

**Министерство сельского хозяйства РФ
Министерство сельского хозяйства и продовольствия РТ
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
Институт агробиотехнологий и землепользования
Кафедра общего земледелия, защиты растений и селекции**



**ГОД ЦИФРОВИЗАЦИИ
В РЕСПУБЛИКЕ
ТАТАРСТАН
РЕСПУБЛИКАСЫНДА
ЦИФРЛАШТЫРУ ЕЛЫ**



БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ И ПРИЕМЫ БИОЛОГИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

**Сборник научных трудов по материалам
I Международной
научно-практической конференции**

23-24 ноября 2023 г.

Казань 2023

Печатается
по решению Ученого совета
Казанского государственного аграрного университета
№ 33 от 21 ноября 2023 г.

Все права защищены. Ни одна часть данной публикации не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая электронное и фотокопирование, без предварительного письменного разрешения владельца авторских прав.

Редакционная коллегия:

д.т.н., профессор, Валиев А.Р., д.т.н., профессор, профессор РАН Зиганшин Б.Г., д.т.н., профессор Калимуллин М.Н., д.с.х.н., доцент Низамов Р.М., д.биол.н., профессор Янковский Н.К., д.с.х.н., доцент Сержанов И.М., д.с.х.н., профессор Сафин Р.И., д.биол.н. Брускин С.А., д.б.н. Шевелев А.Б., PhD Валидов Ш.З., д.с.х.н., профессор Амиров М.Ф., д.с.х.н., профессор Миникаев Р.В., к.с.х.н., доцент Даминава А.И., к.биол.н., доцент Колесар В.А.

Технический секретарь: к.с.х.н., доцент Даминава А.И.

Сборник научных трудов опубликован по материалам I Международной научно-практической конференции, посвященной биологической защите растений с использованием геномных технологий.

В нем представлены результаты научных исследований российских учёных, преподавателей, аспирантов и студентов по вопросам геномных биотехнологий в разработке новых биологических препаратов для растениеводства, технологиям производства биопрепаратов, эффективности применения биопрепаратов и биостимуляторов в агротехнологиях возделывания сельскохозяйственных культур, а также сопряженной селекции сельскохозяйственных культур и микроорганизмов.

Биологические препараты и приемы биологизации в современном земледелии / сб. науч. тр. по материалам I Международной научно-практической конференции – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2023. – 319 с.

© Казанский государственный аграрный университет, 2023
© Валиев А.Р., Зиганшин Б.Г., Калимуллин М.Н., Низамов Р.М., Янковский Н.К., Сержанов И.М., Сафин Р.И., Брускин С.А., Шевелев А.Б., Валидов Ш.З., Амиров М.Ф., Миникаев Р.В., Даминава А.И., Колесар В.А.

СОДЕРЖАНИЕ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА	
<i>Колесар В.А., Капралова Е.Л.</i>	
Оценка эффективности применения различных биологических агентов для обработки семян гороха сорта Кулон.....	7
<i>Малышкина П.А., Сафин Р.И.</i>	
Перспективы совместного применения эндофитных бактерий и минеральных удобрений при некорневом внесении на различных сельскохозяйственных культурах	16
<i>Медведев Н.А., Сафин Р.И.</i>	
Изучение влияния эндофитных бактерий на основе штамма <i>Bacillus tojavensis</i> PS-17 на фитосанитарное состояние посевов ярового ячменя.....	27
<i>Михайлова М.Ю.</i>	
Влияние перспективных штаммов эндофитных бактерий на рост и развитие различных гибридов кукурузы	36
<i>Михайлова М.Ю.</i>	
Оценка биометрических показателей и качества зерна кукурузы при обработке посевов перспективными штаммами эндофитных бактерий.....	48
<i>Сабирова Р.М., Хисамиева А.Ф.</i>	
Влияние применения различных эндофитных бактерий на формирование гороха сорта Кабан.....	58
<i>Сафин Р.И., Нгуен Хоаи Чау</i>	
Перспективы сопряженной селекции эндофитных бактерий и культурных растений.....	65
<i>Сулейманов С.Р., Сафиоллин Ф.Н.</i>	
Оценка эффективности комплексного удобрения “КомплеМет Рапс” на яровом рапсе в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан.....	72
<i>Сулейманов С.Р., Сафиоллин Ф.Н., Арсланов А.И.</i>	
Оценка эффективности перспективных штаммов эндофитных бактерий на различных гибридах подсолнечника.....	82
<i>Шаймуллина Г.Х.</i>	
Эффективность применения комплексного препарата на основе гриба <i>Trichoderma viride</i> и диатомита на яровой пшенице.....	91
<i>Шаймуллина Г.Х., Егорова О.А.</i>	
Снижение уровня абиотического стресса в растениях яровой пшеницы в период вегетации под влиянием эндофитных бактерий...	97

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ	
<i>Абрамова Г.В., Салихова З.З., Абрамов А.Г., Никишкина Н.И.</i>	
Особенности стерилизации и ее влияние на развитие эксплантов сирени в культуре <i>in vitro</i>	107
<i>Гарафутдинова К.Р., Гилязов М.Ю.</i>	
Роль почвенной биоты в обеспечении сельскохозяйственных культур доступными формами кремния.....	115
<i>Ибатуллин И.М., Гилязов М.Ю., Лукманов А.А., Салимзянова И.Н.</i>	
Агрохимические и биологические аспекты трансформации кремния в системе «почва-растения-микроорганизмы».....	121
<i>Кунгуров Г.А., Суханов А.Ю., Куватова А.В., Афордьянов Д.М., Валидов Ш.З.</i>	
Получение и анализ биозащитных свойств делеционного мутанта <i>pseudomonas putida</i> pcl1760 по гену <i>flhA</i>	130
<i>Марьина-Чермных О.Г.</i>	
Влияние биопрепаратов на микромицетный состав почвы в агроценозе томата.....	137
<i>Миникаев Р.В., Егоров Л.М., Шарапова А.Р.</i>	
Качество клубней картофеля в зависимости от внесения агрохимикатов и биологических добавок в условиях серой лесной почвы Республики Татарстан.....	142
<i>Мифтахов А.К., Фукалова А.А., Валидов Ш.З.</i>	
Анализ уровня экспрессии гена <i>rsfs</i> как фактора гистерезиса в ходе роста культуры <i>pseudomonas putida</i> pcl1760.....	148
<i>Нигматуллина Р.А., Гилязов М.Ю., Осипова М.А.</i>	
Биопрепараты в технологиях реабилитации нефтезагрязненных почв.....	154
БИОЛОГИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	
<i>Гараев Р.И., Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанов И.М., Даминова А.И.</i>	
Продуктивность агроценоза полбы в зависимости от предшественника в предкамье Республики Татарстан.....	164
<i>Демир Ж., Иванова О., Кадырова Ф.З.</i>	
Структурные особенности перспективных линий яровой мягкой пшеницы селекции Российского ГАУ им. К.А. Тимирязева в условиях предкамской зоны РТ.....	170
<i>Иматуллина Г.И., Кадырова Ф.З., Климова Л.Р., Романова О.И.</i>	
Генофонд гречихи посевной для селекции к условиям биологического земледелия.....	179

<i>Логинов Н.А.</i>	
Производство и использование биогумуса в агропромышленном комплексе Республики Татарстан.....	189
<i>Мустафина А.Б.</i>	
Влияние погодных условий на биологизацию современного земледелия.....	196
<i>Никифорова Л.А., Гаффарова Л.Г., Матвеева А.И.</i>	
Соотношение агрономически значимых групп микроорганизмов агродерново-подзолистой почвы под воздействием агроприемов.....	203
<i>Сержанов И.М., Шайхутдинов Ф.Ш., Гараев Р.И.</i>	
Влияние различных фонов питания на урожайность и технологические свойства зерна пшеницы полба сорта Руно.....	211
<i>Фасхутдинов Ф.Ш., Михайлова М.Ю.</i>	
Применение органических удобрений и урожайность озимой пшеницы в условиях Атнинского муниципального района Республики Татарстан.....	218
<i>Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанов И.М., Гараев Р.И.</i>	
Урожайность различных сортов яровой пшеницы в условиях предкамья Республики Татарстан.....	226
<i>Яхин И.Ф., Габитов Р.Х.</i>	
Эффективность применения расчетных норм минеральных удобрений и орошение гибридной кукурузы Росс 140 СВ на серых-лесных почвах Республики Татарстан.....	233
<i>Яхин И.Ф., Габитов Р.Х., Сочнева С.В.</i>	
Особенности орошения кукурузы для получения высокой урожайности на серых лесных почвах Республики Татарстан.....	241
БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ	
<i>Абрамова А.А.</i>	
Оценка влияния предпосевной обработки семян биопрепаратами на основе эндофитных бактерий на зараженность урожая пшеницы болезнями.....	241
<i>Акеншаева А.Ж., Сабирова Р.М.</i>	
Особенности формирования урожая у различных сортов нута.....	256
<i>Егорова О. А., Егоров Л. М., Сафин Р. И.</i>	
Отзывчивость различных сортов яровой тритикале на внесение калийно-кремниевое удобрения.....	262
<i>Зиганшин А.А., Сафин Р.И.</i>	
Эффективность применения органоминеральных удобрений на кукурузе.....	270
<i>Ибатуллина Р.П., Крошечкина И.Ю., Багаутдинова А.А., Салихзянов И.Р.</i>	
Ключевая роль биопрепаратов для повышения биологического потенциала почв.....	278

<i>Малышкина П. А., Сафин Р. И.</i>	
Влияние обработки семян эндофитными бактериями на качественные показатели урожая сельскохозяйственных культур.....	288
<i>Сафина Д.Р., Колесар В.А.</i>	
Оценка роли сорта в формировании урожая и защите растений сои в Предкамье Республики Татарстан.....	297
<i>Смирнова М.С., Нгуен Х.Т., Богданова Е.С., Захарченко Н.С., Рукавцова Н.Б., Алиев Р.О., Шевелев А.Б.</i>	
Редактирование микробиома культурных растений как средство повышения их продуктивности.....	304

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

УДК 632.937.15:633.31/37

Колесар Валерия Александровна
Кандидат биологических наук, доцент
klerochka@gmail.com

Капралова Екатерина Леонидовна
Студентка
katekapralova2155@gmail.com
Казанский государственный аграрный университет,
Казань

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ АГЕНТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ГОРОХА СОРТА КУЛОН

Аннотация. В 2023 г была исследована продуктивность сорта гороха Кулон и фитосанитарное состояние его посевов при предпосевной обработке этого сорта различными биологическими агентами. Метеорологические условия 2023 года были неблагоприятны для растений гороха, из-за острозасушливых явлений.

Предпосевная обработка семян гороха сорта Кулон биологическими агентами улучшила фитосанитарное состояние посевов культуры. К улучшению ростовых процессов у данного сорта приводило использование для обработки его семян KS-38, 1,0 л/т.

При анализе урожайности, мы видим положительный эффект, который был отмечен у сорта гороха Кулон при его обработке биоагентами KS-38 и KS-54, в дозировке обоих препаратов 1,0 л/т. Использование для обработки семян данных биоагентов увеличивало количество бобов на растении, вес зерен с одного растения и их число на 1 растение.

Ключевые слова: биологические агенты, горох сорта Кулон, предпосевная обработка семян, ржавчина, бледно-пятнистый аскохитоз, корневые гнили, урожайность, ростовые процессы.

Valeria A. Kolesar
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
klerochka@gmail.com

Ekaterina L. Kapralova
Student
katekapralova2155@gmail.com
Kazan State Agrarian University, Kazan,
Russia

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF USE OF VARIOUS BIOLOGICAL AGENTS FOR PROCESSING PEAS SEEDS OF THE KULON VARIETY

Abstract. In 2023, the productivity of the pea variety Kulon and the phytosanitary state of its crops were studied during pre-sowing treatment of this variety with various biological agents. Meteorological conditions in 2023 were unfavorable for pea plants due to severe drought conditions.

Pre-sowing treatment of pea seeds of the Kulon variety with biological agents improved the phytosanitary condition of the crop crops. The improvement of growth processes in this variety resulted from the use of KS-38, 1.0 l/t, for treating its seeds.

When analyzing the yield, we see a positive effect that was noted in the pea variety Kulon when it was treated with bioagents KS-38 and KS-54, at a dosage of both drugs of 1.0 l/t. The use of these bioagents for seed treatment increased the number of beans per plant, the weight of grains per plant and their number per plant.

Keywords: biological agents, Kulon pea variety, pre-sowing seed treatment, rust, pale spotted ascochyta blight, root rot, yield, growth processes.

Поскольку болезни контролируют в природе, соответственно, и в искусственных агроценозах тоже, численность растений, полностью невозможно их уничтожить. Поэтому сейчас актуально, не абсолютное уничтожение болезнетворных объектов, а оптимизирование и сдерживание их натиска и контроль фитосанитарного состояния посевных площадей, для этого и применяются, стимуляторы роста, удобрения, биологические агенты [1, 2, 3].

Биоагенты несут важное значение в жизнедеятельности гороховых растений. Одним из основных и удобных способов их нанесения служит предпосевная обработка зерна [4].

Поскольку они экологически безвредны, натуральны и не имеют большой стоимости, обладают фунгицидным и ростостимулирующим эффектом, их можно рассматривать, как замену более дорогостоящих импортных препаратов, которые будут улучшать структуру урожая и повысят урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе и гороха [5, 6].

Из вышесказанного, видна важность исследования биологических агентов на основе рода Бациллюс, с учетом конкретных погодных условий и действия таких стрессовых факторов, как засуха и патогенные микроорганизмы [7]. Кроме того, исходя из лабораторных исследований, можно отметить, что данные изучаемые нами штаммы обладают лучшей и более длительной сохранностью, а также активностью по сравнению с другими препаратами, имеющимися на рынке. Также можно их применять совместно с удобрениями и химическими препаратами.

Целью данных исследований была оценка эффективности использования новейших биологических агентов для обработки семян гороха сорта Кулон перед посевом. В задачи испытаний входило: 1. Оценить ростовые процессы растительных организмов при использовании различных биоагентов. 2. Проанализировать какое влияние оказывают изучаемые биологические агенты на пораженность гороха разными болезнями. 3. Дать оценку влияния биологических агентов на формирование урожайности.

Исследования велись в 2023 году на горохе сорта Кулон на опытных полях рядом с сельским поселением Нармонка [8]. Репродукция высеянных семян – ЭС.

Погодные условия 2023 года были с острозасушливыми явлениями во 2 декаде мая, все декады июня, 1, 2 декады июля и 1, 2 декады августа. В общем, погодные условия вегетационного периода 2023 года не были благоприятны для роста и развития гороха. Почва, где размещались опытные деланки гороха была серая лесная среднесуглинистая, достаточно плодородная [9, 10].

Результаты опытов некоторых ученых показали, что применение бактерий рода *Bacillus* sp. возможно и в борьбе с галловыми нематодами, а также, что ряд штаммов этого рода оказывает положительное влияние на ростовые процессы и плодоношение растений [11].

Поскольку биологическая защита растений различных культур, в том числе и гороха является актуальной при органическом земледелии мы провели следующие исследования по влиянию разных биологических агентов на фитосанитарное состояние растений гороха и его урожайность [12].

Высеивание гороха сорта Кулон было с нормой 1,2 млн. шт. в.с./га. Общая площадь деланки – 30,25 кв.м., учетная – 25 кв.м. Повторность в опыте – трёхкратная. Под культивацию вносилась азофоска 1,5 ц/га. Посев провели 29 апреля. Уборку осуществили 31 июля. Агротехнология возделывания – общепринятая для зоны Предкамья Республики Татарстан. Расход рабочей жидкости для протравливания – 10 л/т. Обработка семян перед посевом проводилась 28 апреля. Предшественник – горчица.

Велось изучение обработки семян гороха сорта Кулон различными биоагентами по данной схеме:

1. Контроль – без обработки.
 2. Псевдобактерин обработка семян, 1,0 л/т
 3. KS-25 обработка семян, 1,0 л/т.
 4. KS-31 обработка семян, 1,0 л/т.
 5. KS-38 обработка семян, 1,0 л/т.
 6. KS-54 обработка семян, 1,0 л/т.
 7. Консорциум, 1,0 л/т (штаммы 25+31+54)
- Анализирование и обсуждение полученных результатов.

Корневые гнили имеют достаточное распространение на горохе. Приводят к ухудшению работы корневой системы, так как образуются коричневатые пятнышки некрозов, ощутимые на ощупь и видимые невооруженным глазом после мытья его корней. В итоге они оказывают воздействие на продукционные способности гороха, снижая их [13, 14, 15]. Пораженность гороховых растений гнилями корневой системы дается в таблице 1.

Таблица 1 – Развитие корневых гнилей гороха сорта Кулон в зависимости от обработки семян перед посевом, %, 2023 г.

Вариант	Всходы 25 мая	Стеблева- ние 19 июня	Цвете- ние-рост бобов 04 июля	Лопатка (рост бобов- налив семян) 13 июля	среднее
1.Контроль – без обработки.	6,9	25,0	33	42	26,7
2.Псевдобактерин обработка семян, 1,0 л/т	1,0	1,3	15	18	8,8
3.KS-25 обработка семян, 1,0 л/т.	3,0	10,0	25	29	16,8
4.KS-31 обработка семян, 1,0 л/т.	2,8	5,0	17	42	16,7
5.KS-38 обработка семян, 1,0 л/т.	0,5	0,5	17	21	9,8
6.KS-54 обработка семян, 1,0 л/т.	2,0	5,8	17	33	14,5
7.Консорциум, 1,0 л/т (штаммы 25+31+54)	4,8	6,0	17	33	15,2

Наименьшее развитие корневых гнилей в целом за вегетацию у Кулона было на вариантах Псевдобактерин обработка семян, 1,0 л/т и KS-38 обработка семян, 1,0 л/т.

Листовые микозы гороха также можно контролировать, применяя бактерии из рода *Bacillus* [16, 17, 18]. Результаты учетов развития ржавчины и бледно-пятнистого аскохитоза в фазу роста бобов-налива семян представлены ниже (таблица 2).

У сорта Кулон ржавчина не была отмечена на вариантах KS-25 обработка семян, 1,0 л/т, KS-31 обработка семян, 1,0 л/т, KS-54 обработка семян, 1,0 л/т, Консорциум, 1,0 л/т (штаммы 25+31+54). Бледно-пятнистый аскохитоз на данном сорте отсутствовал.

Для оценки эффекта влияния обработки семян различными биоагентами на рост и развитие гороха осуществили измерение биометрических показателей (таблица 3).

Таблица 2 – Оценка пораженности гороха сорта Кулон листовыми микозами, в зависимости от обработки семян, %, 2023 г.

Вариант	Ржавчина	Септориоз
	Развитие (R)	Развитие (R)
1.Контроль – без обработки.	30	0
2.Псевдобактерин обработка семян, 1,0 л/т	1,7	0
3.KS-25 обработка семян, 1,0 л/т.	0	0
4.KS-31 обработка семян, 1,0 л/т.	0	0
5.KS-38 обработка семян, 1,0 л/т.	5	0
6.KS-54 обработка семян, 1,0 л/т.	0	0
7.Консорциум, 1,0 л/т (штаммы 25+31+54)	0	0

Таблица 3 – Высота стебля и длина корней растений гороха сорта Кулон в среднем за вегетацию в зависимости от обработки семян, см, 2023 г.

Опытный вариант	Высота стебля	Длина корней
1.Контроль – без обработки.	36,0	8,6
2.Псевдобактерин обработка семян, 1,0 л/т	33,6	8,3
3.KS-25 обработка семян, 1,0 л/т.	35,1	8,4
4.KS-31 обработка семян, 1,0 л/т.	40,1	9,2
5.KS-38 обработка семян, 1,0 л/т.	41,5	10,3
6.KS-54 обработка семян, 1,0 л/т.	39,8	8,3
7.Консорциум, 1,0 л/т (штаммы 25+31+54)	38,2	7,4

В среднем за вегетационный период максимальная длина стебля гороха и длина его корневой системы отмечалась на опытном варианте с KS-38 обработка семян, 1,0 л/т.

Важный показатель применения биоагентов – это продуктивность растений [19, 20, 21]. Поэтому обработка семян гороха ими перед посевом имеет важное значение [22]. Урожайные данные и данные по структуре урожая гороховых растений сорта Кулон продемонстрированы в таблице 4.

К увеличению биологической урожайности на горохе Кулон приводило использование обработки семян перед его посевом KS-38 и KS-54. У сорта Кулон использование для обработки семян KS-38 и KS-54 увеличивало количество бобов на растении, вес зерен и их число на 1 растение.

Таблица 4 – Структура урожая и биологическая урожайность гороха Кулон на момент полной спелости, 2023 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Густота растений к уборке, шт./м ²	Количество семян в бобе, шт	Количество семян на 1 растение, шт.	Масса семян на 1 растение, г	Масса 1000 семян, г
1.Контроль – без обработки	1,5	105	3,1	8,9	1,4	157,3
2.Псевдобактерин обработка семян, 1,0 л/т	0,9	110	3,1	6,6	0,8	121,2
3.KS-25 обработка семян, 1,0 л/т	1,2	115	2,7	7,0	1,0	142,9
4.KS-31 обработка семян, 1,0 л/т	1,7	114	3,3	9,9	1,5	151,5
5.KS-38 обработка семян, 1,0 л/т	2,1	115	3,6	11,6	1,8	155,2
6.KS-54 обработка семян, 1,0 л/т	2,2	115	3,3	12,0	1,9	158,3
7.Консорциум, 1,0 л/т (штаммы 25+31+54)	1,9	114	3,3	10,7	1,7	158,9

Предварительные выводы и предложения: 1. Наименьшее развитие корневых гнилей в целом за вегетацию у Кулона было на вариантах Псевдобактерин и KS-38. 2. Бледно-пятнистый аскохитоз на сорте Кулон не был зафиксирован. 3. У сорта Кулон ржавчина не была отмечена на вариантах KS-25 обработка семян, 1,0 л/т, KS-31 обработка семян, 1,0 л/т, KS-54 обработка семян, 1,0 л/т, Консорциум, 1,0 л/т. 4. В среднем за вегетационный период у Кулона наибольшая высота растений и длина корневой системы была отмечена на варианте опыта с KS-38 обработка семян. 5. К увеличению биологической урожайности на горохе Кулон приводило использование обработки семян перед его посевом – KS-38 и KS-54.

Литература

1. Гаврилов, А. А. Высокая культура земледелия – лучшее «лекарство» от болезней / А. А. Гаврилов, А. П. Шутко, С. Ю. Гребенник // Защита и карантин растений. – 2006. – № 11. – С. 25–26.

2. Agrios G. N. Plant Pathology. - Elsevier Acad. Press., 2005. - 952 p.
3. Сафин Р.И. Современное состояние и перспективы развития углеродного земледелия в Республике Татарстан / Р.И. Сафин, А.Р. Валиев, В.А. Колесар // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16. – № 3 (63). – С. 7-13.
4. Шарипова, Г.Ф. Эффективность применения удобрений с микроэлементами на различных сортах сои / Г. Ф. Шарипова, В. А. Колесар, Р. И. Сафин // Плодородие. – 2020. – № 3(114). – С. 9-12.
5. Злотников, А. К. Применение биопрепарата для повышения устойчивости растений к засухе и другим стрессам / А. К. Злотников, К.М. Злотников // Агро-XXI. - 2007. - № 10-12. - С. 37-38.
6. Файзуллин, И.И. Биологизация земледелия - основа высокопродуктивного сельского хозяйства / И.И. Файзуллин, Р.З. Набиуллин, М.Р. Ахметзянов // Вестник Казанского ГАУ, 2011. - № 1 (19). - С. 153-156.
7. Алабушев. А.В. Стабилизация производства зерна в условиях изменения климата. / А.В. Алабушев // Зерновое хозяйство. - № 4. - 2011. - С. 8-13.
8. Трофимов, Н. В. Методика разделения территории Республики Татарстан на агроландшафтные районы на основе зонирования природно-климатических ее условий / Н. В. Трофимов, С. В. Сочнева, М. В. Панасюк // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № S4-1(55). – С. 127-131. – DOI 10.12737/2073-0462-2020-127-131.
9. Михайлова, М.Ю. Динамика макроэлементов в серой лесной почве под посевами кукурузы на зеленую массу в условиях Предволжья Республики Татарстан при внесении повышенных норм минеральных удобрений / М.Ю. Михайлова, Р.В. Миникаев // Плодородие. – 2020. - № 3 (144). – С. 12-14.
10. Сабирова, Р. М. Эффективность применения гранулированного куриного помета как основного удобрения на серых лесных почвах Республики Татарстан / Р. М. Сабирова, Ф. Ф. Хисамиев, Р. С. Шакиров // Плодородие. – 2020. – № 3(114). – С. 29-32.
11. Лычагина С.В. Биологическая защита растений - основа стабилизации агроэкосистем / С.В. Лычагина, В.Д. Мигунова, А.Н. Конрат, А.М. Асатурова. – Краснодар, 2016. – Выпуск 9. – С. 254-256.
12. Экономические показатели биологической системы защиты подсолнечника от корзиночных гнилей в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан / Сафиоллин Ф.Н., Хисматуллин М.М., Миннуллин Г.С., Сулейманов С.Р., Колесар В.А., Хисматуллин М.М. // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2023. – Т. 18. – № 1 (69). – С. 147-154.

13. Зотиков, В.И. Болезни гороха и основные приемы защиты культуры в условиях средней полосы России / В.И. Зотиков, Г.А. Бадурин // Защита и карантин растений, 2015. - №5.– С. 11-15.

14. Сергеева, С.А. Болезни, передающиеся с семенами гороха / С.А. Сергеева, А.В. Вьюник, И.Н. Порсев // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи. Сборник статей по материалам X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 75-летию Курганской ГСХА имени Т.С. Мальцева / под общей редакцией С.Ф. Сухановой – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. – 487 с.

15. Даниленкова, Г.Н. Всероссийский форум защитников растений / Г.Н. Даниленкова // Защита и карантин растений, 2004. - № 1. - С. 4-8.

16. Сираева, З. Ю. Пути повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур в Республике Татарстан / З. Ю. Сираева, Н. Г. Захарова, С. Ю. Егоров, А. В. Черемных // Тр. междунар. конф. «Роль почвы в формировании естественных и антропогенных ландшафтов», 9-12 июня 2003 г. - Казань: Изд-во ФЭН, 2003. - С. 434-436.

17. Филиппова, Г.С. Агроэкологические аспекты применения химических и биологических средств защиты гороха от болезней и вредителей: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Филиппова Г.С. – Курск, 2008. – 23 с.

18. Сираева, З. Ю. Биологический метод борьбы с возбудителями заболеваний сельскохозяйственных культур в Республике Татарстан с использованием бактерий из рода *Bacillus* / З. Ю. Сираева // Матер. междунар. конф. «От фундаментальной науки к новым технологиям. Химия и биотехнология биологически активных веществ, пищевых продуктов и добавок. Экологически безопасные технологии», 15 нояб. 2002 г. - Тверь: Русская провинция, 2002. – Вып. 2. - С. 117.

