 + \frac{R}{K_R} \right) + S} \quad (7)$$

2) Полное неконкурентное ингибирование:

$$m = \frac{m_{\max} S}{\left(1 + \frac{R}{K_R} \right) (K_S + S)} \quad (8)$$

3) Неконкурентная активация ($\alpha = 1, \beta > 1$):

$$m = \frac{m_{\max} (K_R + \beta R) S}{K_R + R} \quad (9)$$

Влияние pH на кинетику роста микроорганизмов.

Содержание ионов H входит в число наиболее значимых факторов, влияющих на скорость развития микробной популяции.

Условием развития целого ряда организмов является поддержание значений pH в довольно узких рамках, причём снижение интенсивности процесса или полная его остановка могут быть спровоцированы как понижением, так и повышением значений pH .

При разных показателях pH в качестве наиболее значимого фактора, влияющего на кинетические показатели микробной популяции, выступает корреляция между уровнем pH и кинетикой действия ферментов, определяющая, в первую очередь, рост фермента. Зависимость скорости развития популяции от указанного показателя может быть выражена следующим уравнением:

$$m = \frac{\frac{m_{\max} S}{1 + \frac{H^+}{K_a} + \frac{K_b}{H^+}}}{K_S \left(1 + \frac{H^+}{K_a} + \frac{K_b}{H^+} \right) + S} \quad (10)$$

H^+ - концентрация ионов водорода. Это уравнение соответствует классическому уравнению роста микроорганизмов, в котором удельная скорость роста и константа полусыщения зависят от концентрации ионов водорода следующим образом:

$$m_{\max}^{\text{каж}} = \frac{m_{\max}}{1 + \frac{H^+}{K_a} + \frac{K_b}{H^+}}$$

$$K_S^{\text{каж}} = K_S \frac{1 + \frac{H^+}{K_a} + \frac{K_b}{H^+}}{1 + \frac{H^+}{K_a} + \frac{K_b}{H^+}} \quad (11)$$

На практике широко распространен случай, когда субстрат, связываясь с ферментом, не изменяет значений констант диссоциации ионогенных групп лимитирующего фермента ($K_a = K_a', K_b = K_b'$), в этом случае:

$$m = \frac{m_{\max} S}{1 + \frac{H^+}{K_a} + \frac{K_b}{H^+}} \quad (12)$$

Такое уравнение дает колоколообразный график зависимости удельной скорости роста культуры от концентрации ионов водорода. Константы ингибирования ионами водорода K_a и K_b описывают процесс соответственно в кислой и щелочной областях [17]. Для описания сигмоидальной зависимости скорости роста от pH на практике обычно используют

уравнение:

$$m = \frac{\frac{m_{\max} S}{1 + \frac{H^+}{K_a}}}{K_s + S} \quad (13)$$

Принята следующая модель процесса биочистки в резервуаре аэрации.

Математическая модель процесса в зоне смешения записывается в виде модели идеального смешения:

$$\begin{aligned} V \frac{dB^{(1)}}{dt} &= (B^{(0)} - B^{(1)}) * v + q_B V \\ V \frac{dS^{(1)}}{dt} &= (S^{(0)} - S^{(1)}) * v - q_S V \end{aligned} \quad (14)$$

начальные условия:

$$B^{(0)} = \text{const} \quad (15)$$

$$S^{(0)} = \text{const} \quad (16)$$

где $B^{(0)}$, $B^{(1)}$ – концентрация микроорганизмов во входном потоке и в зоне смешения, соответственно; $S^{(0)}$, $S^{(1)}$ – концентрация субстрата во входном потоке и в зоне смешения; q_B – скорость роста микроорганизмов; q_S – скорость окисления субстрата; V – объем зоны аппарата; v – объемная скорость потока.

Кинетические характеристики (параметры) процесса q_B и q_S определяются (рассчитываются) по эмпирическим соотношениям:

$$\begin{aligned} q_B &= \frac{m_{\max} SB}{(1 + H^+/K_1 + K_2/H^+)(K_s + S) \exp[(t_{opt}^0 - t^0)^2/d] (1 + C_{\text{кам}}/K_{\text{кам1}} + K_{\text{кам2}}/C_{\text{кам}})} - K_d B \\ q_S &= \frac{1}{Y_s} \frac{m_{\max} SB}{(1 + H^+/K_1 + K_2/H^+)(K_s + S) \exp[(t_{opt}^0 - t^0)^2/d] (1 + C_{\text{кам}}/K_{\text{кам1}} + K_{\text{кам2}}/C_{\text{кам}})} \end{aligned} \quad (17)$$

$m_{\max}$ – максимальная удельная скорость роста микроорганизмов; K_d – константа скорости отмирания микроорганизмов; Y_s – коэффициент по субстрату, связывающий количество биомассы и количество ушедшего на ее прирост субстрата (углеводородов); K_s – константа полунасыщения (константа сродства к субстрату); K_1 и K_2 – константы ингибирования ионами водорода; K_1 описывает ингибирование в кислой области ($H^+ \gg K_1$); K_2 описывает ингибирование в щелочной области ($K_2 \gg H^+$); H^+ – концентрация ионов водорода; t_{opt}^0 – значение температуры, оптимальное для развития микроорганизмов; t^0 – текущая температура; d – температурный диапазон; $C_{\text{кам}}$ – концентрация биокатализирующих соединений; $K_{\text{кам1}}$ и $K_{\text{кам2}}$ – эффективные константы ингибирования – активации в соответствующих областях, pK_1 и pK_2 – константы диссоциации.

Система уравнений, отражающая протекающие в зоне смешения процессы, решается с помощью метода Рунге-Кутты, в совокупности с кинетическими уравнениями биохимического преобразования.

Верхний уровень технологии очистки стоков животноводческого хозяйства рационально может быть описан с помощью модифицированных сетей Петри; в данном случае рекомендовано применение основанных на математическом аппарате сетей Петри N-схем. В данном случае одно из основных преимуществ состоит в наличии возможности представления сетевой модели в аналитическом и графическом форматах (в первом случае аналитический процесс автоматизируется, во втором – модель представлена предельно наглядно).

В данном случае одно из основных преимуществ состоит в наличии возможности представления сетевой модели в аналитическом и графическом форматах (в первом случае аналитический процесс автоматизируется, во втором – модель представлена предельно наглядно).

Таким образом, в рамках настоящего исследования была сформирована СП-модель технологического комплекса для очистки стоков животноводческого хозяйства. При реализации данной модели могут быть определены различные аспекты функционирования очистных сооружений при влиянии различных средовых факторов и различном уровне нагрузки. Кроме того, может быть проведен анализ алгоритмов управления.

В рамках исследования был разработан программный комплекс СУ для очистки стоков животноводческого хозяйства на основе SCADA – системы TRACE MODE 5. 10 [19].

Выводы. Оптимизация процессов очистки сточных вод на животноводческих фермах с использованием принципов систематического анализа – это необходимая и важная задача, которая требует комплексного подхода и внимания к деталям. Реализуя системный подход, фермеры и специалисты могут не только повысить эффективность работы своих предприятий, но и существенно снизить воздействие на окружающую среду. Следует отметить, что устойчивое развитие животноводства и охрана водных ресурсов должны идти рука об руку, чтобы обеспечить благополучие как для производственных процессов, так и для будущих поколений.

Для управления, анализа и прогнозирования развития внештатных ситуаций создана программная реализация системы очистки сточных вод животноводческих ферм, которая может эффективно использоваться в вопросах оптимизации процессов очищения сточных вод на животноводческих.

Литература

1. Шигапов И.И., Краснова О.Н., Симонов Г.А. Использование текстильных аэраторов для очистки сточных вод в животноводческих фермах // В сборнике: Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2019. С. 464-468.
2. Использование текстильных фильтров для очистки сточных вод в животноводческих фермах /

И.И. Шигапов, Б.Р. Ахмадов, О.Н. Краснова, Г.А. Симонов // В сборнике: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы X Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Ульяновск, 2020. С. 326-331.

3. Инновационное устройство для очистки сточных вод животноводческих ферм / И.И. Шигапов, Г.А. Симонов, Б.Р. Ахмадов, Ю.Р. Гирфанова, О.Н. Краснова // Сельский механизатор. 2021. № 2. С. 20-21.

4. Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Кадырова А.М. Технологии и технические средства для очистки сточных вод в животноводческих фермах // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения. 2014. № 1. С. 92-101.

5. Текстильные барботажные фильтры-аэраторы для очистки сточных вод на животноводческих фермах / И.И. Шигапов, Р.Н. Байгулов, О.Н. Краснова, Б.Р. Ахмадов // Сельский механизатор. 2022. № 7. С. 20-21.

6. Инновационные методы и технические средства для очистки сточных вод в животноводческих фермах / И.И. Шигапов, О.Н. Краснова, Ю.В. Полякова, А.А. Кожанова, Н.С. Маланин // В сборнике: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы Национальной научно-практической конференции. В 2-х томах. 2019. С. 192-196.

7. Полякова Ю.В., Кожанова А.А., Маланин Н.С. Барботажные аэраторы для очистки сточных вод в животноводческих фермах // В сборнике: Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. Сборник научных трудов по результатам работы IV международной молодежной научно-практической конференции. 2019. С. 262-267.

8. Использование текстильных фильтров для очистки сточных вод в животноводческих фермах / И.И. Шигапов, О.Н. Краснова, Н.С. Маланин, Ю.В. Полякова, А.А. Кожанова // В сборнике: Актуальные проблемы аграрной науки: состояние и тенденции развития. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 261-266.

9. Технические средства для очистки сточных вод в животноводческих фермах / И.И. Шигапов, О.Н. Краснова, Ю.В. Полякова, А.А. Кожанова, Н.С. Маланин // В сборнике: Актуальные проблемы аграрной науки: состояние и тенденции развития. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 276-282.

10. Салахова И.Ф., Хисамеева Л.Р. Проектирование систем водоотведения животноводческих ферм // В сборнике: Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. Материалы X Национальной конференции с международным участием. Саратов, 2020. С. 187-190.

11. Иванов А.А. Решения по очистке навозных стоков животноводческих комплексов для снижения техногенной нагрузки на водные объекты // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 68-3. С. 44-47.

12. Губейдуллин Х.Х., Исайчев В.А., Шигапов И.И. Механическая и биологическая очистка животноводческих ферм с применением спирально-винтовых механизмов // Научный вестник Технологического института - филиала ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. 2013. № 11. С. 113-116.

13. Лопаева Н.Л. Очистка сточных вод на птицеводческих предприятиях // В книге: Теоретические, практические и безопасные аспекты ведения сельского хозяйства: Сборник тезисов круглого стола. 2021. С. 65-67.

14. Галингер И.О. Экологические проблемы свиноводства и пути их решения // В сборнике: Проблемы агроэкологии АПК Сибири. Сборник трудов Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, посвященной 50-летию научной деятельности доктора сельскохозяйственных наук, профессора А.С. Моторина и 25-летию кафедры Экологии и рационального природопользования. Тюмень, 2023. С. 175-179.

15. Методы очистки и утилизации отходов животноводства / Х.Х. Тебеев, М.Х. Хуратижева, Т.А. Сасиков, И.М. Хамокова // В сборнике: Экономические, биотехнико-технологические аспекты устойчивого сельского развития в условиях цифровой трансформации. Сборник научных трудов по итогам VII Международной научно-практической конференции памяти Б.Х. Жерукова. Нальчик, 2019. С. 153-157.

16. Ковалев А.А. Материальный и тепловой баланс системы очистки навозных стоков с применением компрессионного теплового насоса // Вестник ВИЭСХ. 2015. № 4 (21). С. 114-119.

17. Fesina E., Savdur S. Modeling of sewage bioremediation as a modified Petri net // World Applied Sciences Journal. 2014. T. 31. № 6. С. 1191-1197.

18. Савдур С.Н. Моделирование системы очистки сточных вод животноводческих ферм на основе сетей Петри // Агроботехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 2 (6). С. 57-62.

19. Савдур С.Н. Моделирование системы очистки сточных вод животноводческих ферм на основе сетей Петри // В сборнике: Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности. Научные труды международной научно-практической конференции. Казань, 2021. С. 446-454.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствует.