19. Урожайные свойства и качество семян яровой пшеницы в зависимости от фона питания в условиях Республики Татарстан / И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов, А.Р. Сержанова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2019. – Т. 14. – № 2 (53). - С. 52-57.

20. Оценка продуктивности и экологической пластичности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Республики Татарстан / Р.И. Сафин, А.М. Амиров, С.Л. Турнин, Л.С. Нижегородцева // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2015. – Т. 10. № 3 (37). – С. 148-151.

21. Гаврилов, А. А. Высокая культура земледелия – лучшее «лекарство» от болезней / А. А. Гаврилов, А. П. Шутко, С. Ю. Гребенник // Защита и карантин растений, 2006. – № 11. – С. 25–26.

22. Сорокина, И. Ю. Влияние предпосевной обработки семян на продуктивность гороха в условиях приазовской зоны Ростовской области

/ И. Ю. Сорокина, Л. Б. Бирючинская // Актуальные вопросы науки и практики в инновационном развитии АПК: материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции, пос. Персиановский, 25 декабря 2020 года. Том I. – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный аграрный университет". – 2020. – С. 149-153.

© Колесар В.А., Капралова Е.Л., 2023

УДК 631.895

Малышкина Полина Андреевна
Магистр 2 года обучения, группа М121-01
Направление: «Биотехнология в защите растений»
polinadmitrieva99@gmail.com
Сафин Радик Ильясович
Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
radiksaf2@mail.ru
Казанский государственный аграрный университет,
Казань

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ НЕКОРНЕВОМ ВНЕСЕНИИ НА РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ

Аннотация. Эндوفитные микроорганизмы, в том числе бактерии, относятся к числу наиболее инновационных и перспективных биологических агентов для создания новых средств биологической защиты сельскохозяйственных растений. Среди микроорганизмов этих групп особый интерес представляют эндوفитные бактерии корней и семян. В качестве объекта исследования выступали семена шести сортов ячменя и пшеницы (Тевкеч, Ергень, Раушан, Тулайковская надежда, Йолдыз, Памяти Коновалова). Целью исследования было изучение влияния обработки семян данными штаммами на предпосевные качества растений. В целом, было выделено 9 изолятов, которые различались по морфологическим признакам колоний на питательных средах. При этом у некоторых изолятов наблюдали активность в отношении подавления развития фитопатогенного гриба *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp., корневых гнилей и снижение общего процента плесневения семян. Также установлено положительное влияние совместного применения эндوفитных бактерий и минеральных удобрений.

Ключевые слова: биопрепараты, штаммы, ячмень, пшеница, горох, эндوفитные микроорганизмы, бактерии

Polina A. Malyshkina
Master 2 years of study, M121-01
Direction: «Biotechnology in plant protection»
polinadmitrieva99@gmail.com
Radik I. Safin
Doctor of Agriculture Sciences, professor
radiksaf2@mail.ru
Kazan State Agrarian University,
Kazan

PROSPECTS FOR THE COMBINED USE OF ENDOPHYTIC BACTERIA AND MINERAL FERTILIZERS FOR FOLIAR APPLICATION ON VARIOUS CROPS

Abstract. Endophytic microorganisms, including bacteria, are among the most innovative and promising biological agents for the creation of new means of biological protection of agricultural plants. Among the microorganisms of these groups, endophytic bacteria of roots and seeds are of particular interest. The object of the study was the seeds of six varieties of barley and wheat (Tevkech, Ergen, Raushan, Tulaikovskaya Nadezhda, Yoldyz, Pamyati Konovalov). The purpose of the study was to study the effect of seed treatment with these strains on the pre-sowing qualities of plants. In total, 9 isolates were isolated, which differed in the morphological characteristics of colonies on nutrient media. At the same time, some isolates showed activity in suppressing the development of the phytopathogenic fungus *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp., root rot and a decrease in the overall percentage of moldy seeds. The positive effect of the combined use of endophytic bacteria and mineral fertilizers has also been established.

Keywords: endophytes, strains, barley, wheat, peas, endophytic microorganisms, bacteria

Введение. Для успешного развития АПК особое значение имеют вопросы биологизации земледелия [1,2,3]. Повышающиеся антропогенные факторы совместно с увеличением агроклиматических рисков заставляют нас искать новые решения повышения продуктивности и улучшения качественных характеристик сельскохозяйственной продукции. Предпосевная обработка семян является одним из самых главных методов повышения процента всхожести семян [4,5], энергии их прорастания и первичной защиты от болезней и вредителей. Использование для этих целей эффективных и доступных биопрепаратов [6,7] на основе штаммов различных эндофитных [8,9] микроорганизмов становится одним из более важных направлений в современном развитии сельского хозяйства. Попадая в благоприятную среду микроорганизмы штаммов начинают питаться и активно размножаться [10,11]. В процессе своей жизнедеятельности они защищают растение в течение всего периода вегетации.

Биологические препараты на основе штаммов, в отличие от минеральных удобрений и химических пестицидов обеспечивают фиксацию атмосферного, наиболее доступного азота [12], мобилизируют запасы элементов питания [13,14], находящегося в почве в связанном состоянии – прежде всего это относится к труднодоступным формам фосфора и ряда микроэлементов [15,16,17]. В результате применения биопрепаратов на основе штаммов отмечается не только снижение степени пораженности возбудителями инфекционных заболеваний [18,19], но и восстановление иммунитета, в отличие от пестицидов – где

отмечается возрастание резистентных форм и снижение иммунитета. Установлено, что применение биопрепаратов способствует антистрессовому эффекту воздействия на растения и животных. После применения отмечено статически достоверное возрастание устойчивости к неблагоприятным климатическим условиям, а также солнечным и химическим ожогам, механическим повреждениям ткани [20]. Поиск и изучение новых штаммов для производства биологических препаратов позволит нам открыть новые возможности в биологизации сельского хозяйства.

Условия, материалы и методы:

В качестве объекта исследования были выбраны новые полученные штаммы эндофитных бактерий из семян и частей сельскохозяйственных растений.

Таблица 1 – Штаммы эндофитных бактерий

№	Название колонии	Место выделения	Описание	КОЕ на 1г семян
1	Я2	Ергень	Белая, маленькая	$2 \cdot 10^4$
2	Я3	Раушан	Светло желтая, маленькая	$2 \cdot 10^4$
3	П2.1	Йолдыз	Светло-желтые, блестящие	$4 \cdot 10^4$
4	П.2.1 (р)	Йолдыз	Молочные, блестящие	$4 \cdot 10^4$
5	П2.2	Йолдыз	Белая, блестящая	$2 \cdot 10^4$
6	П2.3	Йолдыз	Оранжевая, блестящая	$2 \cdot 10^4$
7	П3.1	Памяти Коновалова	Белые, блестящие	$1,4 \cdot 10^5$
8	П3.2	Памяти Коновалова	Желтоватые, блестящие	$6 \cdot 10^4$
9	М1.1	Мятлик	Ярко оранжевые, блестящие	$4 \cdot 10^4$
10	М1.2	Мятлик	Желтоватые, блестящие	$6 \cdot 10^4$
11	М1.3	Мятлик	Розовая мелкая, блестящая	$2 \cdot 10^4$
12	М2.1	Мятлик	Ярко-оранжевая, блестящая	$4 \cdot 10^4$
13	М2.2	Мятлик	Светло-желтая, блестящая	$2 \cdot 10^4$
14	М2.3	Мятлик	Светло-розовая, блестящая	$2 \cdot 10^4$
15	М2.4	Мятлик	Маленькая, розовая	$6 \cdot 10^4$
16	М2.5	Мятлик	Маленькая, желтая	$2 \cdot 10^4$
17	ЯК1	Тевкеч	Маленькая, молочная, блестящая	$2 \cdot 10^4$
18	ПК3.1	Памяти Коновалова	Светло-желтые, матовые	$6 \cdot 10^4$
19	ПК3.2	Памяти Коновалова	Светло-желтые, блестящие	$8 \cdot 10^4$
20	ПК3.3	Памяти Коновалова	Прозрачно-белые, блестящие	$6 \cdot 10^4$

Анализ определения влияния штаммов на энергию прорастания, всхожесть, а также антагонистические свойства проводился рулонным методом. Метод заключается в определении зараженности семян болезнями посредством посадки семян между листами влажной фильтровальной бумаги и подраживания в ней патогенов. Данный метод установлен ГОСТом 12044–93. Результаты представлены в таблице 1, 2, 3.

После проведения данных исследований был проведен отбор перспективных штаммов и проведение их секвенирования (таблица 4).

Для проведения опыта совместного применения минеральных удобрений с биопрепаратами использовался способ опрыскивания растений в фазу колошения специальным составом, который получается путем смешивания сухого растворимого минерального удобрения (solar) и особой формой биопрепарата в соотношении 1% сухого биопрепарата и 99% минерального удобрения по массе. При этом особая форма биопрепарата получается путем напыления жидкой культуры микроорганизма (биоагента) в смеси со свекловичной мелассой на измельченный диатомит, исходя из следующего соотношения – на 5 г. диатомита добавляется 1мл. мелассы и 5 мл. биопрепарата, с последующим высушиванием полученной смеси в темноте при температуре +20...+27 С° до полного высыхания.

Результаты исследования:

Таблица 2 – результаты обработки семян ярового ячменя. Сорт «Раушан»

№ образца	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	<i>Alternaria sp.</i> , %	<i>Fusarium sp.</i> , %	Корневые гнили, %	Плесневения, %
Контроль	32	38	0	2	8	50
П.2.1. (р)	20	33	0	0	0	7
П.2.3	23	33	0	1	1	2
Я.3.2	32	45	0	0	0	4
Я.2	16	28	0	0	0	1
П.2.1	27	41	0	0	0	3
Я.К.1	20	33	0	0	3	9
ПК.3.2	33	44	0	0	0	0

По результатам анализа таблицы штаммы Я.3.2, П.2.1 и ПК.3.2 оказали положительное влияние на всхожесть семян, а штаммы П.2.1(р), Я.3.2, Я.2, П.2.1, П.К. 3.2 показали хорошие фунгицидные свойства.

При обработке семян пшеницы яровой сорта «Ульяновская – 105» штаммами положительного результата на всхожесть не было обнаружено.

Фунгицидные свойства лучше всего проявлялись у штаммов П.2.1 (р), П.2.3., Я.3.2., П.К.3.2.

Таблица 3 – результаты обработки семян яровой пшеницы. Сорт «Ульяновская - 105»

№ Образца	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	<i>Alternaria sp.</i> , %	<i>Fusarium sp.</i> , %	Корневые гнили, %	Плесневения, %
Контроль	100	100	24	0	14	100
П.2.1. (р)	82	90	10	1	5	45
П.2.3	93	95	2	4	0	0
Я.3.2	78	87	6	0	6	24
Я.2	89	97	14	3	9	10
П.2.1	93	94	10	24	3	12
Я.К.1	85	91	10	0	3	9
ПК.3.2	87	94	5	0	4	63

Таблица 4 – Результаты обработки гороха. Сорт «Салават»

№ Образца	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	<i>Alternaria sp.</i> , %	<i>Fusarium sp.</i> , %	Корневые гнили, %	Плесневения, %
Контроль	82	88	0	4	14	52
П.2.1. (р)	82	82	0	12	10	46
П.2.3	82	82	0	14	18	20
Я.3.2	34	34	0	0	22	64
Я.2	72	64	0	8	14	56
П.2.1	82	84	0	24	16	14
Я.К.1	80	82	0	14	38	32
ПК.3.2	70	72	0	10	18	20

Анализ таблицы по обработке семян гороха сорта «Салават» показал, что выбранные штаммы не оказали положительного влияния на всхожесть семян и фунгицидные свойства.

На основе предыдущих работ были отобраны три штамма для проведения дальнейших исследований. Было проведено их секвенирование и опознан вид бактерий.

При совместном внесении минеральных удобрений с экспериментальными штаммами были получены положительные результаты на показатель длины растения, длины колоса, а также массы колоса.

Таблица 5 – Отобранные штаммы для дальнейшей работы

№	Название штамма	Вид бактерий	Референсный штамм GenBank	Accession number	% сходства
1	П.2.1.(р)	<i>Bacillus licheniformis</i>	LZBL-3	JX847111.1	94
2	П.К.3.2.	<i>Priestia aryabhatai</i>	RW109	MH010160.1	99
3	М.2.5	<i>Micrococcus endophyticus</i>	190306Y24141	VN225701.1	91

Таблица 6 – Биометрические показатели ячменя ярового сорта «Раушан» на фазе полной спелости, 2023 г.

Вариант	Длина растения, мм	Длина колоса, мм	Количество стеблей, шт	Масса колоса, г
Контроль	444,5	47,9	1,2	0,8
SOLAR	550,3	58,26	1,7	0,67
<i>Priestia aryabhatai</i> + SOLAR	549,3	64,4	1,6	1,41
<i>Micrococcus endophyticus</i> + SOLAR	605,4	76,9	2,1	2,1
<i>Bacillus licheniformis</i> + SOLAR	617	74,16	1,3	1,3

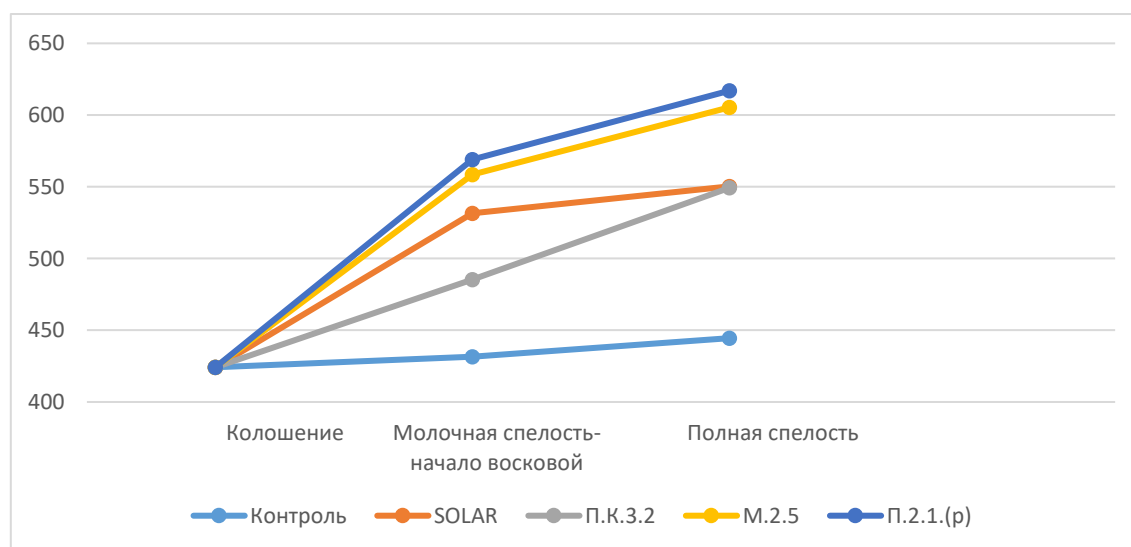


Рисунок 1. Динамика роста надземной части ячменя сорта «Раушан», 2023 г.

На данном графике представлена динамика роста надземной части ячменя сорта «Раушан». Лучший показатель отмечается при применении штамма П.2.1. (р).

Таблица 7 – Биологическая и фактическая урожайность ячменя ярового сорта «Раушан», 2023г.

Вариант	Биологическая урожайность, т/га	Фактическая урожайность, т/га
Контроль	1	1,8
SOLAR	0,8	1,83
<i>Priestia aryabhatai</i> + SOLAR	1,5	1,65
<i>Micrococcus endophyticus</i> + SOLAR	1,4	1,45
<i>Bacillus licheniformis</i> + SOLAR	1,3	1,58
HCP ₀₅	0,6 т/га	

При оценке исследования эффективности применения совместного внесения минеральных удобрений с эндофитными бактериями положительного влияния на увеличение урожайности ячменя ярового сорта «Раушан» не было обнаружено.

Таблица 8 – Биометрические показатели картофеля сорта «Ред Скарлет», 2023 г.

Вариант	Высота стеблей, мм	Количество стеблей, шт	Масса ботвы, г	Площадь листьев с куста, м ²	Фитофтороз, %	Альтернариоз, %
Контроль	26,8	2,6	71,5	0,1162	6	0
SOLAR	26,8	4	72,6	0,2363	0,2	0
<i>Micrococcus endophyticus</i> + SOLAR	30	4,2	91,4	0,1644	0	0
<i>Priestia aryabhatai</i> + SOLAR	33,8	3	96,8	0,1584	9	0
<i>Bacillus licheniformis</i> + SOLAR	26,8	4	70,3	0,1324	4	0

При обработке данных по совместному применению минеральных удобрений с эндофитными микроорганизмами на картофеле сорта «Ред

Скарлет» было установлено положительное влияние на высоту стеблей, а также их количество. Также была увеличена масса ботвы на вариантах *Micrococcus endophyticus* + SOLAR и *Priestia aryabhatai* + SOLAR. Вариант *Micrococcus endophyticus* + SOLAR оказал фунгицидное действие.

Таблица 9 – Урожайность картофеля сорта «Ред Скарлет», 2023 г.

Вариант	Фактическая урожайность, т/га
Контроль	11,8
SOLAR	9,4
<i>Priestia aryabhatai</i> + SOLAR	14,7
<i>Micrococcus endophyticus</i> + SOLAR	11,4
<i>Bacillus licheniformis</i> + SOLAR	10,6
НСР ₀₅	0,176 т/га

При некорневом внесении минерального удобрения вместе с эндофитными бактериями на картофель сорта «Ред Скарлет» было обнаружено положительное влияние на увеличение урожайности на вариантах *Priestia aryabhatai* + SOLAR, *Micrococcus endophyticus* + SOLAR, *Bacillus licheniformis* + SOLAR.

Выводы: проведенные исследования показали нам, что существуют различия по обработке семян штаммами эндофитных бактерий сельскохозяйственных культур как по повышению всхожести, так и по фитосанитарным признакам для зерновых, зернобобовых культур, а также картофеля.

Совместное внесение минеральных удобрений с экспериментальными штаммами оказало положительное влияние на такие показатели, как: длина растения, длина колоса, а также масса колоса.

При оценке эффективности применения совместного внесения минеральных удобрений с эндофитными бактериями положительного влияния на увеличение урожайности ячменя ярового сорта «Раушан» не было обнаружено.

При обработке данных по совместному применению минеральных удобрений с эндофитными микроорганизмами на картофеле сорта «Ред Скарлет» было выявлено положительное влияние на высоту стеблей, а также их количество. Также была увеличена масса ботвы на вариантах *Micrococcus endophyticus* + SOLAR и *Priestia aryabhatai* + SOLAR. Вариант *Micrococcus endophyticus* + SOLAR оказал фунгицидное действие.

При некорневом внесении минерального удобрения вместе с эндофитными бактериями на картофель сорта «Ред Скарлет» было обнаружено положительное влияние на увеличение урожайности на

вариантах *Priestia aryabhattai* + SOLAR, *Micrococcus endophyticus* + SOLAR, *Bacillus licheniformis* + SOLAR.

Литература

1. Недорезков, В. Д. Биологическое обоснование применения эндофитных бактерий в защите пшеницы от болезней на Южном Урале: специальность 06.01.11: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Недорезков Владимир Дмитриевич. – Санкт-Петербург, 2003. – 41 с. – EDN NHHHJB.

2. Абизгильдина, Р. Р. Индукция защитной системы пшеницы и картофеля эндофитными бактериями *Bacillus subtilis* 26Д: специальность 03.01.05 "Физиология и биохимия растений": диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Абизгильдина Регина Рамилевна. – Уфа, 2012. – 142 с. – EDN QFTWUR.

3. Эндофитные рекомбинантные бактерии для защиты растений от патогенов и вредителей как альтернатива трансгенным растениям / Д. К. Благова, Т. И. Максимова, А. В. Сорокань [и др.] // Трансгенные растения: технологии создания, биологические свойства, применение, биобезопасность : Сборник статей по материалам VI Всероссийского симпозиума, Москва, 16–21 ноября 2016 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук, 2016. – С. 117-120. – EDN XSEFPT.

4. Нургалиева, А. Т. Влияние посевных качеств и происхождения семян ярового ячменя на урожайность и их качество / А. Т. Нургалиева, Л. В. Поспелова // Молодежь и наука. – 2016. – № 5. – С. 75. – EDN WYJHUR.

5. Волошина, Д. А. Посевные качества яровой пшеницы сорта Ирень в зависимости от качества исходных семян / Д. А. Волошина, Л. Г. Пинчук // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике : материалы XVII Международной научно-практической конференции, Кемерово, 13–14 ноября 2018 года. – Кемерово: Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, 2018. – С. 20-25. – EDN YWJSQX.

6. Патент № 2674077 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00, А01G 7/00. Способ оценки биологической активности препаратов, рекомендуемых для повышения посевных качеств семян зерновых культур: № 2017146794: заявл. 28.12.2017: опубл. 04.12.2018 / Г. Н. Федотов, И. В. Горепекин, М. Ф. Федотова [и др.]; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана). – EDN ZECRDF.

7. Исследования взаимодействий эндофитных бактерий растений гороха с ризосферными бактериями в прикорневой зоне / Л. Е. Макарова,

Ю. А. Маркова, М. С. Кареева [и др.] // Механизмы адаптации микроорганизмов к различным условиям среды обитания : тезисы докладов Второй Всероссийской научной конференции с международным участием, Иркутск, 28 февраля – 06 марта 2022 года. – Иркутск: Иркутский государственный университет, 2022. – С. 149-151. – EDN FFEFFI.

8. Reinhold-Hurek B., Hurek T. Living inside plants: bacterial endophytes/ B.Reinhold-Hurek, //Curr. Opin. Plant Biol. 2011. Vol.14. P. 435–443.

9. Hardoim P.R. van Overbeek S., Berg G. et al. The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes //MMBR. 2015. Vol. 79. P.293-320.

10. Santoyo G., Moreno-Hagelsieb G., del Carmen Orozco-Mosqueda M., Glick B.R. Plant growth-promoting bacterial endophytes. //Microbiol. Res. 2016. Vol.183. P. 92–99.

11. Afzal I., Shinwari Z. K., Sikandar S., Shahzad S. Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants// Microbiological Research. 2019. Vol.221. P. 36–49

12. Злотников А.К., Новый бактериальный эндофит сельскохозяйственных культур / А.К. Злотников, М.Л. Казакова, К.М. Злотников, А.В. Казаков // С.х.биология. Сер. биология растений. 2006. No 3. С.62–66.

13. Влияние ассоциаций и штаммов эндофитных бактерий на рост различных видов растений / С. Р. Гарипова, О. В. Маркова, Н. В. Иванчина [и др.] // История и методология физиолого-биохимических и почвенных исследований : Сборник научных трудов по материалам научной конференции, посвященной 100-летию кафедры физиологии растений и микроорганизмов Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, 18–19 октября 2017 года. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2017. – С. 12-15. – EDN YJXRZA.

14. Эффективность инокуляции семян яровой пшеницы эндофитными бактериями *Bacillus subtilis* 26Д / Л. И. Пусенкова, С. Р. Гарипова, О. В. Ласточкина, Р. А. Юлдашев // Проблемы агрохимии и экологии. – 2020. – № 3. – С. 56-64. – DOI 10.26178/AE.2020.19.55.005. – EDN HBDFBN.

15. Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants I. Afzal, Z. K. Shinwari, S. Sikandar, et al // Microbiological Research. 2019. Vol.221. P. 36–49.

16. Endophytic 895 bacteria: perspectives and applications in agricultural crop production. Bacteria in Agrobiolgy / M. Senthilkumar, R. Anandham, M. Madhaiyan, et al. //Crop 896 Ecosystems. Springer, 2011. P. 61–96.

17. Rosenblueth M. Bacterial endophytes and their interactions with hosts//Mol. Plant Microbe Interact. 2006.Vol.19. P. 827–837.

18. Каримова, Л. З. Биологическая защита растений от стрессов / Л. З. Каримова, В. А. Колесар. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань,

2022. — 100 с. — ISBN 978-5-8114-9830-7. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/199505> (дата обращения: 23.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

19. Штерншис, М. В. Биологическая защита растений: учебник для вузов / М. В. Штерншис, И. В. Андреева, О. Г. Томилова. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-9501-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/195535> (дата обращения: 23.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

20. Elmerich C. Historical perspective: from bacterization to endophytes // Associative and endophytic nitrogen-fixing bacteria and cyanobacterial associations /eds. C. Elmerich, W. E. Newton. Dordrecht: Kluwer, 2007. P. 1–20

© Малышкина П. А., Сафин Р. И., 2023

Медведев Никита Андреевич

Аспирант

nikitamedvedev170217@mail.ru

Сафин Радик Ильясович

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

radiksaf2@mail.ru

Ханафиев Азат Альбертович

студент

khanafiev03kzn@gmail.com

Казанский государственный аграрный университет,
Казань

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ НА ОСНОВЕ ШТАММА *BACILLUS MOJAVENSIS* PS-17 НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Аннотация. В статье рассматриваются результаты полевых опытов по изучению влияния применения биопрепарата на основе эндофитной бактерий *Bacillus mojavensis* PS-17 на ростостимулирующую активность, фитосанитарное состояние посевов и урожайность ярового ячменя. Исследования проводились в благоприятном по увлажнению 2022 году на опытных полях Агробиотехнопарка Казанского ГАУ. Объект исследования – яровой ячмень сорта Раушан. Изучались три варианта обработки: предпосевная обработка биопрепаратом семенного материала с нормой 0,5 л/т семян; опрыскивание вегетирующих растений с нормой 0,5 л/га; обработка семенного материала и опрыскивание растений. Контролем был вариант без обработки. Было установлено, что применение препарата на основе *Bacillus mojavensis* PS-17 всеми изученными способами оказывает положительное влияние на рост и развитие растений, снижает развитие болезней и способствует росту урожайности ярового ячменя. Наилучшие результаты по урожайности были при использовании схемы с обработкой семян и опрыскиванием в период вегетации.

Ключевые слова: биопрепараты, эндофитные бактерии, *Bacillus mojavensis* PS-17, яровой ячмень

Nikita A. Medvedev

graduate student

nikitamedvedev170217@mail.ru

Radik I. Safin

Doctor of Agriculture Sciences, professor

radiksaf2@mail.ru

Azat Al. Khanafiev

STUDY OF THE EFFECT OF ENDOPHYTIC BACTERIA BASED ON THE *BACILLUS MOJAVENSIS* PS-17 STRAIN ON THE PHYTOSANITARY CONDITION OF SPRING BARLEY CROPS

Annotation. The article discusses the results of field experiments to study the effect of the use of a biological product based on the endophytic bacteria *Bacillus mojavensis* PS-17 on growth-stimulating activity, the phytosanitary condition of crops and the yield of spring barley. The research was carried out in 2022, a favorable year for moisture, on the experimental fields of the Agrobiotechnopark of the Kazan State Agrarian University. The object of study is spring barley of the Raushan variety. Three treatment options were studied: pre-sowing treatment of seed material with a biological product at a rate of 0.5 l/t of seeds; spraying vegetative plants at a rate of 0.5 l/ha; processing of seed material and spraying of plants. The control was the option without treatment. It was found that the use of a drug based on *Bacillus mojavensis* PS-17 by all studied methods has a positive effect on the growth and development of plants, reduces the development of diseases and promotes an increase in the yield of spring barley. The best yield results were obtained when using a scheme with seed treatment and spraying during the growing season.