Сведения об авторах:

Савдур Светлана Николаевна - кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии, животноводства и химии, email: savdur.svetlana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3261-2154>

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

Воронцова Валерия Леонидовна - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей математики, email: milen99@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5736-0646>

Институт математики и механики им. Лобачевского, Казанского федерального университета, Казань, Россия

SYSTEMATIC ANALYSIS OF THE WASTEWATER TREATMENT PROCESS OF LIVESTOCK FARMS

S. N. Savdur, V. L. Vorontsova

Abstract. System analysis of the wastewater treatment process of livestock farms is an important stage in ensuring environmental safety and sustainable development of animal husbandry. The main objective of the work is to improve the efficiency of the wastewater treatment process of livestock farms based on system analysis. Wastewater generated on farms contains a high level of organic pollutants, pathogenic microorganisms and nutrients, which can significantly affect the quality of the environment. To solve this problem, an integrated approach was used, which included hydrological, biochemical and technological aspects. The possibility of introducing modern biotechnology is considered, which will significantly reduce the negative impact on the environment and increase the level of sustainability of livestock enterprises. Depending on the sources of pollution and the main pollutants, technical solutions were developed to reduce the volume of wastewater and purify it. The efficiency of their operation can be ensured with the help of modern methods of information processing, using methods of system analysis of complex objects based on a mathematical description of the technological process. A two-level system model was developed to study the patterns of operation of a bio-treatment device under condi-

tions of dynamically changing parameters of the technological process. To analyze the state of the treatment system as a whole and predict the development of emergency situations, a software implementation of a wastewater treatment system for livestock farms was created.

Keywords: agriculture, Petri nets, modified Petri nets.

For citation: Savdur S.N., Vorontsova V.L. Systematic analysis of the wastewater treatment process of livestock farms. *Agrobiotechnology and digital agriculture*. 2024; 4(12). 59-67 p.

References

1. Shigapov II, Krasnova ON, Simonov GA. [The use of textile aerators for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: *Innovatsionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK. Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2019; 464-468 p.
2. Shigapov II, Akhmadov BR, Krasnova ON, Simonov GA. [The use of textile filters for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: *Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya. Materialy X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2-kh tomakh. Ulyanovsk. 2020; 326-331 p.*
3. Shigapov II, Simonov GA, Akhmadov BR, Gifanova YuR, Krasnova ON. [Innovative device for wastewater treatment of livestock farms]. *Selskiy mekhanizator*. 2021; 2. 20-21 p.
4. Gubeydullin KhKh, Shigapov II, Kadyrova AM. [Technologies and technical means for wastewater treatment on livestock farms]. *Nauka v sovremennykh usloviyakh: ot idei do vnedreniya*. 2014; 1. 92-101 p.
5. Shigapov II, Baygullov RN, Krasnova ON, Akhmadov BR. [Textile bubbling filters-aerators for wastewater treatment on livestock farms]. *Selskiy mekhanizator*. 2022; 7. 20-21 p.
6. Shigapov II, Krasnova ON, Polyakova YuV, Kozhanova AA, Malanin NS. [Innovative methods and technical means for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: *Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya. Materialy Natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2-kh tomakh*. 2019; 192-196 p.
7. Polyakova YuV, Kozhanova AA, Malanin NS. [Bubbling aerators for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: *Molodye issledovateli agropromyshlennogo i lesnogo kompleksov – regionam. Sbornik nauchnykh trudov po rezul'tatam raboty IV mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2019; 262-267 p.
8. Shigapov II, Krasnova ON, Malanin NS, Polyakova YuV, Kozhanova AA. [The use of textile filters for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: *Aktualnye problemy agrarnoy nauki: sostoyanie i tendentsii razvitiya. Materialy Natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2019; 261-266 p.
9. Shigapov II, Krasnova ON, Polyakova YuV, Kozhanova AA, Malanin NS. [Technical means for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: *Aktualnye problemy agrarnoy nauki: sostoyanie i tendentsii razvitiya. Materialy Natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2019; 276-282 p.
10. Salakhova IF, Khisameeva LR. [Design of wastewater disposal systems for livestock farms]. V sbornike: *Sovremennyye problemy i perspektivy razvitiya stroitelstva, teplogazosnabzheniya i energoobespecheniya. Materialy X Natsionalnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Saratov. 2020; 187-190 p.*
11. Ivanov AA. [Solutions for the treatment of manure runoff from livestock complexes to reduce the technogenic load on water units]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2020; 68-3. 44-47 p.
12. Gubeydullin KhKh, Isaychev VA, Shigapov II. [Mechanical and biological treatment of livestock farms using spiral-screw mechanisms]. *Nauchnyy vestnik Tekhnologicheskogo instituta - filiala FGBOU VPO Ulyanovskaya GSKhA im.P.A.Stolypina*. 2013; 11. 113-116 p.
13. Lopaeva NL. [Wastewater treatment at poultry farms]. V knige: *Teoreticheskie, prakticheskie i bezopasnye aspekty vedeniya selskogo khozyaystva: Sbornik tezisev kruglogo stola*. 2021; 65-67 p.
14. Galinger IO. [Environmental problems of pig farming and ways to solve]. V sbornike: *Problemy agroekologii APK Sibiri. Sbornik trudov Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu nauchnoy deyatel'nosti doktora selskokhozyaystvennykh nauk, professora A.S.Motorina i 25-letiyu kafedry Ekologii i ratsionalnogo prirodopolzovaniya. Tyumen. 2023; 175-179 p.*
15. Tebuev KhKh, Kharatizheva MKh, Sasikov TA, Khamokova IM. [Methods of cleaning and disposal of livestock waste]. V sbornike: *ekonomicheskie, biotekhniko-tehnologicheskie aspekty ustoychivogo selskogo razvitiya v usloviyakh tsifrovoy transformatsii. Sbornik nauchnykh trudov po itogam VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii pamyati B.Kh.Zherukova. Nalchik*. 2019; 153-157 p.
16. Kovalev AA. [Material and thermal balance of the manure wastewater treatment system using a compression heat pump]. *Vestnik VIESKh*. 2015; 4 (21). 114-119 p.
17. Fesina E, Savdur S. Modeling of sewage bioremediation as a modified Petri net. *World Applied Sciences Journal*. 2014; Vol.31. 6. 1191-1197 p.
18. Savdur SN. [Modeling of wastewater treatment system of livestock farms based on Petri nets]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie*. 2023; 2 (6). 57-62 p.
19. Savdur SN. [Modeling of wastewater treatment system of livestock farms based on Petri nets]. V sbornike: *Globalnye vyzovy dlya prodovol'stvennoy bezopasnosti: riski i vozmozhnosti. Nauchnye trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Kazan. 2021; 446-454 p.

Conflict of interests

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

Authors:

Savdur Svetlana Nikolaevna – Ph.D. in Engineering, Associate Professor of the Department of Biotechnology, Animal Husbandry and Chemistry, email: savdur.svetlana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3261-2154>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

Vorontsova Valeriya Leonidovna - Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of General Mathematics, email: milen99@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5736-0646>

Lobachevsky Institute of Mathematics and Mechanics, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

ПРЕИМУЩЕСТВО ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЛЕЙ ПЕСТИЦИДАМИ

Н. А. Логинов, Н. В. Трофимов

Реферат. В статье анализируются преимущества использования беспилотных авиационных систем (БАС) для обработки сельскохозяйственных угодий химическими средствами защиты растений. Современный рынок специальной техники предлагает различные решения, среди которых выделяется ультрамалообъемное опрыскивание. Оно способствует более эффективному действию препаратов благодаря завихрениям, создаваемым винтами коптеров, и малому размеру капель, обеспечивающим полное покрытие поверхности растений. Классические опрыскиватели не могут обработать нижние части листьев, тогда как дроны, работая на низкой высоте, создают завихрения при помощи дисковых распылителей, что позволяет полностью обрабатывать растения. Современные модели дронов способны работать в труднодоступных областях и являются более экономичными по сравнению с традиционными методами. Они могут быть оснащены различными типами распылителей, адаптируясь к разным условиям и требованиям. Например, для обработки больших площадей используются дисковые распылители, а для точечной обработки — конусные или щелевые. Использование БАС также имеет экологические преимущества: сокращение расхода химических препаратов за счёт более точного применения и минимизация воздействия на окружающую среду благодаря отказу от использования тяжёлой техники и уменьшению потребности в рабочей силе. Кроме того, применение БАС позволяет сельхозпроизводителям оперативно реагировать на изменения и корректировать процесс обработки, что повышает общую эффективность сельскохозяйственного производства. Расчёты на основе затрат на выполнение работ и эффективности эксплуатации показывают, что при выборе машин для обработки полей сельхозпроизводителям следует учитывать целесообразность покупки сложного и дорогого оборудования для небольших площадей, так как техника будет больше времени простаивать. Самоходные опрыскиватели эффективны при обработке больших площадей, но становятся неудобными для небольших хозяйств. Таким образом, использование беспилотных авиационных систем представляет собой перспективное направление, способное значительно повысить эффективность и экологичность сельскохозяйственных процессов.

Ключевые слова: обработка, агродрон, самоходный опрыскиватель, пестициды, культуры, авиация, распылители.

Для цитирования: Логинов Н.А., Трофимов Н.В. Преимущество применения беспилотных летательных аппаратов при обработке полей пестицидами// Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. 4(12). С. 68-74

Введение. Анализ рынка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для сельского хозяйства показывает его значительный потенциал для роста и развития. Различные аналитические компании прогнозируют рост спроса на эти технологии в ближайшие годы.

Согласно данным Markets and Markets, ожидается рост рынка на 35% до 2024 года. PricewaterhouseCoopers оценивает объём рынка в 32,4 миллиарда долларов. Goldman Sachs прогнозирует, что сегмент сельского хозяйства на рынке дронов станет крупнейшим в течение следующих пяти лет.

Министерство сельского хозяйства России также отмечает потенциал цифровизации для увеличения производительности сельскохозяйственных предприятий в два раза к 2025 году. Ожидается, что мировая экономическая эффективность дронов в фермерском хозяйстве и аграрном секторе к 2025 году составит около 82 миллиардов долларов.

Global Market Insights прогнозирует, что к 2025 году рынок агробеспилотников превысит 1 миллиард долларов. Международная ассоциация беспилотных систем отмечает, что 90% дронов в мире будут

использоваться только в двух отраслях: сельском хозяйстве и безопасности, причём агросектор будет закупать в 10 раз больше дронов и станет крупнейшей сферой их применения.

Эти данные подчёркивают важность и перспективность развития рынка беспилотных летательных аппаратов для сельского хозяйства, что открывает новые возможности для оптимизации сельскохозяйственных процессов и повышения эффективности производства [1].

Применение авиации в сельском хозяйстве является инструментом повышения его эффективности [2]. А применение беспилотных воздушных судов (БВС) позволит повысить эффективность и безопасность выполнения этих работ [3].

На сегодняшний день при обработке полей пестицидами применяются самоходные опрыскиватели (рис. 1а), однако у них есть свои недостатки, среди которых:

- потеря урожая из-за наличия технологической колеи трактора;
- насыщенная влагой почва часто становится причиной увязания тракторов;
- дроны могут стать настоящим подспорьем для регионов с заметным дефицитом

воды. Расход рабочей жидкости в 20 раз

ниже, чем у наземной техники.



а)



б)

Рис. 1 - а) - самоходный опрыскиватель, б) - БАС

В современном сельском хозяйстве дроны находят широкое применение, особенно в процессах десикации и обработки высокостебельных культур фунгицидами и инсектицидами [4]. Это обусловлено несколькими ключевыми факторами, среди которых выделяется отсутствие риска для оператора, по сравнению с традиционными методами, такими как использование самолетов.

Применение дронов (рис. 1б) в сельском хозяйстве позволяет существенно повысить эффективность и безопасность агрохимических работ [5]. Благодаря возможности точного и целенаправленного нанесения химических веществ, достигается значительная экономия ресурсов, снижается негативное воздействие на окружающую среду и повышается урожайность [6].

Использование дронов открывает новые горизонты в области сельского хозяйства, позволяя оптимизировать процессы и повышать качество продукции при одновременном снижении затрат и рисков [7].

Беспилотные авиационные системы (БАС) демонстрируют ряд существенных преимуществ перед традиционной наземной агротехникой, что делает их ценным инструментом в арсенале современного сельского хозяйства [8]. Среди основных преимуществ БАС можно выделить:

- отсутствие повреждений обрабатываемых растений. В отличие от наземных агрегатов, которые могут повреждать растения во время обработки, БАС обеспечивают точное и аккуратное нанесение агрохимикатов, минимизируя риск механического воздействия на культуры [9];

- возможность выполнения обработки при влажной почве. Благодаря своей мобильности и способности работать в условиях насыщенной влагой почвы, БАС позволяют проводить необходимые агротехнические мероприятия даже в неблагоприятных погодных условиях,

когда использование наземной техники затруднено или невозможно [10];

- более высокая скорость и производительность обработки. Применение БАС обеспечивает значительное ускорение процесса обработки, что приводит к повышению общей производительности и сокращению сроков проведения агротехнических мероприятий [11];

- оперативность и мобильность. Беспилотные системы отличаются высокой степенью оперативности и мобильности, что позволяет быстро реагировать на изменения в погодных условиях и оперативно перемещать оборудование между полями, оптимизируя процесс обработки [12].