Keywords: biological products, endophytic bacteria, *Bacillus mojavensis* PS-17, spring barley

При возделывании сельскохозяйственных культур в современных интенсивных агротехнологиях широко применяются различные антропогенные ресурсы, в том числе пестициды и агрохимикаты [1,2]. Несмотря на то, что данные приемы позволяют значительно повысить урожайность [3], при их применении возникает опасность их аккумуляции в агроценозах и продуктах питания [4,5], а также усиливается биологическая деградация почв [6]. Только за последние 100 лет было утрачено порядка 50% плодородия почв [7]. Кроме того, на территории РФ в регионах, расположенных в степной зоне, более 50% пашен и сенокосов подвергаются деградации почв за счет процессов эрозии, опустынивания и целого ряда других неблагоприятных факторов [8,9]. Необходимо отметить, что приемы химизации оказывают сильное влияние на состав и численность почвенной микрофлоры [10,11,12].

В связи с этим, во всем мире растет интерес к разработке приемов, обеспечивающих повышение урожайности без вреда для окружающей природы, что достигается путем биологизации производства [13]. Под

биологизацией производства не подразумевается полный отказ от химических препаратов или минеральных удобрений, а лишь сокращение их применения или частичная их замена на препараты на основе природных компонентов [14]. В качестве одной из основных задач данной технологии является возделывание культур с использованием принципов интегрированной защиты [15,16]. К их числу приемов биологической защиты относятся и бактериальные препараты [17,18]. Это связано с их способностью воздействовать на процессы развития ряда возбудителей заболеваний, оказывать влияние на почвенную микрофлору и положительно влиять на урожайность сельскохозяйственных культур. К тому же в современном мире появился целый ряд фундаментальных знаний, позволивших нивелировать имеющиеся сложности и недостатки в применении бактериальных биопрепаратов, что позволяет их более активно внедрять в производство [19,20].

Целью исследований было изучение эффективности применения биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17 на яровом ячмене.

Условия, материалы и методы. Полевой опыт проводился на территории Агробиотехнопарка Казанского ГАУ близ с. Нармонка Лаишевского района РТ в 2022 г. В качестве объекта для исследования выбран двурядный ячмень сорта Раушан. Технология возделывания общепринятая для региона. Опыт был проведен в трехкратной повторности, размещение делянок методом рандомизированных повторений. Площадь учетной делянки составляла 20 м². Предусмотренная схема опыта включала в себя контроль без применения биопрепарат и 3 варианта обработки: предпосевная обработка семенного материала В. м. PS-17 0,5 л/т семян, опрыскивание вегетирующих растений из расчета 0,5 л/га, обработка семенного материала В. м. PS-17 0,5 л/т семян с последующей обработкой по листу в период вегетации 0,5 л/га. Норма высева 5,5 млн. всхожих семян. Обработки вегетирующих растений проводились дважды за сезон в периоды выхода в трубку и колошения. Опытный участок представлен среднесуглинистыми серыми лесными почвами с содержанием органического вещества в пахотном слое около 4%, рН_{сол.} – 6,1, повышенным содержанием подвижного фосфора и обменного калия.

Агроклиматические условия вегетации 2022 году были благоприятными для формирования урожая ярового ячменя.

Результаты и обсуждение. Одним из наиболее вредоносных заболеваний на яровом ячмене является корневая гниль. В качестве возбудителя данного заболевания выступают грибы *Bipolaris sorokiniana* и грибы из рода *Fusarium*. Для учета развития корневых гнилей в каждую фазу с опытных делянок отбирались растения. Оценку проводили по шкале ВИЗР.

Таблица 1– Развитие корневых гнилей (%) по фазам вегетации в зависимости от внесения *Bacillus mojavensis* PS-17, 2022г.

Вариант	Фазы развития растений					В среднем за наблюдение
	всходы	кущение	выход в трубку	колошение	восковая спелость	
Контроль	4	6,3	24,6	45	50	25,9
Обработка семян	2,7	3,7	20,3	25,7	40,0	18,5
Опрыскивание посевов	3,6	4,3	22,7	20,3	48,3	18,8
Обработка + опрыскивание	3,3	4,0	7,0	22,0	33,7	14,0

Наименьшее развитие корневых гнилей в фазы всходов и кущения отмечалась при обработке семенного материала и составило 2,7% и 3,7%. В фазу колошения в варианте с опрыскиванием вегетирующих растений развитие корневых гнилей было наименьшим и достигало 20,3% при показателе в контроле – 45%. Однако в периоды выхода в трубку, восковой спелости, как и в среднем за весь период наблюдения минимальное развитие корневых гнилей в опыте было отмечено в варианте с обработкой семенного материала с последующей обработкой в период вегетации по листу.

Одним из немаловажных факторов, оказывающим негативное воздействие на формирования урожая, являются болезни листовой поверхности. В ходе исследования были произведены наблюдения за развитием таких листовых микозов, как бурая пятнистость и сетчатая пятнистость листьев ячменя.

Таблица 2 – Развитие листовых микозов (%) на растениях ярового ячменя в зависимости от внесения *Bacillus mojavensis* PS-17, 2022 г.

Фаза	Бурая пятнистость				Сетчатая пятнистость			
	Контроль	Обработка семян	Опрыскивание	Обработка + опрыскивание	Контроль	Обработка семян	Опрыскивание	Обработка + опрыскивание
Колошение	17	12	15	15	22	18	12	12
Спелость	41	30	35	39	34	26	18	20
В среднем за	29	21	25	27	28	22	15	16

наблю дение								
----------------	--	--	--	--	--	--	--	--

На протяжении всего периода наблюдения, наименьшее развитие листовых микозов наблюдалось в варианте с обработкой вегетирующих растений в период вегетации. Так в среднем за наблюдение развитие бурой пятнистости в данном варианте составило 21%, тогда как в контроле 29%, а развитие сетчатой пятнистости 15%, при показателях в контроле 28%.

Таблица 3 – Влияние *Bacillus mojavensis* PS-17 на содержание белка в зерне ячменя, 2022 г.

Вариант	Содержание белка в зерне, %	Прирост белка в зерне к контролю, %
Контроль	12,20	-
Обработка семян	11,60	-4,92
Опрыскивание посевов	12,50	2,46
Обработка + опрыскивание	12,80	4,92

По данным таблицы можно сделать вывод, что наибольшее содержание белка в зерне отмечается в варианте с обработкой семенного материала и обработкой растений в период вегетации (содержание белка 12,8%, когда в контроле этот показатель составил 12,2%).

Таблица 4 - Урожайность зерна ярового ячменя сорта Раушан, 2022г.

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, т/га	Прибавка к контролю, %
Контроль	5,37	-	-
Обработка семян	6,32	0,95	17,69
Опрыскивание посевов	6,50	1,13	21,04
Обработка + опрыскивание	7,56	2,19	40,78
НСР ₀₅	0,25		

По показателю урожайности наилучшим образом показал себя вариант с совместным применением обработки семян и вегетирующих растений биопрепаратом.

Заключение. Основываясь на данных исследования, возможно сделать следующие выводы:

Применение биопрепарата на основе *Bacillus mojavensis* PS-17 оказывает положительное влияние на рост и развитие ярового ячменя, а также снижает развитие болезней в течении всей вегетации.

Обработка биопрепаратом на основе *Bacillus mojavensis* PS-17 семян и растений в период вегетации оказывает положительно влияние на содержание белка и урожайность ярового ячменя.

Литература

1. Миникаев, Р. В. Применение минеральных удобрений и урожайность яровой пшеницы в условиях Предкамья Республики Татарстан / Р. В. Миникаев, Ф. Ш. Фасхутдинов // Роль вузовской науки в развитии агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 13–15 октября 2021 года. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА, 2021. – С. 88-91.

2. Продуктивность картофеля в зависимости от способа применения регулятора роста и расчетном фоне минерального питания на серой лесной почве лесостепи Среднего Поволжья / В. П. Владимиров, А. А. Мостякова, Л. М. Егоров, Ф. Ф. Агиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № S4-1(55). – С. 21-26. – DOI 10.12737/2073-0462-2020-21-26.

3. Веневцев, В. З. Инновационная технология возделывания картофеля с использованием интегрированной системы защиты / В. З. Веневцев, М. Н. Захарова, Л. В. Рожкова // Инновационные технологии адаптивно-ландшафтном земледелии: сборник докладов Международной научно-практической конференции, Суздаль, 29–30 июня 2015 года / ФГБНУ "Владимирский НИИСХ". – Суздаль: ПресСто, 2015. – С. 77-83.

4. Петрова, И. В. Влияние минеральных удобрений на окружающую среду и здоровье человека / И. В. Петрова // Мировые научные исследования современности: возможности и перспективы развития : материалы XVI международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 31 марта 2022 года. Том Часть 1. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "Ставропольское издательство "Параграф", 2022. – С. 591-593.

5. Прохорова, В. Н. Роль нерационального использования удобрений и химических отходов в загрязнении почв / В. Н. Прохорова, Е. М. Шентерова // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса : Коллективная монография / Под редакцией В.В. Окоркова. – Иваново : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Верхневолжский федеральный аграрный научный центр", 2019. – С. 180-182.

6. Запорожцева, Л. А. Организация биологизация сельского хозяйства региона / Л. А. Запорожцева, С. И. Коржов // Экологические проблемы продовольственной безопасности (EPFS 2022): Материалы

международной научно-практической конференции, Воронеж, 21–22 февраля 2022 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. – С. 184-189.

7. Дубовицкий, А. А. Эколого-экономический подход к возделыванию сельскохозяйственных культур / А. А. Дубовицкий, Э. А. Климентова, Н. С. Корольков // Агропродовольственная политика России. – 2023. – № 2(105). – С. 26-30. – DOI 10.35524/2227-0280_2023_02_26.

8. Безбородова, А. В. Перспективы применения бактериальных удобрений в решении проблем биологизации сельского хозяйства (обзор литературы) / А. В. Безбородова // ДОСТИЖЕНИЯ МОЛОДЕЖНОЙ НАУКИ для АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА : Сборник материалов LVI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 14–18 марта 2022 года. Том Часть 1. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. – С. 22-29.

9. Оценка социально-экономических последствий чрезвычайных ситуаций (на примере Республики Казахстан) / К. А. Нарбаев, В. И. Гусева, К. Ж. Раимбеков, А. Б. Кусаинов // Экономика региона. – 2018. – Т. 14, № 4. – С. 1246-1255. – DOI 10.17059/2018-4-15.

10. Романов, Н. В. Действие минеральных и биологических удобрений на урожайность яровой пшеницы в условиях засухи / Н. В. Романов, М. Ю. Гилязов, И. М. Сержанов // Циркулярная экономика в сельском хозяйстве: международный опыт для Республики Татарстан : Сборник трудов по материалам круглого стола в рамках итоговой коллегии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, Казань, 24–25 февраля 2022 года. – Казань, Казанский ГАУ: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 243-251.

11. Хабибрахманов, Д. Р. Оценка влияния биопрепаратов на формирование урожая ярового ячменя / Д. Р. Хабибрахманов, В. А. Колесар, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2023. – № 3(7). – С. 43-48. – DOI 10.12737/2782-490X-2023-43-48.

12. Приемы повышения эффективности применения биологических препаратов в растениеводстве / Г. Н. Агиева, Л. С. Нижегородцева, Р. Ж. К. Диабанкана [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15, № 4(60). – С. 5-9. – DOI 10.12737/2073-0462-2021-5-9.

13. Диабанкана, Р. Ж. К. Оценка приемов биологизации земледелия в Республике Татарстан / Р. Ж. К. Диабанкана, Р. М. Сабирова, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 3(3). – С. 26-32. – DOI 10.12737/2782-490X-2022-26-32.

14. Мазунин, А. Г. Биологизация – важный прием при ведении органического сельского хозяйства / А. Г. Мазунин, Е. А. Будина // Инновационные технологии – в практику сельского хозяйства : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным

участием, посвящённой 75-летию со дня образования агрономического факультета ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, Киров, 12 декабря 2019 года. – Киров: Вятская, 2019. – С. 278-282.

15. Влияние различных биологических агентов на продуктивность яровой пшеницы в условиях серых лесных почв Предкамья рт / М. Ф. Амиров, И. М. Сержанов, Р. И. Гараев, П. Г. Семенов // Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой фактор повышения его эффективности. Актуальные проблемы противодействия коррупции в системе обеспечения экономической безопасности : Сборник научно-практических материалов международных научно-практических конференций, посвящённый XXX-летию Татарского института переподготовки кадров агробизнеса, Казань, 26 мая – 23 2022 года / Под редакцией Н.Л. Титова, С.Л. Алексеева, Н.М. Якушкина, В.Н. Шилова, В.Н. Фомина. Том Выпуск XVI. – Казань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса», 2022. – С. 462-468.

16. Хусаинова, Г. Х. Эффективность комплексной биологизации защиты растений от болезней яровой пшеницы / Г. Х. Хусаинова, Р. И. Сафин // Воспризводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях : Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, Казань, 17 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 294-299. – EDN PTLSYO.

17. 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.

18. Савдур, С. Н. Моделирование системы производства биопрепаратов для растениеводства / С. Н. Савдур, Р. Т. Шарипова, П. А. Дмитриева // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий : Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 241-247. – EDN NTXRKB.

19. Афанасьева, Д. С. Разработка натурального биостимулятора на основе отходов переработки гречихи / Д. С. Афанасьева, Ф. З. Кадырова // Актуальные вопросы использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования : сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ, Казань, 21 апреля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 64-69.

20. Кибенко, Е. А. Формирование экологического сельского хозяйства как условие его устойчивого развития / Е. А. Кибенко // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства : сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Керчь, 11–15 мая 2022 года. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2022. – С. 349-352.

© *Медведев Н.А., Сафин Р. И., Ханафиев А. А., 2023*

Михайлова Марина Юрьевна
Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Marisha.m.u@mail.ru
Казанский государственный аграрный университет,
Казань

ВЛИЯНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ШТАММОВ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

Аннотация. На серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан в 2022 году изучалось влияние перспективных штаммов эндофитных бактерий из семян культурных растений как перспективная группа биоагентов для биофунгицидов на рост и развитие различных гибридов кукурузы. Для посева использовали раннеспелые гибриды отечественной селекции РОСС-140, Нур и РОСС-195. Технология возделывания была традиционной для Республики Татарстан по кукурузе на зерно. И включала в себя следующие мероприятия: зяблевая вспашка по чистым парам, закрытие влаги в 2 следа, внесение минеральных удобрений разбросным методом (азофоска 150 кг/га + аммиачная селитра 200 кг/га), предпосевная культивация, посев, опрыскивание почвенным гербицидом, опрыскивание по вегетации против сорняков в фазу 4-5 листьев, междурядная обработка в фазу 5-6 листьев. Внесение штаммов эндофитных бактерий проводилось в виде опрыскивания по вегетации в фазу 7-8 листьев. Изучались штаммы KS-25, KS-31, KS-38, KS-54. И три нормы внесения 0,5; 1,0 и 1,5 л/га. Наибольшая высота растений и надземная масса была достигнута при норме внесения эндофитных бактерий 1,5 л/га. Максимальные прибавки урожайности зерна получены на вариантах KS-25 норма 1,5 л/га (+10,9 ц/га) у гибрида РОСС-140, KS-54 норма 1,5 л/га (+15,2 ц/га) у гибрида Нур.

Ключевые слова: Кукуруза, штаммы эндофитных бактерий, гибриды, высота растений, надземная масса, площадь листьев, урожайность.

Marina Y. Mikhailova
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Marisha.m.u@mail.ru
Kazan State Agrarian University,
Kazan

THE INFLUENCE OF PROMISING STRAINS OF ENDOPHYTIC BACTERIA ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF VARIOUS CORN HYBRIDS

Abstract. In 2022, the influence of promising strains of endophytic bacteria from seeds of cultivated plants as a promising group of bioagents for biofungicides on the growth and development of various maize hybrids was studied on gray forest soils of the Ancestral region of the Republic of Tatarstan. Early-maturing hybrids of domestic breeding ROSS-140, Nur and ROSS-195 were used for sowing. The cultivation technology was traditional for the Republic of Tatarstan for corn for grain. And included the following activities: winter plowing in pure pairs, closing of moisture in 2 traces, application of mineral fertilizers by the scatter method (nitrogen strip 150 kg/ha + ammonium nitrate 200 kg/ha), pre-sowing cultivation, sowing, spraying with soil herbicide, spraying during vegetation against weeds in the 4-5 leaf phase, row-to-row treatment in the phase of 5-6 leaves. The introduction of endophytic bacterial strains was carried out in the form of spraying during vegetation in the 7-8 leaf phase. The strains KS-25, KS-31, KS-38, KS-54 were studied. And three application rates of 0.5; 1.0 and 1.5 l/ha. The highest plant height and aboveground mass was achieved with a rate of introduction of endophytic bacteria of 1.5 l/ha. The maximum grain yield increases were obtained on variants KS-25 norm of 1.5 l/ha (+10.9 c/ha) for the ROSS-140 hybrid, KS-54 norm of 1.5 l/ha (+15.2 c/ha) for the Nur hybrid.

Keywords: Corn, strains of endophytic bacteria, hybrids, plant height, aboveground mass, leaf area, yield.

Благодаря микроорганизмам растения иммобилизуют труднодоступные источники минерального питания, защищаются от болезней, фитофагов и абиотических стрессов [1, 2, 3]. Выделение агрономически ценных эндофитных бактерий и оценка их влияния на рост и развитие растений позволит отобрать наиболее эффективные изоляты эндофитных микроорганизмов, обладающих ростостимулирующей активностью.

В настоящее время много внимания уделяется изучению эндофитной микрофлоры, поскольку эндофитные микроорганизмы образуют стабильные ассоциации с растениями, стимулирующими их рост и развитие [4, 5, 6].

Биопрепараты, на основе живых бактериальных культур, особенно эндофитных, обладающие инсектофунгицидной и фитоиммуностимулирующей активностями, связанными с выработкой ими различных биологически активных соединений, в том числе антибиотиков. Их экологичность, а также независимость от сортовых особенностей выращиваемой культуры, индуцирует заинтересованность производителей и потребителей в получении чистой продукции,

свободной от различных канцерогенов. К сожалению, такие препараты еще имеют ряд недостатков, связанных с их узкой специализацией, которую можно расширить путем формирования композиций штаммов или проведения рекомбинационных манипуляций и создания новых штаммов с комплексным свойством защиты растений как от патогенов, так и вредителей [7, 8, 9].

Эндوفитные бактерии семян ячменя способны подавлять фитопатогенные грибы и проявлять ростостимулирующую активность для других растений [10, 11, 12].

Биологизации земледелия приводит к необходимости исключения химических препаратов и замены их на безопасные аналоги [13, 14, 15].

Штаммы бактерий могут, как улучшать рост кукурузы при нормальной температуре, так и действовать угнетающе на проростки. А при низкой температуре, наоборот повышать всхожесть семян кукурузы [16, 17].

Гибриды обладают большей продуктивностью и адаптивностью, а также высоким потенциалом урожайности [18, 19, 20]. В связи с этим изучение влияния перспективных штаммов эндوفитных бактерий на гибридах кукурузы актуально и перспективно.

Методика исследований. Изучение действия эндوفитных бактерий на кукурузе проводилось в 2022 г. в условиях Предкамья Республики Татарстан. Закладывался двухфакторный опыт с последовательным размещением делянок.

Схема опыта:

- Фактор А - препараты на основе эндوفитных бактерий (KS-25, KS-31, KS-38, KS-54 и разные нормы их применения (0,5 л/га, 1,0 л/га, 1,5 л/га);

- Фактор Б – гибриды:

1. РОСС-140;
2. Нур;
3. РОСС-195.

Почва опытного участка характеризовалась следующими качественными показателями: тип и подтип – серая лесная, содержание гумуса 3,8%, подвижного фосфора 288 мг/кг почвы, обменного калия 153 мг/кг.

2022 год оказался неблагоприятным по метеорологическим показателям. Если в мае выпало 206,3% осадков от средних многолетних данных (78,4 мм против 38,0 мм), то в июне выпало лишь 33,9% от нормы (19,3%). В июле количество осадков составило близко к норме 61,61 мм. В августе осадков не выпадало. Держалась жаркая, сухая погода. Температура была выше нормы на 4,2 0С.

Результаты. Линейное нарастание растений кукурузы в высоту учитывалось в три фазы развития: цветение, молочная и восковая спелость (табл. 1). Средняя высота растений на контроле без обработки

новыми препаратами по изучаемым гибридам варьировала в пределах от 227,47-245,89 см в фазу цветение, 224,89-259,40 см в фазу молочной спелости и 229,78-262,78 см в фазу восковой спелости. Проведение опрыскивания посевов в фазу 7-8 листьев препаратами на основе эндофитных бактерий положительно сказалось на линейном нарастании растений кукурузы в высоту во все фазы развития. Более высокими в фазу цветения были растения гибрида РОСС-195 при обработке KS-38 с нормой 0,5 л/га. Применение данного препарата на гибриде Нур, но уже с нормой 1,5 л/га, способствовало формированию высоты растений на уровне 242,83 см. Лучшие показатели высоты растений у гибрида РОСС-140 была при обработке препаратом KS-54 с нормой 1,5 л/га – 262,56 см.

В фазу молочной спелости наибольшая высота растений была у гибрида РОСС-195 при обработке KS-25 с нормой 1,5 л/га – 269,67 см. А у гибридов Нур и РОСС-140 при обработке KS-38, также с нормой 1,5 л/га (242,83 и 255,17 см).

Ближе к уборке, в фазу восковой спелости минимальные значения по высоте растений были на вариантах с обработкой препаратом PS-17 у гибрида РОСС-140 – 213,33 см, KS-25 с нормой 0,5 л/га у гибрида Нур – 214,67 см и Консорциум с нормой 1,5 л/га у гибрида РОСС-195.

При оценке высоты растений наилучшие показатели были получены при обработке препаратом KS-38 с нормой 1,5 л/га (3 совпадения по гибридам и фаза развития), KS-31 с нормой 1,5 л/га (2 совпадения), и по одному совпадению KS-25 с нормой 1,5 л/га, KS-38 с нормой 0,5 л/га, KS-54 с нормой 0,5 л/га и нормой 1,5 л/га.

Таблица 1 – Высота растений гибридов кукурузы, см

Гибрид	Фаза развития	контроль	Препараты											
			KS-25			KS-31			KS-38			KS-54		
норма внесения, л/га			0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
РОСС-140	цветение	227,47	214,67	242,00	237,67	246,56	249,11	256,56	248,11	260,11	254,33	243,11	258,11	262,56
	молочная спелость	224,89	230,00	249,83	223,17	236,17	245,00	248,00	246,17	249,00	255,17	236,83	246,17	247,83
	восковая спелость	235,27	238,17	246,67	239,89	245,44	247,56	251,78	244,89	251,67	253,78	236,22	250,44	242,67
Нур	цветение	233,00	222,67	236,50	233,67	234,33	234,83	239,50	233,33	237,00	242,83	230,83	228,67	232,50
	молочная спелость	230,20	236,33	235,67	237,00	230,33	238,00	235,50	234,50	234,17	242,83	225,00	234,83	230,83
	восковая спелость	229,78	214,67	225,00	225,50	225,00	238,33	258,00	253,81	254,13	254,46	244,80	246,61	259,43
РОСС-195	цветение	245,89	244,17	260,33	247,50	258,50	244,00	249,00	268,50	240,50	261,17	251,33	258,50	256,67
	молочная спелость	259,40	247,67	261,67	269,67	263,67	255,50	258,67	258,17	258,00	268,67	265,17	269,33	266,83
	восковая спелость	262,78	273,00	269,17	259,67	248,50	255,33	253,00	259,50	259,50	259,83	269,33	261,83	262,83

От величины надземной массы зависит ассимиляционная поверхность листьев растений, что влияет на течение фотосинтеза и накопление сухого вещества. Надземная масса также учитывалась в три

фазы развития (табл. 2). На формирование надземной массы гибридом РОСС-140 изучаемые препараты влияния не оказали. Наибольшие значения надземной массы были получены на контроле в фазу молочной и восковой спелости – 57,15 и 55,60 т/га, соответственно. В цветение минимальная надземная масса у гибрида РОСС-140 была получена при норме 1,5 л/га на вариантах KS-31 с – 31,96 т/га, 36,69 т/га в фазу молочной спелости и 29,50 т/га в фазу восковой спелости.

Таблица 2 – Надземная масса, т/га

Гибрид	Фаза развития	Препараты												
		контроль	KS-25			KS-31			KS-38			KS-54		
норма внесения, л/га			0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
РОСС-140	цветение	38,72	42,58	43,08	36,54	43,79	44,46	31,96	34,33	36,54	36,58	41,17	41,46	37,83
	молочная спелость	57,15	43,00	57,06	41,31	46,38	49,13	37,25	49,94	45,31	40,75	54,06	49,69	41,13
	восковая спелость	55,60	41,29	44,63	38,00	38,75	37,33	39,46	43,54	40,04	29,79	39,75	34,00	29,50
Нур	цветение	38,88	48,69	51,00	49,00	42,00	36,31	54,00	33,19	35,25	42,13	48,44	45,19	44,94
	молочная спелость	50,08	58,75	58,81	57,25	40,06	45,13	50,69	39,63	42,63	52,88	48,44	43,63	47,56
	восковая спелость	46,29	60,81	38,33	50,63	29,25	32,50	41,50	36,89	39,32	48,32	44,88	41,71	38,32
РОСС-195	цветение	49,93	44,25	47,50	48,44	45,50	55,81	70,31	48,94	48,94	56,81	41,94	41,63	53,56
	молочная спелость	60,73	59,94	59,25	53,44	62,25	63,56	64,13	58,13	52,50	53,75	57,94	60,06	60,25
	восковая спелость	51,17	49,88	64,94	63,69	54,81	54,25	55,13	51,50	47,38	44,56	41,94	43,31	58,38

У двух других гибридов значения надземной массы на вариантах с проведением листовой обработки новыми препаратами увеличивались, по сравнению с контролем. В фазу цветение у гибрида Нур надземная масса на контроле составила 38,88 т/га, а с применением KS-31 (норма 1,5 л/га) увеличилась на 15,12 т/га. В фазу молочной спелости на варианте без обработки надземная масса была 50,08 т/га, а на варианте с применением KS-25 с нормой 1,0 л/га стала 58,81 т/га (прибавка 8,73 т/га). В фазу восковой спелости максимальная прибавка от применения препаратов была при обработке KS-25 с нормой 0,5 л/га (14,52 т/га). Минимальные значения надземной массы у гибрида Нур по всем фазам были на варианте KS-31 с нормой 0,5 л/га в фазу восковой спелости – 29,25 т/га.