Эти преимущества делают БАС эффективным и перспективным инструментом для современного сельского хозяйства, способствуя повышению урожайности, снижению затрат и улучшению экологической ситуации в агропромышленном комплексе.

В связи с этим целью проведения исследования стал анализ преимуществ использования беспилотных авиационных систем (БАС) в процессе обработки сельскохозяйственных угодий пестицидами. Исследование направлено на выявление способов, которыми применение БАС способствует повышению эффективности и точности обработки, а также снижению экологического воздействия.

Условия, материалы и методы. В ходе подготовки статьи был проведён глубокий анализ 17 актуальных источников, индексируемых в международных базах данных PubMed, Web of Science, Google Scholar, доступных на платформе eLibrary.ru и охватывающих период с 2014 по 2024 год.

При написании статьи были рассмотрены новейшие исследования, посвящённые изучению эффективности внедрения современных технологий в сельское хозяйство, включая использование беспилотных авиационных систем.

Выбор статей для анализа основывался на высоком уровне цитируемости и частоты упоминаний этих научных работ в других источниках.

Результаты и обсуждение. Современный подход по применению беспилотных систем позволяет минимизировать расходы химикатов, снизить химическую нагрузку на почву, воду, культуру, достигая при этом более высоких результатов

выращивания культур, чем при традиционных подходах [13]. Это не значит, что технологии защиты растений с помощью БАС неэффективны – это очень перспективное направление, которое несомненно будет развиваться. По сути, самоходные опрыскиватели не конкурируют с авиационными системами – они просто решают разный спектр задач и даже могут успешно дополнять друг друга.

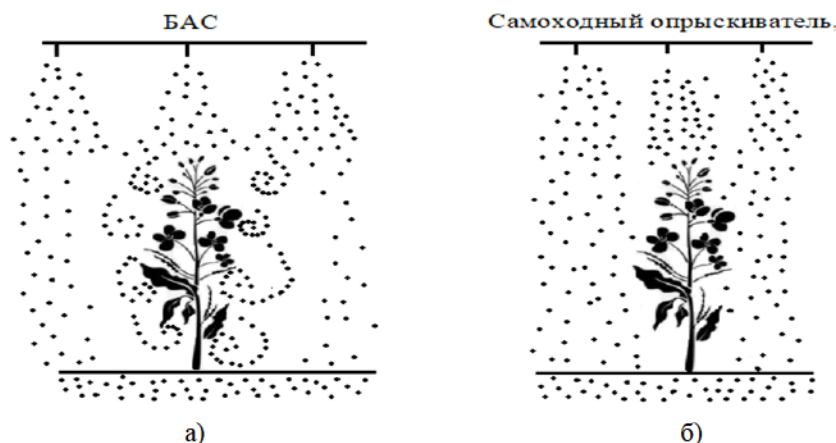


Рис. 2 - Схематический пример распыления пестицидов

Отличительной особенностью применения БАС от распылительного агрегата является то, что при обработке культур на малой высоте химическими препаратами распыление проводится с завихрением благодаря лопастям летательного аппарата (рис. 2).

Стандартное опрыскивание наземным способом проводится лишь только на поверхности листьев. Из-за плотной растительности, препараты не полностью покрывают растение, что в свою очередь приводит к неполному уничтожению вредителей [14].

Самоходный опрыскиватель универсален в плане четкого попадания в агрономические сроки, а за счет многомодульности закрывает весь спектр задач: обработка посевов пестицидами на различных стадиях вегетации, подкормка гранулированными (как разбрасыватель) и жидкими минеральными

удобрениями (в режиме опрыскивания по листу или внутрипочвенно — с помощью мультининжектора).

Распылители — одна из важнейших частей самоходных, прицепных и прочих опрыскивателей. От качества распылителей напрямую зависит эффективность распыления химраствора, что напрямую влияет на урожайность обрабатываемой культуры [15]. Существует множество вариантов распылителей для опрыскивателей, которые отличаются конструкцией, материалом, размером формируемых капель, расходом химического раствора и рабочим давлением [16].

Интересным решением стало то, что теперь в отличие от щелевых форсунок, на новые модели БПЛА мультироторного типа устанавливаются два дисковых распылителя с моделью сопла LX8060SZ (рис.3).

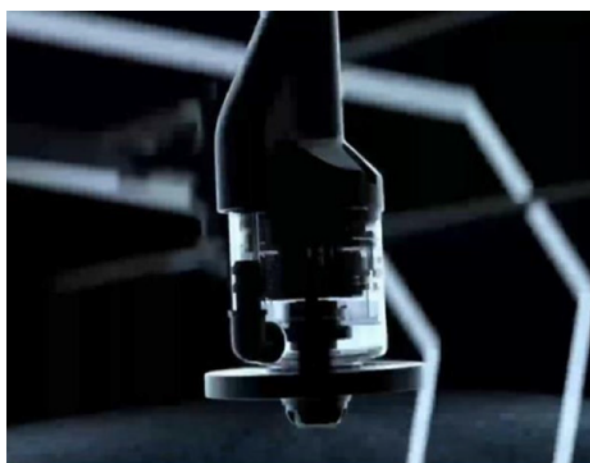


Рис. 3 - Дисковый распылитель

ЦИФРОВОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Данная дисковая система опрыскивания оснащена лопастным насосом с магнитным приводом. Лопастными называют динамические насосы, в которых жидкость перемещается путем обтекания лопастей [17].

Диапазон скоростей сопла: 8000-16000 об/мин, размер частиц распыления: 50-300 мкм. Суммарный максимальный двух сопел будет составлять 12 л/мин. Подобного

рода решения обладают современные дроны Agras T40. Ширина захвата составляет 11 м при высоте полёта от листовой поверхности 2,5 м и скорости полета 7 м/с.