У гибрида РОСС-195 формировалась наибольшая надземная масса по всем вариантам, в сравнении с гибридами Нур и РОСС-140. В другие две фазы развития при применении KS-31 с нормой 1,5 л/га в фазу молочной спелости надземная масса составила 70,31 т/га и в фазу восковой спелости при обработке Консорциум с нормой 0,5 л/га – 77,13 т/га.

Наименьшие значения надземной массы у гибрида РОСС-195 были получены на вариантах KS-54 с нормой 1,0 л/га – 41,63 т/га в фазу

цветение, на варианте KS-38 с нормой 1,0 л/га – 52,50 т/га в фазу молочной спелости и KS-54 с нормой 0,5 л/га в восковую спелость – 41,94 т/га.

В результате два совпадения получены по препарату KS-31 с нормой 1,5 л/га, где у двух гибридов получается максимальная надземная масса в фазу цветения. Также два совпадения есть при обработке препаратом KS-25, но разными нормами 0,5 и 1,0 л/га.

От площади листьев зависит интенсивность фотосинтеза в растениях, что в дальнейшем отразится на нарастании биомассы и сухого вещества, накопление питательных элементов в зерне кукурузы (табл. 3). Наибольшая ассимиляционная поверхность у кукурузы получена при обработке препаратами с нормами 1,0 л/га и 1,5 л/га. Минимальные на контроле и норма 0,5 л/га.

Наибольшие показатели площади листьев получены у гибрида РОСС-195, минимальные у гибрида Нур.

Если на контроле в фазу цветения площадь листьев была в пределах от 35,86 до 39,59 тыс. м²/га, то на вариантах KS-25 с нормой 0,5 л/га на 1,04 тыс. м²/га; с нормой 1,0 л/га на 3,92 тыс. м²/га; с нормой 1,5 л/га на 1,44. При обработке препаратом KS-31 с нормой 0,5 л/га площадь листьев, по сравнению с контрольным вариантом увеличилась на 2,16; с нормой 1,0 л/га – на 3,37 и с нормой 1,5 л/га на 4,59 тыс. м²/га. При опрыскивании препаратом KS-38 с нормой 0,5 л/га площадь листьев увеличилась на 0,66, с нормой 1,0 л/га – на 2,69 и с нормой 1,5 л/га – на 4,83 тыс. м²/га. При обработке препаратом KS-54 площадь листьев увеличилась по сравнению с контролем на 4,33 тыс. м²/га с нормой 0,5 л/га, на 2,48 с нормой 1,0 л/га и на 5,13 тыс. м²/га с нормой 1,5 л/га.

В фазу восковой спелости максимальная ассимиляционная поверхность была также у гибрида РОСС-195 при обработке препаратом KS-54 с нормой 0,5 л/га – 62,08 тыс. м²/га. Два совпадения по максимальному значению площади листьев у гибрида РОСС-140 при опрыскивании препаратом KS-25 с нормой 1,0 в фазы молочной и восковой спелости (45,89 и 35,76 тыс. м²/га). Также максимальная площадь листьев была получена при обработке препаратами KS-31 норма 1,0 л/га 44,40 тыс. м²/га (гибрид Нур в фазу молочной спелости), KS-38 с нормой 1,5 л/га у гибрида Нур в фазу восковой спелости (44,25 тыс. м²/га), KS-54 с нормой 1,5 л/га у гибрида РОСС-140 в фазу цветения (46,61 тыс. м²/га).

Не смотря на стрессовые погодно - климатические условия 2022 года, исследуемые гибриды кукурузы раскрыли свой генетический потенциал, при соблюдении общепринятой технологии возделывания, и показали высокую урожайность зерна (табл. 4). Максимальная биологическая урожайность зерна была получена у гибрида РОСС-140 на варианте с применением препарата KS-25 с нормой 1,5 л/га – 61,00 ц/га,

минимальная на вариантах с препаратом KS-25 с нормой 0,5 л/га – 41,60 ц/га.

Таблица 3 – Площадь листьев, тыс. м²/га

Гибрид	Фаза развития	Препараты												
		контроль	KS-25			KS-31			KS-38			KS-54		
норма внесения, л/га			0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
РОСС-140	цветение	35,86	39,33	41,73	39,26	33,48	35,76	38,65	34,98	40,29	39,52	36,74	39,25	46,61
	молочная спелость	32,66	30,01	45,89	31,77	32,61	34,06	38,40	36,47	30,71	36,58	33,72	35,48	34,54
	восковая спелость	30,42	28,78	35,76	36,20	34,37	31,80	36,39	33,65	32,92	33,51	36,20	31,26	33,35
Нур	цветение	37,08	35,20	37,50	35,98	38,53	37,34	42,40	35,92	38,97	43,72	39,14	40,07	42,14
	молочная спелость	33,64	36,29	40,26	40,02	36,79	44,40	39,47	36,60	36,39	42,93	35,28	31,76	35,58
	восковая спелость	36,38	31,67	30,78	36,02	35,21	40,10	36,02	36,75	38,25	44,25	36,75	37,50	39,00
РОСС-195	цветение	39,59	46,62	50,50	48,97	47,96	45,80	54,52	48,67	52,57	52,73	45,24	48,63	52,21
	молочная спелость	42,16	43,97	46,88	47,32	46,20	51,61	51,73	44,46	47,41	48,02	54,26	49,27	56,17
	восковая спелость	52,63	57,89	46,40	37,85	54,69	49,91	44,15	38,90	47,15	42,63	62,08	49,49	47,03

Минимальная урожайность зерна у гибрида Нур была на вариантах KS-38 с нормой 0,5 л/га – 35,60 ц/га и KS-31 с нормой 0,5 л/га – 37,80 ц/га.

Прибавка урожайности зерна у гибрида РОСС-140, по сравнению с контролем без применения препаратов на основе эндофитных бактерий, была получена на следующих вариантах: KS-25 норма 1,5 л/га (+10,9 ц/га), KS-31 норма 1,5 л/га (+4,1 ц/га), KS-38 норма 1,5 л/га (+1,8 ц/га), KS-54 норма 1,0 л/га (+3,8 ц/га) и норма 1,5 л/га (+10,3 ц/га).

У гибрида Нур прибавка урожайности получена на вариантах с внесением препаратов: KS-25 норма 0,5 л/га (+5 ц/га), норма 1,0 л/га (+9,4 ц/га), норма 1,5 л/га (+10,9 ц/га), KS-54 норма 0,5 л/га (+4,2 ц/га), норма 1,0 л/га (+3,9 ц/га), норма 1,5 л/га (+15,2 ц/га).

У гибрида РОСС-195 прибавка урожайности зерна получена при применении следующих препаратов: KS-31 норма 1,0 л/га (+5,5 ц/га), KS-38 норма 1,5 л/га (+2,8 ц/га).

Максимальные прибавки урожайности получены на вариантах KS-25 норма 1,5 л/га (+10,9 ц/га) у гибрида РОСС-140, KS-54 норма 1,5 л/га (+15,2 ц/га) у гибрида Нур.

У гибридов РОСС-140 и Нур наблюдается отзывчивость на постепенное увеличение нормы препарата KS-25. Так при норме 0,5 л/га урожайность зерна составила 41,6 ц/га и 53,4 ц/га, при норме 1,0 л/га урожайность стала 50,1 л/га и 57,8 ц/га и при норме 1,5 л/га достигла 61,0 ц/га и 60,6 ц/га, соответственно.

Аналогичная картина отмечалась при внесении препаратов KS-31 и KS-54 также у гибрида РОСС-140. Урожайность постепенно

увеличивалась в ряду 44,7; 49,8; 54,2 ц/га (KS-31) и 43,9; 53,9; 60,4 ц/га при увеличении нормы препарата 0,5; 1,0; 1,5 л/га.

Таблица 4 – Урожайность гибридов кукурузы на зерно, ц/га

Варианты	Норма, л/га	Гибрид	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности
Контроль	-	POCC-140	50,1	-
		Нур	48,4	-
		POCC-195	62,7	-
KS-25	0,5	POCC-140	41,6	-8,5
		Нур	53,4	5
		POCC-195	58,1	-4,6
	1,0	POCC-140	50,1	0
		Нур	57,8	9,4
		POCC-195	60,7	-2
	1,5	POCC-140	61,0	10,9
		Нур	60,6	12,2
		POCC-195	53,6	-9,1
KS-31	0,5	POCC-140	44,7	-5,4
		Нур	37,8	-10,6
		POCC-195	56,9	-5,8
	1,0	POCC-140	49,8	-0,3
		Нур	40,1	-8,3
		POCC-195	68,2	5,5
	1,5	POCC-140	54,2	4,1
		Нур	38,4	-10
		POCC-195	62,7	0
KS-38	0,5	POCC-140	42,8	-7,3
		Нур	35,6	-12,8
		POCC-195	44,7	-18
	1,0	POCC-140	43,5	-6,6
		Нур	46,9	-1,5
		POCC-195	46,0	-16,7
	1,5	POCC-140	51,9	1,8
		Нур	41,8	-6,6
		POCC-195	65,5	2,8
KS-54	0,5	POCC-140	43,9	-6,2
		Нур	52,6	4,2
		POCC-195	52,4	-10,3
	1,0	POCC-140	53,9	3,8
		Нур	52,3	3,9
		POCC-195	51,5	-11,2
	1,5	POCC-140	60,4	10,3
		Нур	63,6	15,2
		POCC-195	57,1	-5,6

У гибридов POCC-140 и POCC-195 наблюдается отзывчивость на постепенное увеличение нормы препарата KS-38. Так при норме 0,5 л/га

урожайность зерна составила 42,8 ц/га и 44,7 ц/га, при норме 1,0 л/га урожайность стала 43,5 л/га и 46,0 ц/га и при норме 1,5 л/га достигла 51,9 ц/га и 65,5 ц/га, соответственно.

На остальных вариантах встречается повышение урожайности при увеличении нормы препаратов с 0,5 до 1,0 л/га. А при дальнейшем увеличении нормы препарата с 1,0 до 1,5 л/га, роста урожайности зерна не наблюдается.

Выводы. После проведенных исследований по влиянию перспективных штаммов эндофитных бактерий на рост, развитие и формирование урожая кукурузы были получены следующие результаты. При оценке высоты растений наилучшие показатели были получены при обработке препаратом KS-38 с нормой 1,5 л/га (3 совпадения по гибридам и фаза развития), KS-31 с нормой 1,5 л/га (2 совпадения), и по 1 совпадению KS-25 с нормой 1,5 л/га, KS-38 с нормой 0,5 л/га, KS-54 с нормой 0,5 л/га и нормой 1,5 л/га. Два совпадения получены по препарату KS-31 с нормой 1,5 л/га, где у двух гибридов получается максимальная надземная масса в фазу цветения. Также два совпадения есть при обработке препаратом KS-25, но разными нормами 0,5 и 1,0 л/га. Максимальные прибавки урожайности получены на вариантах KS-25 норма 1,5 л/га (+10,9 ц/га) у гибрида РОСС-140, KS-54 норма 1,5 л/га (+15,2 ц/га) у гибрида Нур. У гибридов РОСС-140 и РОСС-195 наблюдается отзывчивость на постепенное увеличение нормы препарата KS-38. Так при норме 0,5 л/га урожайность зерна составила 42,8 ц/га и 44,7 ц/га, при норме 1,0 л/га урожайность стала 43,5 л/га и 46,0 ц/га и при норме 1,5 л/га достигла 51,9 ц/га и 65,5 ц/га, соответственно. На остальных вариантах встречается повышение урожайности при увеличении нормы препаратов с 0,5 до 1,0 л/га. А при дальнейшем увеличении нормы препарата с 1,0 до 1,5 л/га, роста урожайности зерна не наблюдается.

Литература

1. Сафиоллин, Ф.Н. Оценка эффективности перспективных штаммов эндофитных бактерий на различных гибридах подсолнечника / Ф.Н. Сафиоллин, С.Р. Сулейманов // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 291-298.

2. Соболева, О. М. Роль ризосферных бактерий в повышении экологизации агроценозов / О. М. Соболева // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 5. – С. 19-22.

3. Сабирова, Р. М. Биологизация земледелия: Учебное пособие для студентов, обучающихся по агрономическим направлениям высших

учебных заведений / Р. М. Сабирова, И. Х. Вафин, Р. И. Сафин. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – 80 с.

4. Биологическая защита растений от стрессов / Л.З. Каримова, В.А. Колесар, Р.И. Сафин, Г.К. Хузина. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – 128 с.

5. Эндوفитные микроорганизмы в фундаментальных исследованиях и сельском хозяйстве / Е. Н. Васильева, Г. А. Ахтемова, В. А. Жуков, И. А. Тихонович // Экологическая генетика. – 2019. – Т. 17, № 1. – С. 19-32.

6. Effects of Phenotypic Variation on Biological Properties of Endophytic Bacteria *Bacillus mojavensis* PS17 / R. G. C. Diabankana, Sh. Z. Validov, A. B. Vyshtakalyuk [et al.] // Biology. – 2022. – Vol. 11, No. 9. – P. 1305.

7. Эндوفитные рекомбинантные бактерии для защиты растений от патогенов и вредителей как альтернатива трансгенным растениям / Д.К. Благова, Т.И. Максимова, А.В. Сорокань [и др.] // Трансгенные растения: технологии создания, биологические свойства, применение, биобезопасность: Сборник статей по материалам VI Всероссийского симпозиума, Москва, 16–21 ноября 2016 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук, 2016. – С. 117-120.

8. Сулейманов, С.Р. Влияние перспективных штаммов эндوفитных бактерий на содержание сырого жира и валовой сбор растительного масла различных гибридов подсолнечника / С.Р. Сулейманов, Ф.Н. Сафиоллин, А.И. Арсланов // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 274-281.

9. Патент № 2774687 С1 Российская Федерация, МПК А01N 63/20, А01N 63/22, А01N 63/27. Способ получения жидких бактериальных биопрепаратов с диатомитом для защиты сельскохозяйственных культур от болезней: № 2021104092 : заявл. 17.02.2021: опубл. 21.06.2022 / Г. Н. Агиева, Р. Ж. К. Диабанкана, Г. Х. Шаймуллина [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

10. Сафин, Р.И. Особенности эндوفитных бактерий и их использование в биологической защите растений / Р.И. Сафин // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 248-254.

11. Диабанкана, Р. Ж. К. Оценка влияния применения биопрепаратов в период вегетации на микробиом семян яровой пшеницы / Р. Ж. К.

Диабанкана, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2023. – № 1(5). – С. 22-26.

12. Оценка различных сортов ячменя по эндофитной микрофлоре семян / Д. С. Афанасьева, А. А. Абрамова, П. А. Дмитриева [и др.] // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 1(1). – С. 12-17.

13. Диабанкана, Р. Ж. К. Оценка приемов биологизации земледелия в Республике Татарстан / Р. Ж. К. Диабанкана, Р. М. Сабирова, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 3(3). – С. 26-32.

14. Влияние различных биологических агентов на продуктивность яровой пшеницы в условиях серых лесных почв Предкамья РТ / М. Ф. Амиров, И. М. Сержанов, Р. И. Гараев, П. Г. Семенов // Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой фактор повышения его эффективности. Актуальные проблемы противодействия коррупции в системе обеспечения экономической безопасности: Сборник научно-практических материалов международных научно-практических конференций, посвященный XXX-летию Татарского института переподготовки кадров агробизнеса, Казань, 26 мая – 23 2022 года / Под редакцией Н.Л. Титова, С.Л. Алексеева, Н.М. Якушкина, В.Н. Шилова, В.Н. Фомина. Том Выпуск XVI. – Казань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса», 2022. – С. 462-468.

15. Никифорова, Л. А. Эффективность препарата «Organitn» при возделывании картофеля сорта «ред Скарлет» / Л. А. Никифорова, Л. Г. Гаффарова // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 222-227.

16. Харитонов, Д. Э. Изучение эндофитных бактерий и их влияния на рост проростков кукурузы / Д. Э. Харитонов, И. А. Русских // Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование - рекомендации - практические результаты: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Минск, 03–08 июля 2018 года / Ответственный редактор Д.В. Маслак. – Минск: Белорусский государственный университет, 2018. – С. 207-208.

17. Михайлова, М. Ю. Выбор гибридов кукурузы в условиях Республики Татарстан / М. Ю. Михайлова // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 413-420.

18. Михайлова, М. Ю. Оптимальная система удобрений и выбор гибрида - залог получения запланированных урожаев кукурузы на кормовые цели / М. Ю. Михайлова // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 623-629.

19. Михайлова, М. Ю. Анализ продуктивности и адаптивности гибридов кукурузы ФГБНУ «ВНИИ кукурузы» в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан / М. Ю. Михайлова // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2023. – № 1(5). – С. 34-38.

20. Патент № 2775655 С1 Российская Федерация, МПК А01G 22/20, С05G 1/00, А01G 7/00. Способ повышения урожайности и качества зеленой массы кукурузы: № 2021134625 : заявл. 25.11.2021 : опубл. 06.07.2022 / М. Ю. Михайлова, Р. В. Миникаев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

© Михайлова М.Ю., 2023

Михайлова Марина Юрьевна
Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Marisha.m.u@mail.ru
Казанский государственный аграрный университет,
Казань

ОЦЕНКА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА КУКУРУЗЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОСЕВОВ ПЕРСПЕКТИВНЫМИ ШТАММАМИ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ

Аннотация. Опрыскивание посевов кукурузы в фазу 7-8 листьев перспективными штаммами эндофитных бактерий оказывало благоприятное воздействие на биометрические показатели кукурузы и качество зерна. Лучшие показатели по биометрии у гибрида РОСС-140 были при норме внесения изучаемых препаратов 1,5 л/га. Наименьшие показатели у данного гибрида были получены при обработке посевов препаратом Консорциум. Гибрид Нур лучше отзывался на обработку препаратами KS-25 с нормами 1,0 и 1,5 л/га, KS-54 с нормой 1,5 л/га, Консорциум с нормами 0,5 и 1,0 л/га. Наименьшие показатели были получены при обработке препаратами KS-31 и KS-38. Наибольшие биометрические показатели гибрида РОСС-195 были получены при опрыскивании препаратами Консорциум с нормами 0,5 и 1,5 л/га, PS-17, KS-31 с нормой 1,5 л/га. Чуть ниже биометрические показатели были получены на оставшихся вариантах. Наибольшее содержание белка в зерне изучаемых гибридов было на вариантах PS-17 (11,90%) и Консорциум 1 л/га (15,45%) для РОСС-140; KS-54 0,5 л/га (12,34%), 1,0 л/га (13,96%) и KS-31 с нормой 1,5 л/га (12,32%) в зерне гибрида Нур; KS-31 с нормой 1,0 л/га (12,15%), KS-38 с нормой 1,0 л/га (11,92%) в зерне гибрида РОСС-195.

Ключевые слова: Кукуруза, штаммы эндофитных бактерий, гибриды, биометрия, початки, масса 1000 зерен, белок.

Marina Y. Mikhailova
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Marisha.m.u@mail.ru
Kazan State Agrarian University,
Kazan

EVALUATION OF BIOMETRIC INDICATORS AND QUALITY OF CORN GRAIN DURING PROCESSING CROPS WITH PROMISING STRAINS OF ENDOPHYTIC BACTERIA

Abstract. Spraying corn crops in the 7-8 leaf phase with promising strains of endophytic bacteria had a beneficial effect on corn biometrics and grain quality. The best indicators of biometrics in the hybrid ROSS-140 were at the application rate of the studied preparations of 1.5 l/ha. The lowest indicators for this hybrid were obtained when the crops were treated with the Consortium preparation. Nur hybrid responded better to treatment with KS-25 with rates of 1.0 and 1.5 l/ha, KS-54 with rates of 1.5 l/ha, Consortium with rates of 0.5 and 1.0 l/ha. The lowest rates were obtained when treated with preparations KS-31 and KS-38. The highest biometric indicators of the ROSS-195 hybrid were obtained by spraying with Consortium preparations at rates of 0.5 and 1.5 l/ha, PS-17, KS-31 at rates of 1.5 l/ha. A little lower, biometric indicators were obtained on the remaining options. The highest protein content in the grain of the studied hybrids was on the options PS-17 (11.90%) and Consortium 1 l/ha (15.45%) for ROSS-140; KS-54 0.5 l/ha (12.34%), 1.0 l/ha (13.96%) and KS-31 with a rate of 1.5 l/ha (12.32%) in Nur hybrid grain ; KS-31 with a rate of 1.0 l/ha (12.15%), KS-38 with a rate of 1.0 l/ha (11.92%) in the grain of the ROSS-195 hybrid.

Keywords: Corn, strains of endophytic bacteria, hybrids, biometrics, cobs, weight of 1000 grains, protein.

Введение. Ассоциированные высшими растениями бактерии могут послужить заменой удобрений и пестицидов, поддерживая требования биологического земледелия. Они положительно влияют на рост и развитие растений, потому что способны синтезировать фитогормоны и витамин, необходимые растениям, а также осуществлять бактериальный контроль грибных и бактериальных заболеваний. К таким бактериям относят эндофитные бактерии. Они способны вступать в симбиотические отношения с сельскохозяйственными культурами. Это наиболее безопасные формы микроорганизмов, так как они являются неспецифичными для культурных растений [1, 2, 3]. Поэтому они перспективны при создании фитозащитных биопрепаратов. Способны снижать заболеваемость растений патогенными грибами и бактериями, а также накапливаться в самом растении и передаваться от одного поколения к другому [4, 5, 6]. Результатом применения таких биопрепаратов станет повышение урожайности культур, качества получаемой продукции, а также насыщение почвы дополнительным количеством сухого органического вещества [7, 8, 9]. Некоторые штаммы бактерий способны улучшать показатели роста при прорастании семян [10, 11, 12]. Поэтому изучение влияния перспективных штаммов эндофитных бактерий на рост, развитие, формирование урожая и его качество интересно и перспективно для изучения на разных сельскохозяйственных культурах.

Методика исследований. Исследования проводились в Предкамье Республики Татарстан на серых лесных почвах в 2022 году.

Климатические условия года характеризовались как неблагоприятные во второй части вегетации культуры. В начале вегетации выпало много осадков, а в августе не было ни одного дождя. Были сильные суховеи с жаркой погодой. Изучение новых перспективных штаммов эндофитных бактерий проводилось на двухфакторном опыте. Фактор А – это штаммы бактерий и разные нормы их применения: 1 – контроль (без обработки); 2 - PS-17 (1,0 л/га); 3 – 5 - KS-25 (0,5; 1,0; 1,5 л/га); 6 - 8 - KS-31 (0,5; 1,0; 1,5 л/га); 9 – 11 - KS-38 (0,5; 1,0; 1,5 л/га); 12 – 14 - KS-54 (0,5; 1,0; 1,5 л/га); 15 – 17 – Консорциум (0,5; 1,0; 1,5 л/га). Технология возделывания кукурузы на зерно была традиционной для Республики Татарстан [13, 14]. Посев проводился 23 мая. Обработка препаратами с эндофитными бактериями проводилась в фазу 7-8 листьев кукурузы.

Результаты. Биометрические показатели позволяют оценить предварительный уровень урожайности кукурузы на зерно, потенциал возделываемых гибридов [15, 16, 17] (табл. 1). Основными биометрическими показателями початков кукурузы можно считать длину початков, его озерненность, масса, масса зерна с початка, а также масса 1000 зерен [18, 19, 20]. Крупные початки у гибрида РОСС-140 сформировались при обработке препаратами PS-17 – 19,5 см, KS-54 с нормой 1,5 л/га – 18,9 см и KS-25 с нормой 1,5 л/га – 18,80 см. Мелкие початки сформировались на варианте с обработкой препаратом Консорциум с нормой 1,5 л/га. Самыми озерненными сформировались початки при обработке KS-54 с нормой 1,5 л/га – 582,80 шт. и PS-17 – 580,80 шт. Наименьшая озерненность была при обработке Консорциум с нормой 0,5 л/га – 403,80 шт.

Обработка препаратами KS-25 и KS-54 с нормами 1,5 л/га способствовала получению крупных початков (масса початка соответственно 211,60 и 202,80 гр.). Мелкие початки сформировались на вариантах, где применялся препарат Консорциум. Чем больше норма препарата, тем меньше масса початка (0,5 л/га – 138,70 гр., 1,0 л/га – 134,00 гр., 1,5 л/га – 133,20 гр.).

Масса зерна с початка больше также на вариантах, где сформировались самые крупные початки, наибольшая озерненность – обработка препаратами PS-17, KS-25 и KS-54 с нормами 1,5 л/га (158,50 гр.; 163,8 гр. и 170,70 гр.).

Масса 1000 зерен менялась в зависимости от применяемых препаратов. Наименьшая величина была на варианте с препаратом KS-25 и нормой 0,5 л/га – 260,80 гр., наибольшая при опрыскивании этим же препаратом, но нормой 1,5 л/га – 334,80 гр.

Максимальная длина початков гибрида Нур была при опрыскивании посевов препаратами KS-54 с нормой 1,5 л/га – 19,20 см и Консорциум с нормой 0,5 л/га – 19,00 см. При увеличении нормы препарата с 0,5 до 1,5 л/га длина початка увеличивается с использованием препаратов KS-54. Увеличение нормы внесения с 1,0 до 1,5 л/га у остальных препаратов не

обеспечивало увеличения длины початка. Происходило, наоборот, уменьшение. Самые короткие початки были на варианте KS-31 с нормой 1,5 л/га. Лучшая озерненность початка была при обработке кукурузы препаратом Консорциум с нормой 0,5 и 1,0 л/га – 503,60 и 504,20 шт. Наименее озерненными оказались початки на варианте KS-38 с нормой 1,5 л/га.

Положительная динамика от увеличения нормы препаратов наблюдается на вариантах с KS-25 и KS-54 в массе початков. На варианте с нормой 0,5 л/га масса початков была 188,50 и 179,10 гр., с нормой 1,0 л/га значения увеличились на 16,6 и 4,8 гр. При дальнейшем увеличении до 1,5 л/га масса початков стала 208,00 и 219,50 гр. Наименьшая масса початков была на варианте KS-38 с нормой 0,5 л/га – 125,60 гр., наибольшая – при опрыскивании KS-54 с нормой 1,5 л/га – 219,50 гр.

Масса 1000 зерен по вариантам опыта варьировала от 263,20 до 379,60 гр. с минимальной величиной на варианте с KS-31 (норма 0,5 л/га) и максимальным значением на варианте с KS-25 (норма 1,0 л/га). Также крупное зерно было на варианте KS-54 с нормой 1,5 л/га – 362,80 гр. На этом варианте наблюдается постепенное укрупнение зерна при увеличении нормы внесения препарата с 0,5 до 1,5 л/га (с 329,20 до 362,80 гр.).

Длина початка у гибрида РОСС-195 по изучаемым вариантам варьировала от 17,20 до 23,10 см. Минимальная величина соответствовала варианту с опрыскиванием препаратом KS-25 с нормой 1,5 л/га, максимальная – препарату Консорциум с нормой 1,5 л/га. При этом норма 0,5 л/га была оптимальной, нежели норма 1,5 л/га. Длина початков была больше при меньшей норме.

Самыми озерненными початками оказались початки при обработке Консорциум (норма 1,5 л/га) – 718,60 шт. Наименьшее количество зерен в початке было при обработке посевов препаратом KS-25 с нормой 1,5 л/га – 471,30 шт.

Масса початка на контроле составила 227,60 гр. Початки большей массы сформировались на вариантах с обработкой препаратами PS-17 (+35 гр.), KS-31 с нормой 1,0 л/га (+17,2 гр.), KS-38 с нормой 1,5 л/га (+12,7 гр.), Консорциум 0,5 л/га (+90,4 гр.), нормой 1,0 л/га (+53,3 гр.) и нормой 1,5 л/га (+83,6 гр.).

Наибольшая масса початка была при обработке Консорциум с нормой 0,5 л/га – 318,00 гр., наименьшая при обработке KS-38 с нормой 0,5 л/га – 169,5 гр. На этих же вариантах и масса зерна с початка оказалась наибольшей – 256,90 гр. и наименьшей – 125,00 гр. А также и выход зерна с початка – 86,30% при обработке препаратом Консорциум с нормой 0,5 л/га и 74,10% при обработке препаратом KS-38 с нормой 0,5 л/га.

Наименьшая масса 100 зерен также получилась на варианте с применением препарата KS-38 с нормой 0,5 л/га – 290,80 гр. и

наибольшая – при опрыскивании посевов кукурузы препаратом Консорциум с нормой 0,5 л/га – 398,40 гр. Прибавка в массе 1000 зерен, по сравнению с контролем, получилась при обработке препаратами PS-38 – 9,2 гр., KS-31 с нормой 1,0 л/га – 4 гр., KS-38 с нормой 1,0 л/га – 4,4 гр. и нормой 1,5 л/га – 7,2 гр., Консорциум с нормой 1,5 л/га – 3,6 гр.

Таблица 1 – Биометрические показатели изучаемых гибридов

	Длина початка, см	Озерненность початка, шт.	Масса початка, гр.	Масса зерна с початка, гр.	Масса 1000 зерен, гр.
РОСС-140					
1.	18,50	565,90	177,60	138,40	281,60
2.	19,50	580,80	196,70	158,50	288,80
3.	16,90	490,40	147,00	116,20	260,80
4.	18,10	509,70	167,20	139,10	295,20
5.	18,80	490,20	211,60	170,70	334,80
6.	17,10	512,30	157,50	125,80	264,40
7.	17,80	499,50	170,60	137,10	282,00
8.	17,30	490,60	193,50	149,70	303,20
9.	16,90	454,60	150,30	121,30	272,00
10.	16,70	471,40	151,10	119,80	280,00
11.	17,10	490,00	176,10	144,20	310,40
12.	17,30	472,20	153,90	123,30	277,20
13.	18,20	503,40	183,00	149,10	305,20
14.	18,90	582,80	202,80	163,80	301,60
15.	16,20	403,80	138,70	114,80	290,40
16.	16,70	399,60	134,00	110,40	281,20
17.	16,00	422,80	133,20	106,10	265,60
Нур					
1.	17,10	460,20	166,20	133,70	312,00
2.	17,50	423,20	161,70	132,00	312,40
3.	17,50	458,40	188,50	149,60	338,40
4.	18,20	448,00	205,10	161,90	379,60
5.	17,80	481,20	208,00	167,80	377,20
6.	16,50	393,20	129,60	102,60	263,20
7.	16,70	361,00	137,00	110,60	312,40
8.	16,00	363,60	132,60	107,00	304,00
9.	16,10	387,40	125,60	99,40	277,20
10.	16,30	356,80	158,70	128,20	347,20
11.	15,60	355,80	144,30	115,20	340,00
12.	17,70	474,40	179,10	145,50	329,20
13.	18,00	432,60	183,90	146,80	353,60
14.	19,20	482,00	219,50	175,50	362,80
15.	19,00	503,60	205,10	155,00	313,60

16.	18,70	504,20	185,30	139,10	280,40
17.	18,90	443,00	187,60	146,70	331,20
РОСС-195					
1.	18,90	582,80	227,60	173,40	346,80
2.	20,60	618,00	262,60	198,20	356,00
3.	18,70	486,80	210,50	160,80	333,60
4.	17,50	570,00	221,50	170,00	342,80
5.	17,20	471,30	204,70	158,20	327,20
6.	18,10	525,00	211,10	164,20	332,00
7.	19,10	587,40	244,80	187,10	350,80
8.	20,30	594,20	227,20	176,70	343,20
9.	18,10	506,60	169,50	125,00	290,80
10.	19,30	520,80	195,80	139,80	351,20
11.	17,90	562,80	240,30	183,90	354,00
12.	19,10	507,00	192,90	144,80	340,80
13.	18,60	515,60	191,50	144,50	310,40
14.	18,30	493,60	208,00	159,90	338,80
15.	22,60	636,60	318,00	256,90	398,40
16.	21,50	590,60	280,90	214,10	377,20
17.	23,10	718,60	311,20	235,40	350,40

Оценка качества полученного урожая показала следующие результаты (табл. 2). Содержание белка на контроле без применения препаратов было 9,27% в зерне гибрида РОСС-140, 10,09% в зерне гибрида Нур и 9,98% в зерне гибрида РОСС-195. У двух первых гибридов на вариантах с опрыскиванием препаратами с эндофитными бактериями наблюдалось увеличение содержания белка в зерне. У гибрида РОСС-195 минимальное содержание белка в зерне было на варианте с опрыскиванием PS-17 – 8,77%.

Таблица 2 – Содержание белка в зерне кукурузы, %

гибри Д	препараты																
	конт роль	PS -17	KS-25			KS-31			KS-38			KS-54			Консорциум		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
РОСС-140	9,27	11,90	10,63	10,47	10,59	10,42	9,77	10,82	10,44	10,69	10,62	10,35	10,31	9,71	10,75	15,45	11,20
Нур	10,09	11,73	11,51	12,24	12,25	12,09	11,95	12,32	11,75	11,18	11,44	12,34	13,96	11,33	10,46	11,44	10,88
РОСС-195	9,98	8,77	10,40	9,30	10,98	9,10	12,15	11,03	11,32	11,92	10,58	11,48	10,52	11,58	11,37	10,10	11,11

Наибольшее содержание белка по высеваемым гибридам было на вариантах, где применяли препараты PS-17 (11,90%) и Консорциум 1 л/га (15,45%) в зерне гибрида РОСС-140; KS-54 0,5 л/га (12,34%), 1,0 л/га (13,96%) и KS-31 с нормой 1,5 л/га (12,32%) в зерне гибрида Нур; KS-31 с нормой 1,0 л/га (12,15%), KS-38 с нормой 1,0 л/га (11,92%) в зерне гибрида РОСС-195.

Выводы. Оценка биометрических показателей кукурузы на разных вариантах показала, что лучшими препаратами и нормами на гибриде РОСС-140 были PS-17, и препараты KS-25, KS-31, KS-38 и KS-54 с нормой 1,5 л/га. На вариантах с применением препарата Консорциум на гибриде РОСС-140 были получены наименьшие показатели по многим категориям оценки биометрии кукурузы.

На гибриде Нур лучшие биометрические показатели были получены при обработке препаратами KS-25 с нормами 1,0 и 1,5 л/га, KS-54 с нормой 1,5 л/га, Консорциум с нормами 0,5 и 1,0 л/га. Наименьшие показатели были получены при обработке препаратами KS-31 и KS-38.

Наибольшие показатели, отражающие биометрию кукурузы, гибрида РОСС-195 были на вариантах, где применяли препараты Консорциум с нормами 0,5 и 1,5 л/га, PS-17, KS-31 с нормой 1,5 л/га. Меньшие показатели были получены на вариантах с применением препаратов KS-25 с нормами 1,5 л/га, KS-38 с нормами 0,5 и 1,0 л/га, KS-54 с нормами 1,0 л/га.

На увеличение белка в зерне оказывали влияние следующие штаммы эндофитных бактерий: PS-17 (11,90%) и Консорциум 1 л/га (15,45%) для РОСС-140; KS-54 0,5 л/га (12,34%), 1,0 л/га (13,96%) и KS-31 с нормой 1,5 л/га (12,32%) для гибрида Нур; KS-31 с нормой 1,0 л/га (12,15%), KS-38 с нормой 1,0 л/га (11,92%) для гибрида РОСС-195.

Литература

1. Савчик, А. В. Выделение штаммов эндофитных бактерий, перспективных для создания фитозащитного биопрепарата, и изучение их свойств / А. В. Савчик // Белорусский государственный университет. Научная конференция студентов и аспирантов: сборник работ 74-й научной конференции студентов и аспирантов Белорусского государственного университета: в 3 частях, Минск, 15–24 мая 2017 года. Том Часть I. – Минск: Белорусский государственный университет, 2017. – С. 371-374.

2. Фенотипическая стабильность микроорганизмов как инструмент оптимизации биоагентов для конкретной экологической ниши, растения и состояния почвы / Р. Ж. К. Диабанкана, Р. И. Сафин, Ш. З. Валидов, Д. М. Афордоаньи // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября

2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 164-171.

3. Биологическая защита растений от стрессов / Л. З. Каримова, В. А. Колесар, Р. И. Сафин, Г. К. Хузина. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – 128 с.

4. Сафин, Р. И. Особенности эндофитных бактерий и их использование в биологической защите растений / Р. И. Сафин // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 248-254.

5. Гараев, Р. И. Продуктивность яровых колосовых культур при применении биопрепаратов на основе *Bacillus subtilis* в условиях Республики Татарстан / Р. И. Гараев, М. Ф. Амиров, Л. С. Нижегородцева // Современное состояние и инновационные пути развития земледелия, мелиорации и защиты почв от эрозии : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 90-летию доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного работника сельского хозяйства Удмуртской Республики, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, профессора Владимира Михайловича Холзакова и 75-летию кандидата сельскохозяйственных наук, доцента Анатолия Ивановича Венчикова, Ижевск, 17 марта 2022 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – С. 54-59.

6. Патент № 2774687 С1 Российская Федерация, МПК А01N 63/20, А01N 63/22, А01N 63/27. Способ получения жидких бактериальных биопрепаратов с диатомитом для защиты сельскохозяйственных культур от болезней: № 2021104092: заявл. 17.02.2021: опубл. 21.06.2022 / Г. Н. Агиева, Р. Ж. К. Диабанкана, Г. Х. Шаймуллина [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

7. Диабанкана, Р. Ж. К. Оценка приемов биологизации земледелия в Республике Татарстан / Р. Ж. К. Диабанкана, Р. М. Сабирова, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 3(3). – С. 26-32.

8. Сулейманов, С. Р. Влияние перспективных штаммов эндофитных бактерий на содержание сырого жира и валовой сбор растительного масла различных гибридов подсолнечника / С. Р. Сулейманов, Ф. Н. Сафиоллин, А. И. Арсланов // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий : Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 274-281.

9. Сафиоллин, Ф. Н. Оценка эффективности перспективных штаммов эндофитных бактерий на различных гибридах подсолнечника / Ф. Н. Сафиоллин, С. Р. Сулейманов // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий : Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 291-298.

10. Харитонов, Д. Э. Изучение эндофитных бактерий и их влияния на рост проростков кукурузы / Д. Э. Харитонов, И. А. Русских // Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование - рекомендации - практические результаты: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Минск, 03–08 июля 2018 года / Ответственный редактор Д.В. Маслак. – Минск: Белорусский государственный университет, 2018. – С. 207-208.

11. Ласточкина, О. В. Механизмы ростстимулирующего и защитного действия эндофитных RGP-бактерий в растениях пшеницы при воздействии засухи (обзор) / О. В. Ласточкина, Ч. Р. Аллагулова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2023. – Т. 59, № 1. – С. 17-37.

12. Культивируемые эндофитные бактерии стеблей и листьев гороха посевного (*Pisum sativum* L.) / Е. Н. Васильева, Г. А. Ахтемова, А. М. Афонин [и др.] // Экологическая генетика. – 2020. – Т. 18, № 2. – С. 169-184.

13. Шайтанов, О. Л. Основные направления развития агроклиматических изменений на территории Татарстана в XXI веке / О. Л. Шайтанов, М. Ш. Тагиров // Адаптивное кормопроизводство. – 2017. – № 2. – С. 21-30.

14. Продуктивность гибридов кукурузы ССКП ККЗ "Кубань" в ООО "МТС "Илишевская" Илишевского района Республики Башкортостан (Южная лесостепная зона) / В. М. Короткин, Р. Б. Нурлыгаянов, Р. Т. Давлетшин [и др.] // Российский электронный научный журнал. – 2022. – № 4(46). – С. 138-155.

15. Патент № 2775655 С1 Российская Федерация, МПК А01G 22/20, С05G 1/00, А01G 7/00. Способ повышения урожайности и качества зеленой массы кукурузы: № 2021134625: заявл. 25.11.2021: опубл. 06.07.2022 / М. Ю. Михайлова, Р. В. Миникаев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

16. Михайлова, М. Ю. Результаты исследований продуктивности и адаптивности гибридов кукурузы ООО «КВС РУС» на серых лесных почвах Республики Татарстан / М. Ю. Михайлова // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2023. – № 2(6). – С. 19-24.

17. Михайлова, М. Ю. Анализ продуктивности и адаптивности гибридов кукурузы ФГБНУ «ВНИИ кукурузы» в почвенно-климатических

условиях Республики Татарстан / М. Ю. Михайлова // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2023. – № 1(5). – С. 34-38.

18. Евдакова, М. В. Фенологические и биометрические показатели гибридов кукурузы различного срока созревания в условиях Орловской области / М. В. Евдакова, Е. В. Митина, С. В. Резвякова // АгроФорум. – 2023. – № 4. – С. 30-31.

19. Мухина, М. Т. Действие пролонгированных микроудобрений на рост и фотосинтетическую активность кукурузы / М. Т. Мухина, Р. А. Боровик, М. Е. Ламмас // Кормопроизводство. – 2021. – № 10. – С. 27-32.

20. Михайлова, М. Ю. Приемы и тенденции возделывания кукурузы на кормовые цели в регионах Российской Федерации / М. Ю. Михайлова // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 1(1). – С. 18-21.

© Михайлова М.Ю., 2023

Сабирова Разина Мавлетгараевна
Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
razina.sabirova.1975@mail.ru

Хисамиева Азалия Фидаилевна
Студент,
hisamieva.az@yandex.ru

Казанский государственный аграрный университет,
Казань

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГОРОХА СОРТА КАБАН

Аннотация. В условиях Предкамья Республики Татарстан в 2023 г были проведены исследования по оценке влияния применения различных эндофитных бактерий на формирование гороха сорта Кабан. Было изучено влияние следующих эндофитных бактерий – *Bacillus velezensis*, *Bacillus subtilis* и их консорциума на биометрические показатели и урожайность гороха. Наилучшие результаты при опрыскивании гороха биопрепаратами показывали варианты - KS-31, 1,0 л/га; KS-38, 1,0 л/га, KS-54, 1,0 л/га и Консорциум, 1,0 л/га. Урожайность гороха по вариантам опыта составило 2,7 - 3,8 тонны с гектара зерна.

Ключевые слова: горох, сорт, эндофитные бактерии, урожайность.

Razina M. Sabirova
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
razina.sabirova.1975@mail.ru

Azaliya F. Hisamieva
Student
hisamieva.az@yandex.ru
Kazan State Agrarian University,
Kazan

THE EFFECTS OF THE USE OF VARIOUS ENDOPHYTIC BACTERIA ON THE FORMATION OF WILD BOAR PEAS

Annotation. In the conditions of the Ancestral Region of the Republic of Tatarstan in 2023, studies were conducted to assess the effect of the use of various endophytic bacteria on the formation of wild Boar peas. The influence of *Bacillus velezensis*, *Bacillus subtilis* and their consortium on biometric indicators and pea yield was studied. The best results when spraying peas with biologics were shown by the variants - KS-31, 1.0 l/ha; KS-38, 1.0 l/ha, KS-54, 1.0 l/ha and Consortium, 1.0 l/ha. The yield of peas according to the experimental version was 2.7 - 3.8 tons per hectare of grain.

Keywords: peas, variety, endophytic bacteria, yield.

Введение. Обеспечение жителей продуктами является основной задачей сельского хозяйства России [1, 2, 3]. Большое значение при этом имеют зернобобовые культуры, в том числе и горох. Горох, являясь ценной продовольственной, кормовой и агротехнической культурой занимает 80% всех площадей зернобобовых культур в стране. В 2023 году его посевные площади составили 1,9 млн. га, что является максимальным показателем с 1993 года [4, 5, 6].

Получение планируемых урожаев полевых культур требует использование современных технологий их возделывания [7, 8, 9].

Для повышения продуктивности полевых культур в последнее десятилетие используются многочисленные препараты, в том числе и биологические [10, 11]. В состав биопрепаратов входят вирусы, грибы, бактерии, способные уничтожить вредные организмы, повысить плодородие почвы и урожайность культур [12, 13, 14]. Применение биопрепаратов приведет к повышению экономической и экологической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и гороха [15, 16, 17].

Ряд исследований последних лет показывают, что одним из наиболее перспективных методов биологической защиты является применение эндофитных бактерий, стимулирующих рост и повышающих иммунитет растений. Наиболее перспективными считаются представители рода *Bacillus* [18, 19, 20].

В связи с этим изучение влияния применения различных эндофитных бактерий на формирование полевых культур, в том числе и современных районированных сортов гороха, является актуальным.

Целью наших исследований являлось изучение влияния применения различных эндофитных бактерий на формирование гороха сорта Кабан.

Условия, материал и методика исследований. В 2023 году, в условиях Предкамской агропроизводственной зоны РТ были проведены полевые исследования. Опытные участки были расположены на территории ООО «Агробиотехнопарк» Казанского ГАУ.

Агрохимические данные почвы показывают, что тип почвы – серо-лесная, среднесуглинистая, содержание основных элементов питания повышенное, показатель кислотности равен - 5,2.

Вегетационные условия в Республике Татарстан в 2023 году были засушливыми. Нехватка осадков и повышенные температурные условия прослеживались в течение вегетации полевых культур, в том числе и гороха.

Методика исследований. На фоне сорта Кабан были изучены различные варианты:

Контроль – без обработки;

Псевдобактерин, 1,0 л/га;

KS-25, 1,0 л/ га;

KS-31, 1,0 л/ га;

KS-38, 1,0 л/ га;

KS-54, 1,0 л/ га;

Консорциум, (штаммы 25+31+54), 1,0 л/ га.

Общая площадь делянки – 25 м², учетной – 20 м². Повторность в опыте – трёхкратная. Под культивацию вносилась азофоска 1,5 ц/га. Посев провели 29 апреля, с нормой высева 1,2 млн. всхожих семян. Уборку осуществили 31 июля. Агротехнология возделывания – общепринятая для зоны Предкамья Республики Татарстан. Расход рабочей жидкости при опрыскивании – 1 л/га. Посев осуществлялся элитными семенами. Предшественник – горчица.

Результаты исследования. Были изучены влияния эндофитных бактерий на поражаемость растений болезнями. По отношению к корневым гнилям хорошие результаты дало внесение консорциума бактерий (1 л/га), их развитие в фазе цветения-роста бобов не наблюдалось, а в фазе лопатки составило 25%, соответственно и распространенность в данном варианте было наименьшей, что составило 40% в среднем за вегетацию.

Консорциум бактерий также хорошо повлиял на снижение пораженности растений ржавчиной, а в фазу лопатки не заболели растения только в данном варианте.

На снижение пораженности растений гороха бледно-пятнистым аскохитозом в фазе лопатки (рост бобов-налив семян) положительно влияли штаммы бактерий KS-31 и KS-38, причем в данных вариантах не было пораженных растений.

Опрыскивание препаратами положительно повлияло на образование сухой массы корней растений гороха. Все показатели были выше (0,3-0,43 г) в сравнении с контрольным вариантом (0,24 г), не учитывая вариант с применением Псевдобактерина (0,15 г), где показатели на 9 г были меньше контроля.

В среднем за вегетацию наибольшая сухая масса надземных частей растений при опрыскивании была в вариантах с применением штаммов KS-31 (14,2 г) и Консорциум (15,43 г), что на 9,3-10,5 г больше в сравнении с контролем без препаратов.

К фазе полной спелости наибольшей высоты достигли растения при опрыскивании посевов препаратами KS-54 (82,7 см), KS-38 (70,5 см) и Консорциум (73,3 см). Данные показатели были на 19,4 см; 7,2 см; 10 см выше в сравнении с контрольным вариантом.

К фазе лопатки в большинстве вариантов наблюдается увеличение длины извлеченных из почвы корней. Особое действие листовых подкормок на корневую систему растений не наблюдается.

При опрыскивании растений препаратами в фазе цветения-роста бобов цветы наблюдается во всех вариантах с доминированием варианта

KS-25. В данной фазе образование бобов гороха, и их численность составляет в среднем 3-4 штук. Наибольшие показатели были получены в вариантах с внесением штаммов KS-31 (7 шт.) и Консорциум (8 шт.) в норме 1 л/га, что на 2,4 и 2,7 штук больше в сравнении с контрольным вариантом. При опрыскивании растений в фазе цветения-начало лопатки хорошие результаты дали: внесение препаратов KS-31, и KS-54, в фазе полной спелости применение KS-31, KS-38, Консорциум.

Наибольшая олиственность растений была при применении штаммов KS-31 и – Консорциум. Наибольшая площадь листьев наблюдалась в вариантах при внесении штаммов KS-31, KS-38, Консорциум.

По содержанию белка в зерне во всех вариантах были получены примерно одинаковые данные. Наибольшие показатели содержания белка в зерне были получены в вариантах KS-54 (23,7%), и Консорциум (23,7%).

Данные по урожайности и структуре урожая представлены в таблице 1.

Таблица 1 –Урожайность и структура урожая гороха сорта Кабан, т/га, 2023 г

Вариант	Урожайность, т/га	Количество растений на кв.м	Количество зерен на растении, шт	Вес зерен на одно растение, гр
Контроль	1,6	74	9,6	2,20
Псевдобактерин	3,6	102	18,7	3,50
KS-25	2,7	103	16,0	2,70
KS-31	3,7	113	19,1	3,25
KS-38	3,8	114	14,5	3,39
KS-54	3,6	105	14,6	3,45
Консорциум	3,6	108	19,7	3,33
НСР	0,13			

Применение биопрепаратов хорошо повлияло и на сохранность растений к уборке, что составило 88,3-95%, на 26,6-33.3 % больше в сравнении с контрольным вариантом. Наибольшие показатели были получены в варианте – KS-38, 1,0 л/га, что составило 95,0 % .

При опрыскивании посевов препаратами высокая урожайность была отмечена на опытных вариантах KS-31, 1,0 л/га; KS-38, 1,0 л/га, что связано с увеличением численности зерен в растении и количества растений к уборке.

Заключение. Наилучшие результаты при опрыскивании гороха биопрепаратами показывают: - варианты KS-31 и KS-38 с нормами 1,0 л/га.

Литература

1. Гарафутдинова, К.Р. 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.
2. Сафин, Р.И. Современное состояние и перспективы развития углеродного земледелия в Республике Татарстан / Р.И. Сафин, А.Р. Валиев, В.А. Колесар // Вестник Казанского ГАУ. – 2021. – Т. 16. – № 3(63). – С. 7-13.
3. Михайлова, М.Ю. Динамика макроэлементов в серой лесной почве под посевами кукурузы на зеленую массу в условиях Предволжья Республики Татарстан при внесении повышенных норм минеральных удобрений / М.Ю. Михайлова, Р.В. Миникаев // – Плодородие. – 2020. – № 3 (144). – С. 12-14.
4. Камалиева, К.А. Оценка комплексных систем применения биопрепаратов на горохе сорта Кабан / К.А. Камалиева, В.А. Колесар. Студенческая наука – аграрному производству // Материалы 77-ой студенческой (региональной) научной конференции. Том 4. Земледелие, растениеводство, агрохимия и животноводство. Лесное хозяйство и экология. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. – С. 73-75.
5. Шарипова, Г.Ф. Эффективность применения удобрений с микроэлементами на различных сортах сои / Г.Ф. Шарипова, В.А. Колесар, Р.И. Сафин // Плодородие. – 2020. – №3 (114). – С. 9-11.
6. Valeria Kolesar, Gulsia Sharipova, Diana Safina, and Radik Safin. Use of foliar fertilizers on soybeans in the Republic of Tatarstan. BIO Web of Conferences 17, 00069 (2020) <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700069>, FIES 2019.
7. Трофимов, Н. В. Методика разделения территории Республики Татарстан на агроландшафтные районы на основе зонирования природно-климатических ее условий / Н. В. Трофимов, С. В. Сочнева, М. В. Панасюк // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № S4-1(55). – С.127-131.
8. Сабирова, Р. М. Эффективность применения гранулированного куриного помета как основного удобрения на серых лесных почвах Республики Татарстан / Р. М. Сабирова, Ф. Ф. Хисамиев, Р. С. Шакиров // Плодородие. – 2020. – № 3(114). – С. 29-32.
9. Сабирова, Р.М. Перспективы возделывания нута в Республики Татарстан / Р.М. Сабирова, Р.Р. Бахтияров, Н.Р. Гатауллин // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 234-240.

10. Сержанов, И.М. Урожайные свойства и качество семян яровой пшеницы в зависимости от фона питания в условиях Республики Татарстан / И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов, А.Р. Сержанова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 2 (53). С. 52-57.
11. Филиппова, Г.С. Агроэкологические аспекты применения химических и биологических средств защиты гороха от болезней и вредителей: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Филиппова Г.С. – Курск, 2008. – 23 с.
12. Зотиков, В.И. Болезни гороха и основные приемы защиты культуры в условиях средней полосы России / В.И. Зотиков, Г.А. Бадурин // Защита и карантин растений. - №5. – 2015. – С. 11-15.
13. Сергеева, С.А. Болезни, передающиеся с семенами гороха / С.А. Сергеева, А.В. Вьюник, И.Н. Порсев // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи. Сборник статей по материалам X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 75-летию Курганской ГСХА имени Т.С. Мальцева / под общей редакцией С.Ф. Сухановой – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. – 487 с.
14. Сафиоллин Ф.Н., Хисматуллин М.М., Сулейманов С.Р., Сочнева С.В. и др. Экономические показатели применения антистрессовых и фитогормонных препаратов на посевах ярового рапса Руян в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан // Финансовый бизнес. 2021. № 6(216). С.78 - 83.
15. Кадырова, Ф.З. Влияние биологически активных препаратов на формирование продуктивности растений гречихи / Ф.З. Кадырова, Л.Р. Климова // Плодородие. – 2020. – № 3 (114). – С 44-47.
16. Сафиоллин, Ф.Н. Экономические показатели применения антистрессовых и фитогормонных препаратов на посевах ярового рапса Руян в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан / Ф.Н. Сафиоллин, М.М. Хисматуллин, С.Р. Сулейманов, С.В. Сочнева [и др.]. // Финансовый бизнес. – 2021. – № 6(216). – С.78 - 83.
17. Berg G. The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. Environ / G. Berg, L. Eberl, A. Hartmann // Microbiol. – 2005. – Vol. 7. – P. 1673-1685. doi: 10.1111/j. 1462-2920.2005.00891.x.
18. Диабанкана, Р. Ж. К. Оценка приемов биологизации земледелия в Республике Татарстан / Р. Ж. К. Диабанкана, Р. М. Сабирова, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 3(3). – С. 26-32. – DOI 10.12737/2782-490X-2022-26-32. – EDN JFCTOQ.
19. Каримова, Л.З. Биологическая защита растений от стрессов / Л.З. Каримова, В.А. Колесар, Р.И. Сафин, Г.К. Хузина. – Казань. – 2020. – 128 с.