Максимальная взлётная масса квадрокоптера DJI Agras T40 с полезной нагрузкой для опрыскивания составляет 90 кг (вес дрона без батареи 38 кг., с батареей 50 кг + 40 кг заправленный бак). Обрабатываемая площадь до 20 га (табл. 1).

Таблица 1 - Характеристика Агродрона DJI Agras T40

Характеристика	DJI Agras T40
Количество винтов	8
Максимальное время полета	11 мин
Максимальная высота полета	30 м
Максимальная скорость набора высоты	10 м/с
Максимальная скорость полета	10 м/с
Объем бака	40 л
Производительность	до 20 га в час
Расход раствора	5-10 литров/га
Количество распылителей	2 шт.
Стоимость	1 633 500 руб.

Сравнивая цены современных опрыскивателей с беспилотными летательными аппаратами то можно видеть, что Туман -3 на

сегодняшний день стоит порядка 11 717 760 руб. (табл. 2), а цена БАС Агродрон DJI Agras T40 стоит порядка 1 633 500 руб.

Таблица 2 - Характеристика штатного самоходного опрыскивателя туман – 3

Характеристика	Туман - 3
Скорость в поле	до 35 км/ч
Производительность	до 80 га/ч
Количество распылителей	48 шт.
Объем бака	2500 л
Ширина захвата	28 м
Расход рабочей жидкости	15–450 л/га
Давление на почву	0,4–0,8 кг/см ²
Расход топлива	до 0,35 л/га
Клиренс	до 0,8 м
Колея	2,03–2,1–2,25 м
Рабочее давление в нагнетательной магистрали	0,15–0,6 Мпа
Стоимость	11 717 760 руб.

Расчеты стоимости опрыскивания БАС Агродрон DJI Agras T40 и самоходного

опрыскивателя Тумана – 3 приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 - Анализ экономических показателей применения беспилотных авиационных систем

Стоимость 1 агродрона DJI Agras T40 руб	Средняя производительность агродрона за сезон, га (3 обработки)	Возможные виды обработок	Стоимость обработок			
		- внесение СЗР и твердых удобрений; - посев и подсев покровных культур; - искусственное опыление и десикация	Стоимость ГСМ на 1 га, на 1 дрон, руб.	Амортизация агродрона и батарей, руб.	Зароботная плата персонала и прочие расходы, руб.	Итого, руб.
1 633 500	6000		50	280	70	400

Таблица 4 - Анализ экономических показателей применения самоходного опрыскивателя

Стоимость Тумана - 3 руб.	Средняя про- изводитель- ность самоходного опрыскивате- ля за сезон, га (3 обработки)	Возможные виды обра- боток	Стоимость обработок			
		- внесение СЗР и твер- дых удобре- ний; - посев и подсев по- кровных культур; - искусствен- ное опыле- ние и десни- кация.	Стоимость ГСМ на 1 га, на 1 самоходного опрыскивателя, руб.	Амортиза- ция само- ходного опрыски- вателя, руб.	Заработ- ная плата персонала и прочие расходы, руб.	Ито- го, руб.
11 717 760	6000		100	610	210	920

В контексте анализа экономической эффективности использования агродронов для обработки сельскохозяйственных угодий важно учитывать различные аспекты, включая расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ), затраты на приобретение дополнительных батарей и заработную плату персонала.

Для обработки одного гектара земли требуется определённое количество топлива. В данном случае, учитывая совокупный расход грузовой техники и генератора, предполагается, что на гектар расходуется один литр бензина марки 92. Стоимость одного литра бензина составляет 50 рубля. Таким образом, общие затраты на ГСМ для обработки одного гектара составляют 50 рубля на 2024 год.

Для обеспечения бесперебойной работы агродронов необходимо периодически заменять батареи. В течение трёх лет эксплуатации потребуется приобрести шесть дополнительных батарей. Общие затраты на приобретение батарей составят 1 миллион 248 тысяч рублей. Разделив эту сумму на общее количество гектаров, которые планируется обработать за три года (18 000 гектаров), получаем дополнительные затраты на один гектар, равные 280 рублям.

Помимо расходов на ГСМ и приобретение батарей, необходимо учесть заработную плату персонала и затраты на расходные материалы.

При расчёте прибыли не учитывались работы по посеву дроном и опылению культур, которые существенно улучшают экономику приобретения агродронов. В результате применения дрона средняя дополнительная прибыль при использовании агродронов

варьируется от 3 до 12 миллионов рублей в зависимости от культуры и урожайности. При использовании собственного дрона средняя дополнительная прибыль составляет 4,4 миллиона рублей.

Выводы. В завершение можно сказать, что наземная техника отличается более высокой производительностью, однако уступает агродронам в мобильности. Агродроны эффективно дополняют наземный парк, особенно при работе на удалённых небольших полях неправильной формы, где переброска наземной техники и доставка ресурсов затруднены [18].

Современные самоходные опрыскиватели способны обрабатывать большие площади за смену, но они становятся нерентабельными для небольших хозяйств, где приобретение такой техники нецелесообразно из-за долгого срока окупаемости. В таких случаях агродроны становятся отличным решением для технологии опрыскивания. За одну смену не требуется подвозить химические средства и воду, что существенно снижает временные и финансовые затраты. Бригада из двух человек, используя два агродрона, может обработать до 600 гектаров за смену.

Применение беспилотных авиационных систем (БАС) становится возможным после дождей, когда листья растений начинают высыхать, а также на полях с недостаточно плотной почвой, что делает невозможным использование наземной техники на начальных этапах. Это позволяет оптимизировать агротехнические мероприятия и повысить эффективность сельскохозяйственного производства.

Литература

1. Значимые факторы развития рынка сельскохозяйственных беспилотных летательных аппаратов в новых реалиях / Н. Ю. Зубарев, А. А. Урасова, Л. В. Глезман [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 1. С. 139-150. – doi 10.32417/1997-4868-2024-24-01-139-150.
2. Проведение калибровки неметрической фотокамеры в беспилотном летательном аппарате при мониторинге земель / С. В. Сочнева, Н. А. Логинов, Н. В. Трофимов, Д. С. Филимонов // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. № 4(4). С. 60-65. doi 10.12737/2782-490X-2022-60-65.
3. Яхин И. Ф., Трофимов Н. В., Логинов Н. А. Современные цифровые технологии для управления посевами сельскохозяйственных культур // Международный форум Kazan Digital Week-2022: Сборник материалов Международного форума, Казань, 21–24 сентября 2022 года / Под общей редакцией Р.Н. Минниханова. Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2022. С. 839-843.
4. Логинов Н. А. Логинова И. М. Применение беспилотных летательных аппаратов для аэрозольной обработки горячим туманом посевов сельскохозяйственных культур (от поражения вредителей)//

Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 289–295.