20. Пахомова, В.М. Урожайность яровой пшеницы в связи с перекисным окислением липидов при бактеризации *Bacillus Oligonitrophilus* / В.М. Пахомова, А.И. Даминова, А.Ю. Кожевников, И.В. Галияхметов // Рациональное использование природных ресурсов в агроценозах: мат междун. науч.-практ. конф., Симферополь, 12–13 октяб. 2020 г. – Изд.: ООО «Издательство Типография «Ариал». Симферополь, 2020. – С. 61-65.

© Сабирова Р.М., Хисамиева А.Ф., 2023.

Сафин Радик Ильясович¹

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

radiksaf2@mail.ru

Нгуен Хоау Чау²

профессор

e-mail: nhchau.iet@gmail.com

¹*Казанский государственный аграрный университет, Казань*

²*Институт технологий окружающей среды, Вьетнам*

ПЕРСПЕКТИВЫ СОПРЯЖЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ И КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Аннотация. В работе проведен анализ современного состояния и перспектив совместной селекции культурных растений и их полезных микроорганизмов (микробиома). Особое внимание уделено эндофитным бактериям растений как микроорганизмам наиболее тесно связанных с растениями.

Было установлено, что при изучении вклада различных факторов в численность эндофитных бактерий семян у различных по происхождению сортов ярового ячменя, наибольшее влияние оказало место селекции (вклад данного фактора 69%).

С использованием методов выделения суммарной ДНК были установлены различия в бактериальном и грибном микробиоме семян у трех сортов яровой пшеницы.

При изучении реакции различных сортов яровой пшеницы на обработку семян разными штаммами эндофитных бактерий было выявлено, что вклад фактора обработки семян биоагентами в формирование урожая составил 59% (против 12 % вклад сорта), а при опрыскивании 23% (вклад сорта 49%). Аналогичные результаты были получены и на различных сортах гороха. При этом если на яровой пшенице преимущество на всех сорта имел один штамм, то на сортах гороха – разные.

Полученные результаты подтверждают необходимость в развитии совместной селекции генотипов растения и генотипов полезных микроорганизмов (селекция холобионтов).

Ключевые слова: селекция растений, селекция микроорганизмов, сопряженная селекция, эндофитные бактерии, холобионт.

Radik I. Safin¹

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

radiksaf2@mail.ru

Nguyen Hoai Chau²

Professor

e-mail: nhchau.iet@gmail.com

¹Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

²Institute of Environmental Technology – VAST, Vietnam

THE INFLUENCE OF THE APPLICATION OF BIOPESTICIDE BASED ON ENDOPHYTIC BACTERIA ON THE FORMATION OF SPRING WHEAT YIELDS

Abstract. The work analyzes the current state and prospects for joint of crop breeding and selection their beneficial microorganisms (microbiome). Particular attention is paid to endophytic plant bacteria as microorganisms most closely associated with plants.

It was found that when studying the contribution of various factors to the number of endophytic bacteria in seeds of spring barley varieties of different origins, the place of selection had the greatest influence (the contribution of this factor was 69%).

Using methods for isolating total DNA, differences in the bacterial and fungal microbiome of seeds in three varieties of spring wheat were established.

When studying the response of different varieties of spring wheat to seed treatment with different strains of endophytic bacteria, it was revealed that the contribution of the seed treatment factor with bioagents to the yield formation was 59% (versus 12% contribution of the variety), and when sprayed, 23% (contribution of the variety 49%). Similar results were obtained on different pea varieties. Moreover, if on spring wheat one strain had an advantage in all varieties, then on pea varieties it was different.

The results obtained confirm the need for the development of joint breeding of plant genotypes and selection genotypes of beneficial microorganisms (selection of holobionts).

Keywords: plant breeding, selection of microorganisms, conjugate selection, endophytic bacteria, holobiont.

Устойчивое развитие современного сельского хозяйства невозможно без научно-обоснованного использования генетических ресурсов культурных растений [1,2]. Именно поэтому, селекции сельскохозяйственных культур является одним из приоритетных направлений современной аграрной науки и практики [3,4].

В настоящее время, большее количество исследований посвящено анализу взаимодействия растений и комплекса микроорганизмов (микробиома), который с ним связан [5,6,7]. На основе анализа таких отношений, строится стратегия выделения биологических агентов для перспективных биопрепаратов для применения на различных сельскохозяйственных культурах [8,9]. Другим направлением при изучении микробиома растений стала концепция «холобионта» [10,11,12],

согласно которой растение-хозяин и его микробиом образуют единую систему. В связи с этим, в мировой науке стало развиваться такое направление как селекция холобионта [13,14,15], т.е. сопряженный отбор культурного растения и его микробиома.

Среди наиболее важных компонентов микробома растений особое место занимают различные эндофитные микроорганизмы, как наиболее тесно связанные с хозяином [16,17,18]. Имеются сведения о различия между сортами (генотипами) по их эндофитному микробиому [19,20]. Все это позволяет считать именно эндофитные бактерии наиболее удобными объектами в селекции холобионта.

Цель исследований – изучение перспективы сопряженной селекции различных генотипов растений и их эндофитных микроорганизмов.

Условия, материалы и методы исследований. Исследования проводились на различных сортах ярового ячменя, яровой пшеницы и гороха. Полевые опыты проводились на базе Агробиотехнопарка (АБТ) Казанского ГАУ в 2022 году, благоприятного по увлажнению. Лабораторные исследования в Центре агроэкологических исследований (ЦАИ) ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ». Для статистической обработки данных использовались дисперсионные и факторный анализы.

Результаты опытов и их обсуждение. Для оценки зависимости численности эндофитных бактерий семян от места происхождения (селекции) изучались 30 сортов ярового ячменя, разделенные на три группы – сорта европейской селекции (Германия, Франция, Белоруссия), сорта российской селекции (европейский лесной экотип) и сорта селекции Республики Татарстан (европейский лесостепной экотип). Все сорта выращивались в одинаковых условиях и с использованием одной агротехнологии. В результате анализов, определялось среднее число (нагрузка) эндофитных бактерий на одно семя. Полученные результаты обрабатывались с использованием двухфакторного дисперсионного анализа, где одним из главных факторов было место селекции, а другим – сорт. В результате анализов было установлено, что вклад в дисперсию показателя нагрузки эндофитных бактерий для места селекции составил 69%, а сорта – 27%. Полученные результаты подтверждают возникновение устойчивого холобионта еще на этапе селекционного процесса в селекционном центре и сохранение таких особенностей даже при перемещении генотипа растений в другие экологические условия.

С целью проверки различий между генотипами растений по их микробиому был проведен анализ содержания суммарной ДНК бактерий и грибов в семенах трех сортов яровой пшеницы одного европейского лесостепного экотипа – Йолдыз, Бурлак и Ульяновская -105 (табл. 1).

Результаты оценки показали, что между сортами яровой пшеницы отмечается достоверная разница по показателю содержания тотальной ДНК микромицетов, тогда как по бактериальной микрофлоре резко выделялся только сорт Йолдыз. Полученные данные подтверждают

сортовые различия по заселенности семян микроорганизмов даже в пределах одного экотипа сортов яровой пшеницы.

Таблица 1 – Содержание тотальной ДНК микроорганизмов в семенах яровой пшеницы различных сортов (пг/нг тотальной ДНК), $\times 10^{-7}$ 2022 г.

Сорт	Бактерии	Микромицеты
Йолдыз	19,82±5,86	38,8±1,01
Бурлак	3,93±0,94	28,9±4,97
Ульяновская-105	4,11±0,71	46,5±3,52

Практическое использование эндофитных микроорганизмов возможно или при обработке семян или при опрыскивании растений. В связи с этим, возникла необходимость в оценке значимости сортовых различий на интродукции различных штаммов эндофитных бактерий. Для данных целей использовали штаммы 4 штамма эндофитных бактерий, выделенных из семян зерновых культур, которые относились к видам *Bacillus velezensis* (KS25AU, KS31AU) и *Bacillus subtilis* (KS54AU, KS38AU). Для оценки взаимодействия сорт \times штамм в качестве показателей использовали урожайность. В качестве объектов исследований использовали сорта яровой пшеницы (Йолдыз, Бурлак и Ульяновская - 105) и сорта гороха (Салават, Кулон, Кабан). Полученные данные обрабатывали с использованием двухфакторного дисперсионного анализа и определяли вклад различных факторов в дисперсию урожайности (табл. 2).

Таблица 2 – Вклад различных факторов в дисперсию урожайности, % 2022 г

Культура	Сорт	Штамм бактерии	Прочие
Обработка семян			
Яровая пшеница	17	59	24
Горох	27	69	4
Обработка растений			
Яровая пшеница	49	23	28
Горох	41	24	35

Полученные результаты показали, что наиболее значимый вклад использования штаммов эндофитных бактерий был при обработке ими семян пшеницы и гороха, тогда как при опрыскивании роль сорта была доминирующей. Полученные результаты показали, что при использовании в качестве агента эндофитов семян, наиболее оптимальным является их применение также для обработки семенного материала, что необходимо учитывать в селекции холобионта.

При рассмотрении результатов по отдельным штаммам изучаемых бактерий, было установлено, что здесь существуют различия между культурами. Для яровой пшеницы на всех сортах преимущество имел штамм KS25AU, а на горохе у каждого сорта лучшие результаты показали разные штаммы (у сорта Салават – KS25AU, Кулон – KS31AU, Кабан – KS54AU).

Выводы. Между генотипами зерновых культур имеются отличия по численности эндофитной микрофлоры, причем отличия в том числе связаны с местом селекции (происхождением). Для эндофитных бактерий, полученных из семян и первичных корней, наиболее тесная связь с продуктивностью растений проявляется при обработке семян, чем при опрыскивании. При сопряженной селекции необходимо учитывать различия между сельскохозяйственными культурами и их генотипами по реакции на различные штаммы эндофитных бактерий.

Полученные результаты подтверждают необходимость в развитии совместной селекции генотипов растения и генотипов полезных микроорганизмов (селекция холобионтов).

Работа выполнена в рамках реализации проекта «Генетическая технология селекции микроорганизмов и конструирования консорциумов на их основе для создания биопрепаратов в растениеводстве» (уникальный идентификатор контракта RF-1930.61321X0001)

Литература

1. Дмитриев, А. А. Секвенирование геномов растений: современные технологии и новые возможности для селекции / А. А. Дмитриев, Е. Н. Пушкова, Н. В. Мельникова // Молекулярная биология. – 2022. – Т. 56, № 4. – С. 531-545. – DOI 10.31857/S0026898422040048.

2. Хлесткина, Е. К. Генетические ресурсы растений: стратегия сохранения и использования / Е. К. Хлесткина, И. Г. Чухина // Вестник Российской академии наук. – 2020. – Т. 90, № 6. – С. 522-527. – DOI 10.31857/S0869587320060043.

3. Направления адаптивной системы селекции растений / Н. В. Репко, Д. А. Мальцева, К. В. Шепелев [и др.] // Современные научные исследования и разработки. – 2019. – № 1(30). – С. 895-898.

4. Гончаров, Н. П. Селекция растений - основа продовольственной безопасности России / Н. П. Гончаров, В. М. Косолапов // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 361-366. – DOI 10.18699/VJ21.039.

5. Специфика растительно-микробных комплексов при антропогенном загрязнении почвы (обзор) / Л. И. Домрачева, С. Г. Скугорева, А. Л. Ковина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 14-25. – DOI 10.25750/1995-4301-2022-3-014-025.

6. Оценка влияния удобрений на микробиом яблони методом днк-метабаркодинга / П. А. Зайцев, А. И. Кузин, Б. М. Шурыгин [и др.] //

Российские нанотехнологии. – 2023. – Т. 18, № 3. – С. 416-423. – DOI 10.56304/S1992722323030159.

7. Абрамова, А. А. Оценка количественных изменений в микробиоме почвы и растений яровой пшеницы на ранних стадиях ее развития при обработке биопрепаратами в полевых опытах 2020 и 2021 годов / А. А. Абрамова, Г. Х. Шаймуллина // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 3(3). – С. 6-11. – DOI 10.12737/2782-490X-2022-6-11.

8. Амиров, М.Ф. Влияние различных биологических агентов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях серых лесных почв Предкамья РТ / М. Ф. Амиров, И. М. Сержанов, Р. И. Гараев, П. Г. Семенов // Воспризводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях: Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, Казань, 17 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 80-87.

9. Низамов, Р. М. Эффективность применения биопрепаратов при возделывании ярового рапса на маслосемена в климатических условиях Предкамья в Республике Татарстан / Р. М. Низамов, С. Р. Сулейманов // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1(12). – С. 38-45.

10. Проворов, Н. А. Сельскохозяйственная микробиология и симбиогенетика: синтез классических идей и конструирование высокопродуктивных агроценозов (обзор) / Н. А. Проворов, И. А. Тихонович // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57, № 5. – С. 821-831. – DOI 10.15389/agrobiology.2022.5.821rus.

11. Проворов, Н. А. Симбиогенетика и симбиогенез: молекулярные и экологические основы интегративной эволюции / Н. А. Проворов, И. А. Тихонович // Генетика. – 2023. – Т. 59, № 2. – С. 135-146. – DOI 10.31857/S0016675823020091.

12. Проворов, Н. А. Симбиозы прокариот и эукариот: от взаимодействия генов к объединению геномов / Н. А. Проворов // Биомика. – 2022. – Т. 14, № 3. – С. 248-257. – DOI 10.31301/2221-6197.bmcs.2022-21.

13. Microbe-assisted crop improvement: a sustainable weapon to restore holobiont functionality and resilience/ M/ Sandrini, L. Moffa, R. Velasco et al. //Horticulture Research / Volume 9, 2022, uhac160, doi.org/10.1093/hr/uhac160

14. Mesny, F. Co-evolution within the plant holobiont drives host performance // EMBO reports. 2023. – №24: e57455

15. Галиева, Г. Ш. Растительный микробиом: происхождение, состав и функции / Г. Ш. Галиева, П. Ю. Галицкая, С. Ю. Селивановская // Ученые

записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2023. – Т. 165, № 2. – С. 231-262. – DOI 10.26907/2542-064X.2023.2.231-262.

16. Эндوفитные бактерии – перспективный ресурс для создания новых микробиологических препаратов для защиты и питания растений / В. К. Чеботарь, М. С. Ганчева, Е. П. Чижевская [и др.] // Растения и микроорганизмы: биотехнология будущего: Сборник тезисов докладов PLAMIC2022, Санкт-Петербург, 03–08 октября 2022 года. – Санкт-Петербург: Автономная некоммерческая организация содействия научному развитию «Растения и Центр поддержки академических инициатив», 2022. – С. 232.

17. Ласточкина, О. В. Механизмы ростстимулирующего и защитного действия эндوفитных RGP-бактерий в растениях пшеницы при воздействии засухи (обзор) / О. В. Ласточкина, Ч. Р. Аллагулова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2023. – Т. 59, № 1. – С. 17-37. – DOI 10.31857/S0555109923010038.

18. Якупова, А. И. Влияние эндوفитных бактерий *Bacillus subtilis* на рост растений мягкой яровой пшеницы в условиях комбинированного воздействия гербицидов и засухи / А. И. Якупова, Ю. М. Сотникова, О. В. Ласточкина // Исследования молодых ученых в биологии и экологии - 2022: Сборник научных статей III Международной научной конференции, Саратов, 18–22 апреля 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 132-133.

19. Культивируемые эндوفитные бактерии стеблей и листьев гороха посевного (*Pisum sativum* L.) / Е. Н. Васильева, Г. А. Ахтемова, А. М. Афонин [и др.] // Экологическая генетика. – 2020. – Т. 18, № 2. – С. 169-184. – DOI 10.17816/ecogen17915.

20. Оценка различных сортов ячменя по эндوفитной микрофлоре семян / Д. С. Афанасьева, А. А. Абрамова, П. А. Дмитриева [и др.] // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 1(1). – С. 12-17. – DOI 10.12737/-2022-1-1-12-17.

© Сафин Р.И., Нгуен Хоаи Чау, 2023

Сулейманов Салават Разяпович

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

dusai@mail.ru

Сафиоллин Фаик Набиевич

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

faik1948@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, Казань

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ “КОМПЛЕМЕТ РАПС” НА ЯРОВОМ РАПСЕ В ПОЧВЕННО- КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Аннотация. В данной научной статье представлены результаты по изучению влияния различных доз внесения комплексного удобрения КомплеМет Рапс на структуру урожая, урожайность, содержание сырого жира и валовые сборы растительного масла ярового рапса. По результатам полевых опытов было установлено, что наиболее эффективной дозой внесения препарата является 2,0 л/га.

Ключевые слова: рапс, КомплеМет рапс, масличность, урожайность, комплексное удобрение.

Salavat R. Suleymanov

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

dusai@mail.ru

Faik N. Safiollin

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

faik1948@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE COMPLEX FERTILIZER “COMPLEMET RAPESEED” ON SPRING RAPESEED IN THE SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Annotation. This scientific article presents the results of studying the effect of various doses of the complex fertilizer CompleMet Rapeseed on the crop structure, yield, crude fat content and gross yields of vegetable oil of spring rapeseed. According to the results of field experiments, it was found that the most effective dose of the drug is 2.0 l / ha.

Keywords: rapeseed, rapeseed complement, oil content, yield, complex fertilizer.

Введение. Комплексные жидкие удобрения с микроэлементами – это специально подобранные составы для подкормки сельскохозяйственных культур [1, 2, 3].

Подобные средства содержат микроэлементы, макроэлементы, другие полезные вещества, необходимые для роста и развития растений. Комплексные удобрения с микроэлементами также применяются для предпосевной обработки семян, устранения стресса, который может возникать после пестицидных обработок, действия неблагоприятных факторов среды [4, 5, 6].

На российском рынке комплексные жидкие удобрения с микроэлементами представлены в большом ассортименте [7, 8, 9].

Одной из эффективных считается оргонохелатная форма комплексных жидких удобрений с микроэлементами. Она дает высокую усвояемость полезных веществ, не вредит почве и решает различные задачи, связанные с подкормкой растений и повышением их защитных свойств [10, 11, 12]. В связи с вышесказанным, целью наших исследований стало оценка эффективности применения комплексного удобрения КомлеМет Рапс на посевах ярового рапса.

Условия и методика проведения исследований. Полевые опыты в 2023 г. проводились на базе Агробиотехнопарка, а лабораторные анализы – в Центре агроэкологических исследований Казанского ГАУ. Посев полевых опытов был произведен 18 мая 2023 года. Уборка осуществлена 29 августа 2023 года. В опытах изучено действие комплексного удобрения КомплеМет марки: Рапс на яровом рапсе.

Таблица 1 – Характеристика препарата КомплеМет марки: Рапс

Наименование показателя	Содержание элементов, г/л (г/дм ³)
N _{общ} , не менее	1,0
P ₂ O ₅ , не менее	83
K ₂ O, не менее	57
SO ₄ , не менее	35
Mn*	20
Cu*	2,0
Zn*	12
B*	7,0
Mo*	0,15
Co*	0,06
Плотность, г/см ³	1,19-1,29
Водородный показатель, pH	7,0-9,5
<i>Примечание:</i>	
<i>* – Допускается отклонение от содержания данных элементов в пределах 10 %</i>	

Полевые опыты проводились на типичных серых лесных почвах со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса по

Тюрину 3,0%, подвижного фосфора очень высокое (> 250 мг/кг) и обменного калия - повышенное (145 мг/кг по Кирсанову). Реакция почвенной среды была близка к нейтральной (рН 6,6).

Таблица 2 – Метеоданные за вегетационный период 2023 г.

Месяцы	Температура, °С			Осадки		
	факт.	норма	отклонение от нормы	факт.	норма	%
Май	11,63			33,27		
	15,79			0		
	20,65			13,52		
	+16,02	+14,0	+2,02	46,79	38	123,1
Июнь	16,05			5,22		
	15,55			0,29		
	17,23			0,57		
	+16,28	+18,3	-2,02	6,08	57	10,7
Июль	23,88			0,29		
	18,91			8,12		
	21,65			24,66		
	+21,48	+20,5	+0,98	33,07	62	53,3
Август	23,35			0		
	22,72			8,4		
	14,37			12,04		
	+20,15	+18,0	+2,15	20,44	55	37,2
Сентябрь	15,40			0,84		
	13,82			0		
	15,58			0		
	+14,93	+12,3	+2,63	0,84	50	1,68
За вегетацию	17,77	16,62	+1,15	107,22	262	40,9

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2023 г. отличались от среднемноголетних показателей. Температура воздуха в мае, июле и августе была выше среднемноголетних данных. Что касается осадков, то в мае выпало 46,79 мм осадков, что выше среднемноголетних на 23 %, июнь был засушливым (6 мм осадков, что составляет 10 % от нормы), в июле и августе - 53 и 37 % соответственно от нормы.

Но, несмотря на незначительное количество осадков в июне, урожайность ярового рапса в опытных делянках не уступала данным предыдущих лет. Это объясняется тем, что запасов влаги, накопленной при снеготаянии и в результате обильных осадков в мае, хватило для интенсивного роста и развития ярового рапса в июне. Кроме того, температура воздуха в этот месяц была ниже на 2 градуса по сравнению

со среднемноголетними данными. В критический период потребления воды ярового рапса (в июле выпало 33 мм осадков, что способствовало формированию высокопродуктивного агроценоза изучаемой культуры). В то же время стоит отметить, что несмотря на незначительное количество осадков по месяцам, влажность воздуха сохранялась на уровне среднемноголетних данных, данный фактор положительно сказался на росте и развитии ярового рапса.

Схема опыта.

1. Контроль. Фон NPK.

2. Фон NPK + Удобрение комплексное КомплеМет марка: Рапс. Некорневая подкормка растений: 1-я – в фазе стеблевания, 2-я – в фазе бутони-зации, расход агрохимиката – 1,0 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га.

3. Фон NPK + Удобрение комплексное КомплеМет марка: Рапс. Некорневая подкормка растений: 1-я – в фазе стеблевания, 2-я – в фазе бутони-зации, расход агрохимиката – 1,5 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га.

4. Фон NPK + Удобрение комплексное КомплеМет марка: Рапс. Некорневая подкормка растений: 1-я – в фазе стеблевания, 2-я – в фазе бутони-зации, расход агрохимиката – 2,0 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га.

Листовая подкормка изучаемым препаратом была проведена 2-хкратно:

- 1 –я в фазу стеблевания – 20.06.2023 г.

- 2 –я в фазу бутонизации – 05.07.2023 г.

Климатические условия 20.06.2023 г.: температура воздуха 16,0°C, влажность воздуха 71,4%

Климатические условия 05.07.2023 г.: температура воздуха 23,85 °C, влажность воздуха 57,69%

Результаты исследований и их обсуждение. Решающим фактором формирования как биологического, так и фактического урожая являются количество стручков, количество семян в стручке и масса 1000 семян [13, 14, 15] (табл.3).

Все дозы внесения изучаемого комплексного удобрения КомплеМет Рапс, показали высокую эффективность в стручкообразовании ярового рапса, поскольку количество продуктивных стручков увеличивается от 80 шт./растение на контроле до 87 на варианте КомплеМет Рапс, 2,0 л/га, что на 9,0 % выше контроля (достаточно высокая прибавка).

Высокая отзывчивость ярового рапса на листовую подкормку этим препаратом объясняется тем, что на серых лесных почвах содержание азота и микроэлементов было недостаточное. Кроме того, серые лесные почвы Республики Татарстан характеризуются низким содержанием микроэлементов и меди.

Количество семян в каждом стручке оказалось выше на всех вариантах опыта с применением препарата КомплеМет Рапс. Так, самым большим (16 шт.) количеством семян в стручке отличался на последний вариант опыта (доза внесения 2,0 л/га). Анализируемый показатель выше контрольного варианта на 14 процентов.

Таблица 3 – Структура урожая ярового рапса. Биологическая урожайность по вариантам опыта

Вариант	Количество стручков, шт./раст.	Кол-во семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г	Масса семян с 1 растения, г	Биологическая урожайность, т/га
Контроль. Фон NPK	80	14	4,00	4,48	2,24
Фон NPK + некорневая подкормка КомплеМет марка: Рапс, 1 л/га (в фазе стеблевания и бутонизации)	82	15	4,07	5,00	2,47
Фон NPK + некорневая подкормка КомплеМет марка: Рапс, 1,5 л/га (в фазе стеблевания и бутонизации)	84	16	4,10	5,51	2,78
Фон NPK + некорневая подкормка КомплеМет марка: Рапс, 2,0 л/га (в фазе стеблевания и бутонизации)	87	16	4,12	5,73	2,86
НСР	1,4	0,8	0,04	0,18	

Яровой рапс в полевых опытах показал высокую отзывчивость на листовую подкормку комплексным удобрением КомплеМет марка: Рапс, в частности, это отразилось и на увеличении массы 1000 семян, которая повышалась от 4 гр. на контрольном варианте до 4,12 г. на варианте Фон NPK + некорневая подкормка КомплеМет марка: Рапс, 2,0 л/га (в фазе стеблевания и бутонизации).

Самым слабым звеном в производстве рапсового масличного сырья является потеря биологического урожая в силу следующих причин:

1. Высокая склонность стручков этой культуры к растрескиванию от легкого прикосновения как механического (мотовило комбайна) или же естественного происхождения (осадки, сильные ветры и др.).

2. Семена этой культуры очень мелкие (от 4,5 до 5,7 г 1000 семян) и сыпучие. В связи с этим, у современных комбайнов остается более 40 точек потерь урожая [16, 17, 18].

Несмотря на тщательную предуборочную герметизацию селекционного комбайна «Террион» в зависимости от вариантов опыта потери биологического урожая составили от 0,23 до 0,34 т/га.

Таблица 4 – Величина потерь биологической урожайности ярового рапса по вариантам опыта

Вариант опыта	Валовой сбор товарного масличного сырья, т/га	Потери биологической урожайности	
		т/га	%
Контроль. Фон NPK.	2,01	0,23	10
Фон NPK + некорневая подкормка КомплеМет марка: Рапс, 1 л/га (в фазе стеблевания и бутонизации)	2,20	0,27	10,8
Фон NPK + некорневая подкормка КомплеМет марка: Рапс, 1,5 л/га (в фазе стеблевания и бутонизации)	2,46	0,32	11,5
Фон NPK + некорневая подкормка КомплеМет марка: Рапс, 2,0 л/га (в фазе стеблевания и бутонизации)	2,52	0,34	11,6
HCP ₀₅	0,21		

Анализ снижения биологической урожайности показывает четкую закономерность, которая выражается устойчивой зависимостью между двумя анализируемыми величинами: чем выше биологическая урожайность, тем больше ее потери. Так, на самых лучших 3-ем и 4-ом вариантах опыта с каждого гектара недобор масличного сырья составил 0,32 и 0,34 т/га (весьма существенные потери). Тем не менее, прибавка фактической урожайности ярового рапса от листовой подкормки КомплеМет Рапс составила от 0,19 до 0,51 т/га рапсового масличного сырья. Следовательно, изучаемый препарат имеет большую перспективу расширения площадей обработки.

Самым важным и конечным показателем целесообразности применения агрохимикатов в технологии возделывания ярового рапса является валовой сбор растительного масла, ради которого он возделывается.

Как показывают результаты полевых и лабораторных исследований валовой сбор растительного масла зависит от двух показателей:

- урожайность масличного сырья;

- содержание сырого жира в рапсовом масличном сырье [19, 20].

Минеральные удобрения являются одним из основных факторов формирования урожая крестоцветных масличных культур, так как по сравнению с другими культурами, в том числе и рапс, особо требователен к режиму питания. На формирование 1 т урожая маслосемян рапс расходует 50-60 кг азота, 25-35 кг фосфора, что в 2 раза больше, чем зерновые культуры, а также в 3-5 раз больше калия (40-60 кг), кальция, магния, бора и серы.

В связи с вышесказанным, 2-х кратная дополнительная листовая подкормка комплексным удобрением КомплеМет марки Рапс содержащим основных макро и микроэлементов оказала существенное влияние на содержание сырого жира в семенах ярового рапса и валовой сбор растительного масла с единицы площади (табл. 5).

Таблица 5 – Содержание сырого жира и валовой сбор рапсового растительного масла

Вариант	Содержание сырого жира, %	Валовой сбор растительного масла, кг/га	Прибавка	
			кг/га	%
Контроль. Фон NPK.	39,53	794,55	-	-
Фон NPK + некорневая подкормка КомплеМет марка: Рапс, 1 л/га (в фазе стеблевания и бутонизации)	41,55	914,10	119,55	15,0
Фон NPK + некорневая подкормка КомплеМет марка: Рапс, 1,5 л/га (в фазе стеблевания и бутонизации)	41,55	1022,13	227,58	28,6
Фон NPK + некорневая подкормка КомплеМет марка: Рапс, 2,0 л/га (в фазе стеблевания и бутонизации)	41,96	1057,39	262,84	33,0

Результаты исследований показывают, что 2-х кратное опрыскивание комплексным удобрением КомплеМет Рапс способствовало в целом от 39,53 на контроле до 41,96 % на последнем варианте опыта. Однако, масличность семян при дозе внесения изучаемого препарата 1,0 и 1,5 л/га была одинаковой (41,55%), в отличие от варианта 2,0 л/га. В результате сбор растительного масла составил 1057,39 кг/га, что выше контроля на 262,84 кг/га (прибавка 33%).

Заключение. Позитивные изменения в плотности стеблестоя, продуктивном ветвлении, стручкообразовании, количестве семян в стручке и их массе, которые произошли под влиянием двукратной листовой подкормки ярового рапса КомплеМет Рапс из расчета 2,0 л/га

обеспечили получение 2,52 т/га масличного сырья, что выше контроля на 25,54%.

Литература

1. Сафиоллин Ф. Н. Вахитов Р. К. Масличные культуры. Казань: Матбугат йорты, 2000. 272 с.

2. Сафиоллин Ф. Н. Рапс в лесостепи Поволжья. Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та, 2008. 406 с.

3. Файзрахманов Д. И., Сафиоллин Ф. Н., Низамов Р. М. 62 полезных совета по технологии возделывания масличных культур. Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2013. – 68 с.

4. Габбасов, И. И. Влияние удобрений марки Изагри на ростовые процессы и продуктивность ярового рапса / И. И. Габбасов, Р. М. Низамов, С. Р. Сулейманов // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 5. – С. 34-38. – DOI 10.24411/0235-2451-2019-10508.

5. Яровой рапс – перспективная культура для развития агропромышленного комплекса Красноярского края / Е. Н. Олейникова, М. А. Янова, Н. И. Пыжикова и др. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (142). С. 74–80.

6. Нурлыгаянов Р. Б. Яровой рапс поддерживает земледельцев // Аграрная тема. 2012. № 10 (39). С. 43.

7. Цыбулько Н. Н., Пунченко С. С. Эффективность применения дифференцированных доз минеральных удобрений под яровой рапс на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени эродированности // Почвоведение и агрохимия. 2015. № 1 (54). С. 189–200.

8. Интенсификация технологии возделывания ярового рапса на маслосемена / С. В. Гольцман, Т. В. Горбачева, Н. А. Рендов и др. // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (17). С. 12–14.

9. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake / M. Halpern, U. Yermiyahu, A. Bar-Tal etc. // Advances in Agronomy. 2015. Т. 130. С. 141–174.

10. Plant bioregulators for sustainable agriculture: integrating red signaling as a possible unifying mechanism / A. K. Srivastava, P. Suprasanna, R. Pasala etc. // Advances in Agronomy. 2016. Т. 137. S. 237–278.

11. Антистрессовые и фитогормонные препараты в технологии возделывания ярового рапса на серых лесных почвах Республики Татарстан / Д. Г. Гатауллин, Ф. Н. Сафиоллин, Г. С. Миннуллин [и др.] // Агрохимический вестник. – 2021. – № 2. – С. 45-49. – DOI 10.24412/1029-2551-2021-2-009.

12. The influence of spring barley extracts on pseudomonas putida PCL1760 / R.I. Safin, L.Z. Karimova, F.N. Safiollin etc. // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 91. S. 185–193.

13. Modern Biological Products and Growth Stimulators in the Technology of Cultivation of Sunflower for Oilseeds / R. M. Nizamov, F. N. Safiollin, M. M. Khismatullin etc. // International journal of advanced biotechnology and research. 2019. Т. 10. № 1. С. 341–347.

14. Особенности влияния некорневой подкормки жидкими удобрениями на минеральное питание, урожайность и качество семян озимой пшеницы / И. Х. Вафин, Р. И. Сафин, Р. В. Миникаев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 18, № 2(70). – С. 13-18. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-13-18.

15. Влияние некорневых подкормок различными жидкими удобрениями на развитие болезней и продуктивность озимой пшеницы / Р. И. Сафин, Р. М. Низамов, Г. С. Миннуллин, И. Х. Вафин // Вестник Курганской ГСХА. – 2023. – № 2(46). – С. 42-48.

16. Романов, Н. В. Изменение структуры урожая ярового рапса под влиянием удобрений / Н. В. Романов, М. Ю. Гилязов // Воспризводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях: Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, Казань, 17 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 163-167.

17. Осипова, Р. А. Влияние загрязнения серой лесной почвы нефтью на поражаемость ярового рапса альтернариозом / Р. А. Осипова, М. Ю. Гилязов // Воспризводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях: Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, Казань, 17 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 273-277.

18. Романов, Н. В. Действие биологических и минеральных удобрений на продуктивность ярового рапса в условиях серой лесной почвы / Н. В. Романов, М. Ю. Гилязов, И. М. Сержанов // Актуальные вопросы использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования: СБОРНИК ТРУДОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ (НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ КАФЕДРЫ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ КАЗАНСКОГО ГАУ, Казань, 21 апреля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 91-97.

19. Миникаев, Р. В. Применение минеральных удобрений и урожайность зерновых культур в условиях Предволжья Республики Татарстан / Р. В. Миникаев, Ф. Ш. Фасхутдинов // Эволюция и деградация почвенного покрова: Сборник научных статей по материалам VI Международной научной конференции, Ставрополь, 19–22 сентября 2022 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2022. – С. 135-137.

20. Современное состояние зернового производства в Российской Федерации / Д. И. Файзрахманов, А. Р. Валиев, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 2(62). – С. 138-142. – DOI 10.12737/2073-0462-2021-138-142.

© Сулейманов С. Р., Сафиоллин Ф. Н., 2023

УДК 633.854.78: 579.64

Сулейманов Салават Разяпович

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

dusai@mail.ru

Сафиоллин Фаик Набиевич

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

faik1948@mail.ru

Арсланов Айнур Ильнурович

Аспирант 3 курса

ainur_a_9707@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет,

Казань

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ШТАММОВ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ГИБРИДАХ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Аннотация. В данной научной статье представлены результаты по изучению влияния различных штаммов эндофитных бактерий (*Bacillus velezensis*, *Bacillus subtilis*) на высоту растений, содержание сырого жира и валовые сборы растительного масла гибридов подсолнечника Таллиман, Волкано и Дая. По результатам полевых опытов было установлено, что наиболее эффективными являются биопрепараты на основе штамма KS54 и консорциума микроорганизмов.

Ключевые слова: эндофитные бактерии, подсолнечник, гибриды, масличность, валовой сбор растительного масла, сырой жир.

Salavat R. Suleymanov

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

dusai@mail.ru

Faik N. Safiollin

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

faik1948@mail.ru

Ainur I. Arslanov

3rd year graduate student

Kazan State Agrarian University, Kazan

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF PROMISING STRAINS OF ENDOPHYTIC BACTERIA ON VARIOUS SUNFLOWER HYBRIDS

Annotation. This scientific article presents the results of studying the effect of various strains of endophytic bacteria (*Bacillus velezensis*, *Bacillus subtilis*) on plant height, crude fat content and fat collections of vegetable oil of sunflower hybrids Tallisman, Volcano and Daya. According to the results of

field experiments, it was found that the most effective are biologics based on the KS54 strain and a consortium of microorganisms.

Keywords: endophytic bacteria, sunflower, hybrids, oil content, gross harvest of vegetable oil, crude fat.

Введение. Несмотря на высокую эффективность в подавлении численности вредных организмов, химические пестициды одновременно влияют на полезные нецелевые объекты, вызывают развитие резистентности у фитофагов и фитопатогенов, что приводит к нежелательному увеличению норм расхода пестицидов [1, 2, 3]. Постепенное накопление синтетических химических средств защиты растений в почве, водоемах, растительной продукции отрицательно влияет на здоровье человека и животных [4, 5, 6]. Экологически безопасной альтернативой химическим пестицидам служат биологические препараты, созданные на основе природных микробных агентов регуляции численности фитофагов и фитопатогенов [7, 8, 9].

В связи с вышесказанным, целью наших исследований стала оценка эффективности перспективных штаммов эндофитных бактерий на различных гибридах подсолнечника.

Условия и методика проведения исследований. Полевые опыты в 2023 г. проводились на базе Агробиотехнопарка, а лабораторные анализы – в Центре агроэкологических исследований Казанского ГАУ. Посев полевых опытов был произведен 3 мая 2023 года. Отбор растительных образцов для структурного анализа осуществлен 29 сентября 2023 г. Изучение штаммов эндофитных бактерий было проведено на гибридах подсолнечника Таллиман, Волкано и Дая.

Схема опыта:

1. Контроль – без обработки.
2. Стандартный биопрепарат (PS-17) 1,0 л/га.
3. KS-25 некорневая подкормка 1,0 л/га (*Bacillus velezensis*).
4. KS-31 некорневая подкормка 1,0 л/га (*Bacillus velezensis*).
5. KS-38 некорневая подкормка 1,0 л/га (*Bacillus subtilis*).
6. KS-54 некорневая подкормка 1,0 л/га (*Bacillus subtilis*).
7. Консорциум некорневая подкормка, 1,0 л/га

Исследования выполнены в рамках программы «Генетическая технология селекции микроорганизмов и конструирования консорциумов на их основе для создания биопрепаратов в растениеводстве» (грант RF - 1930.6/321X001).

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

Таблица 1 – Метеоданные за вегетационный период 2023 г.

	Температура, °С			Осадки		
	факт.	норма	отклонение от нормы	факт.	норма	%
Май	11,63			33,27		
	15,79			0		
	20,65			13,52		
	+16,02	+14,0	+2,02	46,79	38	123,1
Июнь	16,05			5,22		
	15,55			0,29		
	17,23			0,57		
	+16,28	+18,3	-2,02	6,08	57	10,7
Июль	23,88			0,29		
	18,91			8,12		
	21,65			24,66		
	+21,48	+20,5	+0,98	33,07	62	53,3
Август	23,35			0		
	22,72			8,4		
	14,37			12,04		
	+20,15	+18,0	+2,15	20,44	55	37,2
Сентябрь	15,40			0,84		
	13,82			0		
	15,58			0		
	+14,93	+12,3	+2,63	0,84	50	1,68
За вегетацию	17,77	16,62	+1,15	107,22	262	40,9

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2023 г. отличались от среднемноголетних показателей. Температура воздуха в мае, июле и августе была выше среднемноголетних данных. Что касается осадков, то в мае выпало 46,79 мм осадков, что выше средней нормы на 23 %, в июне выпало всего лишь 6 мм, что ниже на 90% среднемноголетних показателей, в июле и августе - 53 и 37 % соответственно от нормы.

Результаты исследований и их обсуждение. Высота растений, прежде всего, зависит от биологических особенностей гибридов подсолнечника и применяемых препаратов (табл.2). Из-за засушливых условий вегетационного периода 2023 г. растения в полевых опытах были невысокими. В зависимости от гибридов и применяемых биопрепаратов высота растений колебалась от 118 до 137 см. Стоит отметить что в более благоприятных условиях вегетационного периода 2022 г. высота растений подсолнечника варьировала от 146 до 185 см.

На контроле в зависимости от биологических особенностей изучаемых трех гибридов высота растений менялась от 118 (гибрид Воллкан) до 125 см (гибрид Талисман) - разница 7 см. На всех вариантах,

по биологическим особенностям наиболее высокорослым оказался гибрид Таллиман, минимальная высота была у гибрида Воллкано, а гибрид подсолнечника Дая занимал промежуточное положение.

Таблица 2 – Влияние штаммов эндофитных бактерий на высоту растений подсолнечника, см

№п /п	Вариант опыта	Таллиман	Воллкано КЛП	Дая
1	Контроль – без обработки	125	118	120
2	Стандартный биопрепарат, 1,0 л/га	135	124	128
3	KS-25 некорневая подкормка 1,0 л/га.	127	122	125
4	KS-31 некорневая подкормка 1,0 л/га.	128	122	125
5	KS-38 некорневая подкормка 1,0 л/га.	128	123	126
6	KS-54 некорневая подкормка 1,0 л/га.	132	124	128
7	Консорциум некорневая подкормка, 1,0 л/га	137	130	134
	HCP ₀₅	2,4	2,2	2,5

Все изучаемые штаммы положительно повлияли на высоту изучаемых гибридов. Так, по всем гибридам максимальная высота растений была на варианте некорневой подкормки консорциумом микроорганизмов. На данном варианте прибавка по сравнению с контролем у гибрида Таллиман составила 9,6 %, у гибрида Воллкано 10,1, у гибрида Дая – 11,6 %.

Кроме того у гибрида Таллиман вариант с консорциумом микроорганизмов превосходил вариант с стандартным биопрепаратом на 2, у гибридов Воллкано и Дая на 6 см. Также вариант «KS-54 некорневая подкормка» (гибриды (Воллкано и Дая) по высоте растений был на уровне с стандартным биопрепаратом по 124 и 128 см соответственно.

Следовательно, различия по высоте растений от изучаемых штаммов эндофитных бактерий выше по сравнению с биологическими особенностями гибридов подсолнечника.

Важным критерием оценки влияния некорневой подкормки растений подсолнечника изучаемыми штаммами эндофитных бактерий служит валовой сбор товарного масличного сырья растительного масла с 1 га пашни [10, 11, 12].

В полевых опытах урожайность была определена на пробных площадках (табл.3).

Таблица 3 – Урожайность изучаемых гибридов подсолнечника в зависимости от некорневой подкормки растений различными штаммами эндофитных бактерий

№ п/п	Вариант опыта	Таллиман		Волкано		Дая	
		урожайность, т/га	прибавка, %	урожайность, т/га	прибавка, %	урожайность, т/га	прибавка, %
1	Контроль – без обработки	1.90	-	2.06	-	2.08	-
2	Стандартный биопрепарат 1,0 л/га.	2.24	17.8	2.31	12,1	2.45	17,7
3	KS-25 некорневая подкормка 1,0 л/га.	2.09	10.0	2.21	7,2	2.25	8,1
4	KS-31 некорневая подкормка 1,0 л/га.	2.21	16.3	2.25	9,2	2.33	12,0
5	KS-38 некорневая подкормка 1,0 л/га.	2.24	17.8	2.35	14,0	2.42	16,3
6	KS-54 некорневая подкормка 1,0 л/га.	2.28	20,0	2.43	17,9	2.47	18,7
7	Консорциум некорневая подкормка, 1,0 л/га	2.34	23,1	2.47	19,9	2.56	23,0
	HCP ₀₅	0,22		0,24		0,25	

Как видно из таблицы 3, у гибридного подсолнечника Таллиман урожайность в зависимости от применяемых препаратов возрастает от 0,19 (KS-25) до 0,44 т/га (консорциум), что превышает контроль на 23 процента.

Такие же весьма высокие прибавки валового сбора масличного сырья были получены на гибридных посевах подсолнечника Волкано (прибавка 0,41 т/га) и Дая (прибавка 0,48 т/га).

Столь высокая прибавка урожая подсолнечного масличного сырья объясняется эффектом взаимодействия фона минерального питания и эндофитных бактерий, т.е. второй закон земледелия (закон взаимодействия факторов) проявляется очень четко: один фактор усиливает положительное действие другого фактора).

Максимальная прибавка биологической урожайности по всем гибридам была на варианте опрыскивания по вегетации консорциумом микроорганизмов с нормой 1,0 л/га. Штаммом KS-54 – прибавка от 17,9 до 20,0 %.

Самым важным и конечным показателем целесообразности применения биопрепаратов в технологии возделывания подсолнечника является валовой сбор растительного масла, ради которого он возделывается [13, 14, 15].

Опрыскивание штаммами эндофитных бактерий оказало существенное влияние на содержание сырого жира в семенах подсолнечника и валовой сбор растительного масла с единицы площади.

Таблица 4 – Влияние штампов эффективных эндофитных бактерий на содержание сырого жира, валовые сборы подсолнечного растительного масла

№ п/п	Вариант опыта	Таллиман		Воллкан		Дая	
		содержание сырого жира, %	вал. сбор раст. масла, кг/га	содержание сырого жира, %	вал. сбор раст. масла, кг/га	содержание сырого жира, %	вал. сбор раст. масла, кг/га
1	Контроль – без обработки	52,81	1003,39	45,01	927,2	44,17	918,73
2	Стандартный биопрепарат 1,0 л/га	54,20	1214,08	49,12	1134,67	46,18	1131,41
3	KS-25 некорневая подкормка 1,0 л/га	54,16	1131,9	44,43	981,90	45,17	1016,3
4	KS-31 некорневая подкормка 1,0 л/га	53,06	1172,62	45,22	1017,45	44,07	1026,83
5	KS-38 некорневая подкормка 1,0 л/га	49,61	1111,26	44,56	1047,16	44,33	1193,78
6	KS-54 некорневая подкормка 1,0 л/га	52,74	1202,47	44,27	1075,7	49,10	1212,7
7	Консорциум некорневая подкормка, 1,0 л/га	54,20	1268,28	49,56	1224,13	48,30	1236,4

Как видно из таблицы 4, в погодно климатических условиях 2023 г. по влиянию на содержание сырого жира наилучшие результаты показали варианты с опрыскиванием по вегетации стандартным биопрепаратом, консорциумом микроорганизмов и штаммом KS-25.

У первых двух гибридов максимальная масличность была в вариантах применения стандартного биопрепарата и консорциума микроорганизмов. Так, у гибрида Таллиман максимальная масличность – 54,2 % была зафиксирована в вариантах применения стандартного биопрепарата и консорциума микроорганизмов (+1,39 % к контролю), на данных же вариантах был и максимальный сбор растительного масла – 1214,08 и 1268,28 кг/га. У гибрида Воллкан содержание сырого жира в варианте стандартный биопрепарат составило 49,12 %, а на варианте консорциум микроорганизмов – 49,56 % (+ 4,11 и 4,55 % к контролю). По данному гибриду в данных же вариантах была максимальная прибавка растительного масла по сравнению с контрольным вариантом (+ 207,4 и 269,9 кг/га соответственно).

У гибрида Дая максимальное содержание сырого жира было при опрыскивании по вегетации консорциум микроорганизмов и штаммом KS-54 – 49,1 и 48,3 % соответственно. А валовой сбор растительного масла на данных вариантах превышал контрольный вариант на 31,9 и 34,5 % соответственно.

Заключение. Позитивные изменения, которые произошли под влиянием изучаемых штаммов эндофитных бактерий в формировании высокорослого, плотного стеблестоя высокими показателями структуры урожая несомненно оказали существенное влияние на урожайность изучаемых гибридов подсолнечника.

Анализируя наиболее важный показатель, а именно валовой сбор растительного масла с единицы площади, по изучаемым гибридам рекомендуются применять биопрепараты со следующими штаммами микроорганизмов: для гибрида Воллкано – консорциум микроорганизмов; для гибридов Таллиман и Дая – штамм KS-54 или консорциум микроорганизмов.

Литература

1. Сафиоллин Ф.Н. Масличные культуры / Ф.Н. Сафиоллин, Р.К. Вахитов. - Казань: Изд-во «Матбугат йорты», 2000. - 272 с.
2. Лукомец В.М. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, В.Ф. Баранов. - Краснодар, 2010. - 327 с.
3. Низамов Р.М. Агрехимикаты в технологии возделывания подсолнечника в лесостепной зоне Среднего Поволжья / Р.М. Низамов: Дис. док. с.-х. наук: Казань, 2018. - 387 с.
4. Биологическая защита растений от стрессов / Л. З. Каримова, В. А. Колесар, Р. И. Сафин, Г. К. Хузина. - Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. - 128 с.
5. Низамов Р.М. Современные биопрепараты и стимуляторы роста в технологии возделывания подсолнечника на маслосемена Низамов Р.М., Сулейманов С.Р., Сафиоллин Ф.Н., Хисматуллин М.М. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 1 (48). С. 38-40.
6. Шайхутдинов Ф.Ш. Эффективность применения бактериальных удобрений Азотовит и Бактофосфин на серых лесных почвах Республики Татарстан / Ф.Ш. Шайхутдинов, И.М. Сержанов, Ш.Ш. Шайхразиев, С.В. Зубарев, С.Ш.Нуриев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2013. - № 3 (23). - С. 29-34.
7. Файзрахманов Д.И., Сафиоллин Ф.Н., Низамов Р.М. 62 полезных совета по технологии возделывания масличных культур. - Казань: Изд-во Казанского государственного аграрного университета, 2013. - 68 с.
8. Низамов Р.М., Сулейманов С.Р. Эффективность применения биопрепаратов при возделывании ярового рапса на маслосемена в климатических условиях Предкамья в Республике Татарстан // Вестник

Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, 2020, № 1(12). - С. 38-45.

9. Biological systems for the protection of spring rapeseed from pests as a promising direction for a production increase of environmentally friendly and competitive oilseeds in the Republic of Tatarstan / S. Suleimanov, R. Safiollin, N. Loginov, L. Vafina // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021) : Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00177. – DOI 10.1051/bioconf/20213700177.

10. Агиева Г.Н. Приемы повышения эффективности применения биологических препаратов в растениеводстве / Г.Н. Агиева, Л.С. Нижегородцева, Р.Ж.К. Диабанкана [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2020. - Т. 15. - № 4(60). - С. 5-9.

11. Файзрахманов Д.И. Концепция развития органического сельского хозяйства Республики Татарстан / Д.И. Файзрахманов, Р.И. Сафин, А.Р. Валиев [и др.]. - Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. - 88 с.

12. Сафиоллин Ф.Н. Современные проблемы производства масличного сырья в Республике Татарстан и пути их решения / Ф.Н. Сафиоллин, С.Р. Сулейманов, А.А. Ахметзянов, Э.Ф. Исмагилова // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28-30 мая 2020 года. - Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. - С. 280-285.

13. Диабанкана, Р. Ж. К. Оценка влияния применения биопрепаратов в период вегетации на микробиом семян яровой пшеницы / Р. Ж. К. Диабанкана, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2023. – № 1(5). – С. 22-26. – DOI 10.12737/2782-490X-2023-22-26.

14. Фенотипическая стабильность микроорганизмов как инструмент оптимизации биоагентов для конкретной экологической ниши, растения и состояния почвы / Р. Ж. К. Диабанкана, Р. И. Сафин, Ш. З. Валидов, Д. М. Афордоаны // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий : Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С.

15. Медведев, Н. А. Оценка влияния предпосевной обработки семян гуминовыми удобрениями и биопрепаратом на развитие растений ярового ячменя на этапе прорастания / Н. А. Медведев, Р. И. Сафин // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского государственного

аграрного университета, Казань, 26–27 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 165-171.

16. Сафин, Р. И. Особенности эндофитных бактерий и их использование в биологической защите растений / Р. И. Сафин // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий : Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 248-254.

17. Диабанкана, Р. Ж. К. Оценка приемов биологизации земледелия в Республике Татарстан / Р. Ж. К. Диабанкана, Р. М. Сабирова, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 3(3). – С. 26-32. – DOI 10.12737/2782-490X-2022-26-32.

18. Диабанкана, Р. Ж. К. Влияние применения биопрепарата на основе эндофитных бактерий на формирование урожая яровой пшеницы / Р. Ж. К. Диабанкана, Э. Н. Комиссаров, Р. И. Сафин // Воспризводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях : Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, Казань, 17 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 131-136.

19. Абрамова, А. А. Оценка изменений в почвенном микробиоме при использовании биопрепаратов / А. А. Абрамова, Р. И. Сафин // Воспризводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях : Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, Казань, 17 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 75-79.

20. Патент № 2736424 С1 Российская Федерация, МПК С12N 1/20, А01N 63/22, С12R 1/07. Штамм бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 для производства биопрепарата защиты сельскохозяйственных растений от стрессов, стимуляции их роста и повышения урожайности : № 2019141760 : заявл. 13.12.2019 : опубл. 17.11.2020 / Р. И. Сафин, Л. З. Каримова, Ш. З. Валидов; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ).