5. Ибрагимов А. Г. Экологические проблемы сельского хозяйства // Аграрная наука. 2019. № 7-8. С. 41–42. doi 10.32634/0869-8155-2019-330-7-41-42.

6. Aslakhanova S. A., Khuazheva S. A., Dzulaeva I. Yu. Quality of life, population health and demography as targets for sustainable development // E3S Web of Conferences: 2nd International Conference on Environmental Sustainability Management and Green Technologies (ESMGT 2023), Novosibirsk, 28–29 сентября 2023 года. Vol. 451. EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. P. 05017. doi 10.1051/e3sconf/202345105017.

7. Агротехнологический суверенитет - основа ликвидации экономической, экологической и социальной катастрофы России (на примере Республики Татарстан) / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, В. В. Хоменко [и др.] // Проблемы современной экономики. 2023. № 3(87). С. 227–232.

8. Челышева Д. Н. Беспилотные летательные аппараты как один из основных инструментов цифровой трансформации АПК // АПК: экономика, управление. – 2024. – № 2. – С. 96–101. – doi 10.33305/242-96.

9. Тетерин В. С., Гапеева Н. Н. Машина для аэрозольной обработки пропашных культур // Техника и оборудование для села. 2020. № 7(277). С. 22–25. doi 10.33267/2072-9642-2020-7-22-24.

10. Экологические проблемы почвоведения и земледелия / И. В. Дудкин, Д. И. Жиликов, Н. В. Долгополова, Е. В. Малышева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 4. С. 72–77. doi 10.31857/2500-2082/2023/4/72-77.

11. Техника и технология поверхностного улучшения пойменных лугов Республики Татарстан / Ф. Н. Сафиоллин, А. Р. Валиев, М. М. Хисматуллин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 4(68). С. 50–55. doi 10.12737/2073-0462-2023-50-55.

12. Тихонов А. А., Акматов Д. Ж. Актуальность применения мультикоптеров на производстве // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 1. С. 55–62. – doi 10.25018/0236-1493-2019-01-0-55-62.

13. Попова Н. П., Шевченко В. А., Соловьев А. М. Влияние системы удобрения и предшественников на динамику кислотности дерново-подзолистых почв при введении их в сельскохозяйственный оборот // Плодородие. 2020. № 6(117). – С. 3–6. doi 10.25680/S19948603.2020.117.01.

14. Motavalov, I. F. The effectiveness of the use of pesticides in the cultivation of winter wheat in OOO Nurlat Set Nurlatsky municipal district of the Republic of Tatarstan / I. F. Motavalov // 09–10 февраля 2021 года. Vol. 6, 2021. P. 78–83.

15. Хафизов Р. Н., Нурмиев А. А. Некоторые вопросы применения опрыскивателей // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора П.Г. Мудрова, Казань, 26–27 октября 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 175–184.

16. Хафизов Р. Н., Нурмиев А. А. Распылители, используемые на современных опрыскивателях // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора П.Г. Мудрова, Казань, 26–27 октября 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 185–194.

17. Габдрафиков Ф. З., Айсуваков И. Н., Галиев И. Г. Насос-форсунка дизеля с кольцевым управляющим клапаном // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15, № 1(57). С. 68–75. doi 10.12737/2073-0462-2020-68-75.

18. Глытнян К. М., Дулин Д. А. Анализ эксплуатационных показателей отечественных и зарубежных технических средств // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 76-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2020 год. В 3 ч., Краснодар, 10–30 марта 2021 года. Том Часть 2. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 445–448.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах:

Логинов Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров, e-mail: loginov_2311@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4518-0119>

Трофимов Николай Валерьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров, e-mail: nik.trofimow@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1672-8007>
Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

ADVANTAGES OF USING UNMANNED AERIAL SYSTEMS IN PROCESSING FIELDS WITH PESTICIDES

N. A. Loginov, N. V. Trofimov

Abstract. The article analyzes the advantages of using unmanned aerial systems (UAS) for treating agricultural land with chemical plant protection products. The modern market of special equipment offers various solutions, among which ultra-low-volume spraying stands out. It contributes to a more effective action of preparations due to the swirls created by the propellers of the copters and the small size of the drops, ensuring complete coverage of the plant surface. Classic sprayers cannot treat the lower parts of the leaves, while drones, working at a low altitude, create swirls using disc sprayers, which allows for complete treatment of plants. Modern drone models are capable of working in hard-to-reach areas and are more economical compared to traditional methods. They can be equipped with different types of sprayers, adapting to different conditions and requirements. For example, disc sprayers are used to treat large areas, and conical or slot sprayers are used for spot treatment. The use of UAS also has environmental benefits: reduced consumption of chemicals due to more precise application and minimization of environmental impact due to the refusal to use heavy equipment and reduced labor requirements. In addition, the use of UAS allows agricultural producers to quickly respond to changes and adjust the processing process, which increases the overall efficiency of agricultural production. Calculations based on

the cost of work and operating efficiency show that when choosing machines for processing fields, agricultural producers should consider the feasibility of purchasing complex and expensive equipment for small areas, since the equipment will be idle for a longer time. Self-propelled sprayers are effective when processing large areas, but become inconvenient for small farms. Thus, the use of unmanned aerial systems is a promising direction that can significantly improve the efficiency and environmental friendliness of agricultural processes.

Keywords: processing, agrodron, self-propelled sprayer, pesticides, crops, aviation, sprayers.

For citation: Loginov N.A., Trofimov N.V. Advantages of using unmanned aerial systems in processing fields with pesticides. *Agrobiotechnology and digital farming*. 2024; 4(12). 68-74 p.

References

1. Zubarev N. Yu., Urasova A. A., Glezman L. V. [i dr.]. [Significant factors in the development of the agricultural unmanned aerial vehicles market in new realities]. *Agrarnyj vestnik Urala*. – 2024. – T. 24, № 1. – S. 139-150. – doi 10.32417/1997-4868-2024-24-01-139-150.
2. Sochneva S. V., Loginov N. A., Trofimov N. V., D. S. Filimonenko [Calibration of a non-metric camera in an unmanned aerial vehicle during land monitoring]. *Agrobiotekhnologii i cifrovoe zemledelie*. – 2022. – № 4(4). – S. 60-65. – doi 10.12737/2782-490X-2022-60-65.
3. Yahin I. F., Trofimov N. V., Loginov N. A. [Modern digital technologies for crop management]. *Mezhdunarodnyj forum Kazan Digital Week-2022: Sbornik materialov Mezhdunarodnogo foruma, Kazan', 21–24 sentyabrya 2022 goda / Pod obshchej redakciej R.N. Minnihanova*. – Kazan': Nauchnyj centr bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti, 2022. – S. 839-843.
4. Loginov N. A., Loginova I. M. [The use of unmanned aerial vehicles for aerosol treatment of crops with hot mist (from pest damage)]. *Global'nye vyzovy dlya prodovol'stvennoj bezopasnosti: riski i vozmozhnosti: Nauchnye trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Kazan', 01–03 iyulya 2021 goda*. – Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. – S. 289-295.
5. Ibragimov A. G. [Environmental problems of agriculture]. *Agramaya nauka*. – 2019. – № 7-8. – S. 41-42. – doi 10.32634/0869-8155-2019-330-7-41-42.
6. Aslakhanova S. A., Khuazheva A. Sh., Dzulaeva I. Yu. [Quality of life, population health and demography as targets for sustainable development]. *E3S Web of Conferences: 2nd International Conference on Environmental Sustainability Management and Green Technologies (ESMGT 2023)*, Novosibirsk, 28–29 sentyabrja 2023 goda. Vol. 451. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 05017. – doi 10.1051/e3sconf/202345105017.
7. Mazitov N. K., Sahapov R. L., Homenko V. V. [Agrotechnological sovereignty is the basis for eliminating the economic, environmental and social catastrophe of Russia (using the example of the Republic of Tatarstan)]. *Problemy sovremennoj jekonomiki*. – 2023. – № 3(87). – S. 227-232.
8. Chelysheva D. N. [Unmanned aerial vehicles as one of the main tools for the digital transformation of the agro-industrial complex]. *APK: jekonomika, upravlenie*. – 2024. – № 2. – S. 96-101. – doi 10.33305/242-96.
9. Teterin V. S., Gapeeva N. N. [Machine for aerosol treatment of row crops]. *Tehnika i oborudovanie dlja sela*. – 2020. – № 7(277). – S. 22-25. – doi 10.33267/2072-9642-2020-7-22-24.
10. Dudkin I. V., Zhiljakov D. I., Dolgoplova N. V., Malysheva E. V. [Ecological problems of soil science and agriculture]. *Vestnik Rossijskoj sel'skohozjajstvennoj nauki*. – 2023. – № 4. – S. 72-77. – doi 10.31857/2500-2082/2023/4/72-77.
11. Safiollin F. N., Valiev A. R., Hismatullin M. M. [Technique and technology of surface improvement of floodplain meadows of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2022. – T. 17, № 4(68). – S. 50-55. – doi 10.12737/2073-0462-2023-50-55.
12. Tihonov A. A., Akmatov D. Zh. [The relevance of the use of multicopters in production]. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal)*. – 2019. – № 1. – S. 55-62. – doi 10.25018/0236-1493-2019-01-055-62.
13. Popova N. P., Shevchenko V. A., Solov'ev A. M. [The influence of the fertilizer system and precursors on the dynamics of acidity of sod-podzolic soils when they are introduced into agricultural circulation]. *Plodorodie*. – 2020. – № 6(117). – S. 3-6. – doi 10.25680/S19948603.2020.117.01.
14. Motavalov, I. F. The effectiveness of the use of pesticides in the cultivation of winter wheat in OOO Nurlat Set Nurlatsky municipal district of the Republic of Tatarstan / I. F. Motavalov // 09–10 fevralja 2021 goda. Vol. 6, 2021. – P. 78-83.
15. Hafizov R. N., Nurmiev A. A. [Some issues of sprayers application]. *Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya tehnicheckoj bazy agropromyshlennogo kompleksa: Nauchnye trudy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj pamjati d.t.n., professora P.G. Mudrova, Kazan', 26–27 oktjabrja 2023 goda*. – Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2023. – S. 175-184.
16. Hafizov R. N., Nurmiev A. A. [Sprayers used on modern sprayers]. *Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya tehnicheckoj bazy agropromyshlennogo kompleksa: Nauchnye trudy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj pamjati d.t.n., professora P.G. Mudrova, Kazan', 26–27 oktjabrja 2023 goda*. – Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2023. – S. 185-194.
17. Gabdrarifov F. Z., Ajsuvakov I. N., Galiev I. G. [Diesel injection pump with an annular control valve]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2020. – T. 15, № 1(57). – S. 68-75. – doi 10.12737/2073-0462-2020-68-75.
18. Glytjan, K. M., Dulin D. A. [Analysis of operational indicators of domestic and foreign technical means]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statej po materialam 76-j nauchno-prakticheskoy konferencii studentov po itogam NIR za 2020 god. V 3 ch., Krasnodar, 10–30 marta 2021 goda. Tom Chast' 2*. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2021. – S. 445-448.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest.

Author:

Loginov Nikolaj Aleksandrovich – candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: loginov_2311@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4518-0119>

Trofimov Nikolaj Valer'evich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: nik.trofimow@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1672-8007>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

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

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

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

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

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

Оформление статьи

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В завершении представляются выводы и рекомендации.

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

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

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

Все источники должны иметь ссылку в тексте статьи.

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

Примеры оформления ссылок в конце документа.

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

Пропускается одна строка.

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

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

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

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

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

Простые **формулы**, не содержащие специальных символов (отсутствующих на клавиатуре), должны быть набраны символами с клавиатуры без использования специальных редакторов. Формулы, содержащие специальные символы (отсутствующие на клавиатуре), а также сложные и многострочные формулы должны быть целиком набраны в редакторе формул Microsoft Equation 2.0, 3.0 или Math Typeequation. 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**
№ 4 (12), 2024 г.

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

Формат 60x84/8. Тираж 500. Дата выхода в свет: 27.12.2024 год
Печать офсетная. Усл. п. л. 9,75 Заказ 74. 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