© Сафиоллин Ф. Н., Сулейманов С. Р., Арсланов А. И., 2023

Шаймуллина Гульназ Хидиятовна,
аспирант, научный сотрудник ЦАИ,
Казанский государственный аграрный университет,
Казань

gulnazshajmullina@yandex.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ГРИБА *TRICHODERMA VIRIDE* И ДИАТОМИТА НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ

Аннотация. Изучено влияние комплексного препарата на основе гриба *Trichoderma viride* (штамм RECB-74B) и кремнийсодержащего минерала диатомита на морфологические и биохимические параметры растений яровой пшеницы. Установлено, что использование такого состава положительно влияет на ростовые процессы растений, увеличивает активность фермента пероксидазы и снижает общую зараженность семян патогенами при норме расхода препарата 1.5 л/т семян.

Ключевые слова: диатомит, биофунгициды, *Trichoderma viride*, яровая пшеница.

Gulnaz H. Shaymullina,
postgraduate student, researcher at Central Academy of Sciences,
Kazan State Agrarian University,
Kazan

gulnazshajmullina@yandex.ru

THE EFFICIENCY OF THE COMPLEX PREPARATION BASED ON THE FUNGUS *TRICHODERMA VIRIDE* AND DIATOMITE ON SPRING WHEAT

Abstract. The effect of a complex preparation based on the fungus *Trichoderma viride* (strain RECB-74B) and silicon-containing mineral diatomite on the morphological and biochemical parameters of spring wheat plants was studied. It has been established that the use of such a composition has a positive effect on plant growth processes, increases the activity of the peroxidase enzyme and reduces the overall contamination of seeds with pathogens at a drug consumption rate of 1.5 l/t of seeds.

Keywords: diatomite, biofungicides, *Trichoderma viride*, spring wheat.

В последние годы существует общая тенденция сокращения применения минеральных удобрений в пользу перехода на органическое

земледелие [1; 2]. Широкое применение биологических средств защиты растений и нетрадиционных источников минерального питания в современном растениеводстве продиктовано производством качественных продуктов питания и возрастающими требованиями экологической безопасности [3].

В свою очередь, вызванный интенсификацией сельскохозяйственной отрасли, загрязнение окружающей среды и мировой рост экономических затрат на агротехнологические мероприятия по возделыванию культурных растений диктует поиск доступных и дешевых средств повышения урожайности и защиты растений [4; 5].

К числу таких доступных и перспективных органических удобрений, а также природного адсорбента и экологически чистого инсектицида, относится осадочная порода из кремнистых отложений - диатомит. Так, эффективность применения кремнийсодержащих материалов неоднократно подтверждалась в работах отечественных [6;7;8] и зарубежных исследователей [9; 10].

Наряду с минеральным питанием, на нормальное развитие растительного организма большое влияние оказывает микрофлора почвы [11]. В работах по исследованию эффективности внесения грибов рода *Trichoderma* в ризосферу культурных растений показано повышение урожайности и улучшение качественных характеристик продукции [12; 13].

Вместе с тем, эффективность применения препаратов природного происхождения в полевых условиях часто снижается из-за неблагоприятных факторов окружающей среды [14; 15]. На этом фоне использование комплексного препарата, состоящего из кремнийсодержащего минерала (диатомита) и биологического агента потенциально повысит надежность применения биологического метода в растениеводстве [16; 17].

На основании вышесказанного, целью данного исследования являлось изучение влияния нового комплексного препарата на основе диатомита и гриба *Trichoderma viride* на проростки яровой пшеницы.

Препарат диатомита с мицелием и спорами гриба *Trichoderma viride* (штамм РСВ-74В) культивировали в течение 3 суток в термостате при температуре +26°C. После этого была осуществлена высадка комплексного препарата на твердую питательную среду Чапека для проверки жизнеспособности штамма.

Семена яровой пшеницы сорта Агата проращивали в песке, увлажненном универсальным питательным растительным раствором (раствором Кнопа), в течение 14 суток в климатической камере Memmert. В ходе всего эксперимента световой период составлял 16 часов, влажность 60%, температура воздуха +23°C. Для протравливания семян были выбраны три нормы расхода препарата: 0.5 л/т, 1 л/т, 1.5 л/т.

На 7-е сутки проращивания семян определяли всхожесть семян. Оценку биометрических показателей проводили на 14-е сутки и измеряли

длину coleoptily, ростка и самого длинного корня. Также на 14-е сутки в надземной части проростков пшеницы определяли активность растворимой пероксидазы на планшетном спектрофотометре SpectroStar nano согласно методике Сибгатуллиной Г.В. [18]. Кроме этого учитывали зараженность семян пшеницы болезнями [19] при различных нормах обработки. Все полученные результаты обрабатывали в программе Excel с вычислением стандартного отклонения и среднеарифметического значения.

Как видно из данных (табл. 1), уже на 7-е сутки, при подсчете всхожести семян обнаружился стимулирующий эффект от протравливания семян комплексным препаратом. На это указывает и увеличение длины coleoptily. Известно, что чем длиннее coleoptиль, тем выше потенциал всходов при росте из более глубоких слоев почвы [20]. На 14-е сутки измерений корни опытных растений также оказались длиннее контрольных, но росток незначительно отставал в развитии.

Таблица 1 - Показатели проростков яровой пшеницы сорта Агата на 7-е и 14-е сутки роста в песчаной культуре

Варианты	Всхожесть, %	Колеоптиль, см	Длина корня, см	Росток, см
	7 суток	14 суток		
Контроль	92	4,1±0,1	10,9±0,4	36,4±0,5
<i>T. viride</i> + диатомит (0.5 л/т)	96	4,4±0,2	13,1±0,3	34,7±0,5
<i>T. viride</i> + диатомит (1 л/т)	94	4,3±0,1	12,4±0,5	36,1±0,4
<i>T. viride</i> + диатомит (1.5 л/т)	96	4,4±0,2	13,3±0,2	35,4±0,2

Измерение активности фермента растворимой пероксидазы в надземной части растений пшеницы показало, что комплексный препарат способен повышать активность антиоксидантного фермента при использовании нормы расхода 1 л/т и 1.5 л/т. (табл. 2). Согласно результатам, с увеличением концентрации препарата пропорционально увеличивается активность фермента.

Проверка эффективности применения комплексного препарата против возбудителей заболеваний, вызываемых грибами, показала, что обработка уменьшает общую зараженность семян пшеницы (табл. 3). Так, через 6 суток с момента посадки обработанных препаратом семян в чашках Петри с твердой питательной средой Чапека, количество зараженных фузариозом, альтернариозом и гельминтоспориозом семян пшеницы уменьшилось. Как видно из результатов, наибольшей фунгицидной активностью обладал препарат в норме обработки 1.5 л/т.

Таблица 2 - Активность растворимой пероксидазы в надземной части проростков яровой пшеницы сорта Агата на 14-е сутки роста в песчаной культуре

Варианты	Активность растворимой пероксидазы, мкМ/мг сырого веса
Контроль	1,137±0,020
<i>T. viride</i> + диатомит (0.5 л/т)	0,943±0,013
<i>T. viride</i> + диатомит (1 л/т)	1,361±0,056
<i>T. viride</i> + диатомит (1.5 л/т)	2,220±0,035

Таблица 3 - Зараженность семян пшеницы болезнями

Вариант обработки	Фузариоз, %	Альтернариоз, %	Гельминтоспориоз, %	Общая зараженность, %
Контроль	15	55	25	95
<i>T. viride</i> + диатомит (0.5 л/т)	15	35	30	80
<i>T. viride</i> + диатомит (1 л/т)	0	35	35	70
<i>T. viride</i> + диатомит (1.5 л/т)	0	25	25	50

Таким образом, предпосевная обработка семян комплексным препаратом на основе диатомита и гриба *Trichoderma viride* (штамм RECB-74B) позволяет повышать всхожесть и ускорять ростовые процессы растений яровой пшеницы. Кроме того, увеличение активности антиоксидантного фермента пероксидазы и наличие фунгицидной активности комплексного препарата способствуют повышению защитных механизмов растений пшеницы. Причем максимальная эффективность от применения нового комплексного препарата на основе диатомита и гриба *Trichoderma viride* на яровой пшенице наблюдается при норме расхода препарата 1.5 л/т семян.

Литература

1. Чутчева, Ю.В. Рынок органической продукции в России: современное состояние и перспективы развития / Ю.В. Чутчева, О.С. Нефедова // Управление рисками в АПК. – 2016. – №1. – С.19–28.
2. De Tulipa and De L.C. Bio-pesticides: A Viable Tool for Organic Farming // International Journal of Microbiology Research. – 2019. – Vol. 11, I.7. - P. 1660-1664.
3. Щербакова, А.С. Органическое сельское хозяйство в России Щербакова А.С. // В мире научных открытий. – 2017. – Том 9, №4. – С. 151-173.

4. Vinale, F. Trichoderma-Plant-Pathogen interactions / F. Vinale, S. Krishnapillai, L.E. Ghisalberti, R. Marraa, L.S. Wooa, M. Loritoa // *Soil Biology & Biochemistry*. – 2008. – Vol. 40. – P. 1-10.
5. Васильева Е.Н. Эндوفитные микроорганизмы в фундаментальных исследованиях и сельском хозяйстве / Е.Н. Васильева, Г.А. Ахтемова, В.А. Жуков, И.А. Тихонович // *Экологическая генетика*. - 2019. - №1. - С. 19-32.
6. Козлов, А.В. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах / А.В Козлов, А.Х. Куликова, Е.А. Яшин // *Вестник Минского Университета*. – 2015. -№2 (10). – С.23.
7. Завалин, А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А.А. Завалин. – М.: издательство ВНИИА, 2005. – 302 с.
8. Никитин Сергей Николаевич. Эффективность применения удобрений, биопрепаратов и диатомита в лесостепи Среднего Поволжья: диссертация...доктора сельскохозяйственных наук: 06.01.04 / С.Н. Никитин. – Саранск, 2015. – 419 с.
9. Abou Basha D. M. Effect of nitrogen levels, diatomite and potassium silicate application on yield and chemical composition of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants / D. M. Abou Basha, S. A. A. El-Sayed, H. I. El-Aila // *World Appl. Sci. J.* – 2013. – Vol. 25, I. 8. – P. 1217-1221.
10. Dessalew G. Use of industrial diatomite wastes from beer production to improve soil fertility and cereal yields / G. Dessalew, A. Beyenne, A. Nebiyu, M.L. Ruelle // *Journal of cleaner production*. – 2017. – Vol. 157. – P. 22-29.
11. Абрамова А. А. Оценка количественных изменений в микробиоме почвы и растений яровой пшеницы на ранних стадиях ее развития при обработке биопрепаратами в полевых опытах 2020 и 2021 годов / А.А. Абрамова, Г.Х. Шаймуллина // *Агрономия*. - 2022. - №. 3. - С. 6–11.
12. Беспалова, А.П. Биометоду – развиваться / А.П. Беспалова // *Защита и карантин растений*. – 2000. – № 9. – с. 18.
13. Голованова, Т.И. Влияние грибов рода *Trichoderma* на ростовые процессы растений пшеницы / Т.И. Голованова, Е.В. Долинская, Ю.Н. Костицына // *Исследовано в России*. – 2008. – С. 173–182.
14. Ardakani, S.S. Preparation of new biofungicides using antagonistic bacteria and mineral compounds for controlling cotton seedling damping-off disease / S.S. Ardakani et al. // *Journal of plant protection research*. – 2009. – Vol. 49, No. 1. – P. 49-55.
15. Meena K. K. Abiotic stress responses and microbe-mediated mitigation in plants: the omics strategies / K. K. Meena, A. M. Sorty, U. M. Bitla et al. // *Frontiers in plant science*. - 2017. - Vol. 8. - P. 191-215.
16. Козлов А.В. Влияние высококремнистых пород (диатомита, цеолита и бентонитовой глины) на активность олиготрофного и автохтонного микробного пула дерново-подзолистой почвы / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, И.П. Уромова // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. – 2017. – № 40. – С. 44–65.

17. Монастырский О. А. Биопрепараты: типы, рынки в России и в других странах // *Агрохимия*. - 2019. - № 11. - С. 86–90.

18. Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений: учебно-методическое пособие / Сибгатуллина Г.В., Хаертдинова Л.Р., Гумерова Е.А., Акулов А.Н., Костюкова Ю.А., Никонорова Н.А., Румянцева Н.И. – Казань: Казанский (Приволжский) Федеральный университет, 2011. – 61 с.

19. Вафин И.Х. Особенности влияния некорневой подкормки жидкими удобрениями на минеральное питание, урожайность и качество семян озимой пшеницы / И. Х. Вафин, Р. И. Сафин, Р. В. Миникаев, Хайбуллин М.М., Миннуллин Г.С. // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. – 2023. – Т. 18, № 2(70). – С. 13-18.

20. Кинчаров А. И. Линейные показатели начального роста растений и масса 1000 зерен сортов яровой мягкой пшеницы / А.И. Кинчаров, М.Н. Кинчарова, Е.А. Демина, Т.Ю. Таранова, К.Ю. Чекмасова // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. – 2023. – №. 2 (70). – С. 167-177.

© *Шаймуллина Г. Х., 2023*

Шаймуллина Гульназ Хидиятовна

аспирант, научный сотрудник ЦАИ,

gulnazshajmullina@yandex.ru

Егорова Ольга Алексеевна

аспирант, младший научный сотрудник ЦАИ,

egorova.615@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет,
Казань

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ АБИОТИЧЕСКОГО СТРЕССА В РАСТЕНИЯХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ

Аннотация. Изучено влияние эндофитных бактерий рода *Bacillus* на особенности прохождения периода вегетации яровой пшеницы в 2023 году. Получено, что с момента начала нехватки осадков в фазу кущения и до выхода растений пшеницы в фазу колошения, штамм *Bacillus subtilis* KS-55 AU эффективнее стимулировал рост растений пшеницы, а штамм *Bacillus pumilus* KS-61 AU – накопление свободного пролина.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., вегетационный период, пролин, хлорофилл, эндофитные бактерии рода *Bacillus*, абиотический стресс.

Gulnaz H. Shaymullina

postgraduate student, researcher at Central Academy of Sciences,

gulnazshajmullina@yandex.ru

Olga A. Egorova

postgraduate student, junior researcher at Central Academy of
Sciences,

egorova.615@mail.ru

Kazan State Agrarian University,
Kazan

REDUCING THE LEVEL OF ABIOTIC STRESS IN SPRING WHEAT PLANTS DURING THE GROWING PERIOD UNDER THE INFLUENCE OF ENDOPHYTIC BACTERIA

Abstract. The influence of endophytic bacteria of the genus *Bacillus* on the characteristics of the growing season of spring wheat in 2023 was studied. It was found that from the moment the lack of precipitation began in the tillering phase and until wheat plants entered the heading phase, the *Bacillus subtilis* KS-55 AU strain more effectively stimulated the growth of wheat plants, and

the *Bacillus pumilus* KS-61 AU strain stimulated the accumulation of free proline.

Keywords: *Triticum aestivum* L., growing season, proline, chlorophyll, endophytic bacteria of the genus *Bacillus*, abiotic stress.

Яровая пшеница относится к зерновой культуре, которая испытывает значительный стресс в результате нехватки влаги в почве. В свою очередь, почвенная засуха является одним из распространенных абиотических стрессов для Предкамья Республики Татарстан. Как и многие виды стресса, засуха запускает в растениях окислительные процессы, которые возникают в результате избыточного образования активных форм кислорода (АФК) [1; 2]. Как известно, преобладание процессов генерации АФК над их нейтрализацией, вызывает самопроизвольный и неконтролируемый процесс нарушения свободными радикалами липидов мембраны, углеводного и белкового обмена и т.д. [1; 3].

На фоне нарушения нормального течения физиологических процессов в растениях пшеницы из-за засухи, а в особенности в гормональной системе растений, происходит значительное снижение качества и количества урожая пшеницы [4]. В первую очередь, это сказывается на формировании колоса, так как наблюдается уменьшение его в размерах, а также снижается количество зерна и ухудшается его выполненность [5; 6].

Традиционными приемами предотвращения потери влаги в почве являются агротехнические мероприятия и применение химических средств [7; 8]. На фоне негативного влияния на окружающую среду и стремления снизить экономические затраты, идет поиск альтернативных препаратов, которые отвечали бы современным требованиям к безопасности продуктов питания, а также оказывали защитное воздействие на растения в условиях засухи [9; 10].

В качестве таких средств, интерес вызывают биопрепараты, основанные на использовании симбиотической связи растений и рост-стимулирующих бактерий, которые способны повышать устойчивость растений к стрессовым факторам, в частности к таким, как засуха [11]. Наибольшей эффект симбиотической связи растений и бактерий способны проявлять эндофитные бактерии рода *Bacillus*. Их особенность заключается в колонизации тканей растений и влиянии на метаболизм растений в течение всего периода вегетации [2; 3]. Использование эндофитных бактерий рода *Bacillus* повышает скорость накопления пролина в тканях растений, тем самым обеспечивая защиту растения от засухи на самых ранних периодах [1; 12; 13].

На основании вышесказанного, целью данного исследования являлось изучение снижения уровня абиотического стресса в растениях

яровой пшеницы под влиянием эндофитных бактерий рода *Bacillus* в период засушливого лета 2023 года.

Зоной проведения полевых испытаний являлся Лаишевский муниципальный район Республики Татарстан. Закладка опыта проводилась на опытных делянках Агробиотехнопарка Казанского государственного аграрного университета вблизи села Нармонки. Норма высева семян составляла 6,0 млн. всхожих семян на 1 га. Посев был выполнен 27 апреля рядовым способом механической селекционной сеялкой Wintersteiger, на глубину 5 см. Объектом исследований являлись семена яровой пшеницы сорта Йолдыз (оригинатор ФГБУН ФИЦ «Казанский научный центр Российской академии наук»). Для предпосевной обработки семян использовались штаммы эндофитных бактерий *Bacillus mojavensis* PS17 (стандартный биологический препарат) [14; 15], *Bacillus subtilis* KS-55 AU, *Bacillus cereus* KS-59 AU и *Bacillus pumilus* KS-61 AU в норме 1,0 л/т семян.

В ходе опытов оценивали состояние растений по биометрическим и биохимическим показателям. Проводили измерение высоты растений, длины и площади листьев. С помощью кислого нингидринового реактива проводили измерение свободного пролина в листьях [16], а 96% этиловым спиртом осуществляли экстракцию фотосинтетических пигментов (хлорофилла а и в) [17]. Измерения оптической плотности вышеуказанных соединений проводили на планшетном спектрофотометре SpectroStar nano (BMGLabtech, Германия). Взятие образцов на каждый анализ проводили в фазы всходов, кущения, выхода в трубку и колошения. Все полученные результаты обрабатывали в программе Excel с вычислением среднеарифметического значения и стандартного отклонения.

Общеизвестно, что в условиях засухи, растения способны удлинять подземную вегетативную массу. Это происходит в результате ускорения дифференцировки клеток, вследствие чего происходит опробковение и суберинизация экзодермы. Развитие же надземной массы наоборот замедляется из-за слабого клеточного деления и растяжения, что приводит к образованию мелких клеток.

Так как обработка семян проводилась перед посевом, влияние биопрепаратов на растения можно было отметить уже в фазе всходов, когда влаги в почве еще было достаточно для растений. В вариантах с обработкой *Bacillus subtilis* KS-55 AU и *Bacillus cereus* KS-59 AU длина стебля составила 17,8 см и 17,2 см, соответственно, по сравнению с контрольным вариантом, где длина составила всего 16,2 см (табл. 1).

Таблица 1 - Длина стебля растений яровой пшеницы в фазе
ВСХОДОВ

Вариант	Длина стебля, см
Контроль	16,2
PS 17	16,8
KS-55 AU	17,8
KS-59 AU	17,2
KS-61 AU	16,5

В фазу кущения растений, с началом нехватки осадков на опытных делянках, наблюдались отличия образцов уже по площади листьев, где для вариантов с обработкой *Bacillus subtilis* KS-55 AU и *Bacillus cereus* KS-59 AU, площадь составила максимальные 20,7 см² и 20,8 см², в то время как наименьшая площадь листьев была отмечена у варианта с обработкой *Bacillus pumilus* KS-61 AU – 15,3 см² (табл. 2). Наибольшая длина стебля в эту фазу отмечена у вариантов с обработкой *Bacillus subtilis* KS-55 AU, *Bacillus cereus* KS-59 AU и *Bacillus pumilus* KS-61 AU. Длина листа в вариантах с обработкой *Bacillus subtilis* KS-55 AU и *Bacillus cereus* KS-59 AU составила одинаковые 25,4 см, в то время как у контрольного образца она составила 21,8 см. Наименьшая длина листа была отмечена опять у варианта с обработкой *Bacillus pumilus* KS-61 AU – 20,3 см.

Таблица 2 - Биометрия растений яровой пшеницы в фазе кущения

Вариант	Площадь листа, см ²	Длина стебля, см	Длина листа, см
Контроль	17,9	32,8	21,8
PS 17	18,3	33,3	21,9
KS-55 AU	20,7	39,3	25,4
KS-59 AU	20,8	39,3	25,4
KS-61 AU	15,3	40,1	20,3

С момента наступления фазы выхода в трубку, наибольшая площадь листьев была отмечена снова у вариантов с обработкой *Bacillus subtilis* KS-55 AU и *Bacillus cereus* KS-59 AU – 26,4 см² и 27,1 см², соответственно (табл. 3). Это на 5,9 см² и 6,6 см² больше площади листьев контроля, где площадь составила 20,5 см². Что же касается длины стебля, то наибольшая длина была у растений с обработкой *Bacillus subtilis* KS-55 AU (56,3 см), в то время наименьшая площадь листьев была в контрольном образце (51,0 см). Максимальные значения по длине листа в эту фазу также были в вариантах с обработкой *Bacillus subtilis* KS-55 AU и *Bacillus cereus* KS-59 AU, а наименьшее - с обработкой *Bacillus pumilus* KS-61 AU.

Таблица 3 - Биометрия растений яровой пшеницы в фазе выхода в трубку

Вариант	Площадь листа, см ²	Длина стебля, см	Длина листа, см
Контроль	20,5	51,0	22,8
PS 17	24,9	53,0	24,5
KS-55 AU	26,4	56,3	25,9
KS-59 AU	27,1	54,0	26,1
KS-61 AU	24,2	54,4	22,0

Заключительной фазой, по которой оценивались биометрические показатели, являлась фаза колошения. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Биометрия растений яровой пшеницы в фазе колошения

Вариант	Площадь листа, см ²	Длина стебля, см	Длина листа, см
Контроль	28,3	81,0	23,0
PS 17	31,3	82,0	25,0
KS-55 AU	38,0	91,5	26,0
KS-59 AU	33,4	91,0	27,4
KS-61 AU	29,9	79,3	22,8

Как видно из таблицы 4, наибольшая площадь листьев была у образца с обработкой *Bacillus subtilis* KS-55 AU – 38,0 см², что было на 9,7 см² больше, чем в контрольном образце. Кроме того, у данного варианта наблюдалась также сравнительно высокая длина стебля – 91,5 см. Однако, наибольшая длина листьев, была отмечена у образца с обработкой *Bacillus cereus* KS-59 AU – 27,4 см в то время, как наименьшая длина листьев составила 22,8 см снова с обработкой *Bacillus pumilus* KS-61 AU.

В течение вегетации, в растениях происходит накопление биохимических веществ, за счет которых происходит их рост и развитие [18]. Одним из таких веществ является хлорофилл - пигмент, который окрашивает хлоропласты растений в зеленый цвет. Но при засухе могут отмирать части листьев и разрушаться хлорофилл, который является главным пигментом участвующем в фотосинтезе [19].

В фазу всходов, при достаточном обеспечении влаги в почве, суммарное содержание фотосинтетических пигментов во всех вариантах обработки эндофитными бактериями превышало значение, полученное по хлорофиллу *a* и *b* в контроле (табл.5). Необходимо отметить, что достаточно высокое содержание пигментов в листьях наблюдалось в варианте с обработкой *Bacillus cereus* KS-59 AU (0,619 мг/г сырого веса).

Несмотря на период засухи, который начался в фазу кущения, во всех вариантах происходило постепенное повышение содержания хлорофилла *a* и *b* в листьях. Наибольшее содержание хлорофилла в фазу

кущения было отмечено в вариантах с обработкой *Bacillus cereus* KS-59 AU и *Bacillus pumilus* KS-61 AU. В фазу выхода в трубку максимальное значение по содержанию фотосинтетических пигментов наблюдалось с обработкой *Bacillus subtilis* KS-55 AU (0,785 мг/г сырого веса) и *Bacillus pumilus* KS-61 AU (0,793 мг/г сырого веса). В фазу колошения наибольшее значение по суммарному содержанию хлорофилла *a* и *b* снова было в вариантах с обработкой *Bacillus cereus* KS-59 AU и *Bacillus pumilus* KS-61 AU, 1,499 и 1,471 мг/г сырого веса, соответственно.

Таблица 5 - Влияние эндофитных бактерий на суммарное содержание хлорофилла *a* и *b* в зависимости от фазы вегетации, мг/г сырого веса.

Вариант	Фаза вегетации			
	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение
Контроль	0,288	0,308	0,667	1,140
PS 17	0,325	0,372	0,776	1,221
KS-55 AU	0,360	0,519	0,785	1,160
KS-59 AU	0,619	0,582	0,747	1,499
KS-61 AU	0,375	0,530	0,793	1,471

Известно, что одним из осмопротекторов при засухе является гетероциклическая аминокислота - пролин. Пролину отводится особая роль среди низкомолекулярных антиоксидантов, так как в периоды засухи концентрация пролина в растениях резко возрастает [1]. Накопление пролина в условиях засухи оказывает стабилизирующее воздействие на все растение в целом, а также в полном объеме оказывает нейтрализующие воздействие на свободные радикалы [20].

Наибольшее содержание пролина в фазе всходов (табл.6) отмечалось в вариантах с обработкой стандартным биологическим препаратом *Bacillus mojavensis* PS17 (48,79 мг/г) и опытным штаммом *Bacillus pumilus* KS-61 AU (48,92 мг/г сырого веса), тогда как в контроле содержание пролина составило всего 43,96 мг/г сырого веса.

Таблица 6 - Влияние эндофитных бактерий на содержание пролина в зависимости от фазы вегетации, мг/г сырого веса.

Вариант	Фаза вегетации			
	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение
Контроль	43,96	36,35	42,51	46,50
PS 17	48,79	48,31	45,65	58,70
KS-55 AU	46,62	72,83	45,53	51,57
KS-59 AU	45,89	42,87	50,60	51,81
KS-61 AU	48,92	138,65	58,33	44,32

Значительные отличия по количеству пролина в растениях было отмечено в фазу кущения, когда начался засушливый период вегетации для растений пшеницы. Максимальное количество пролина наблюдалось в варианте с обработкой *Bacillus pumilus* KS-61 AU – 138,65 мг/г сырого веса, что в 3,8 раз больше, чем у контрольного образца. Также высоким содержанием пролина отличился вариант с обработкой *Bacillus subtilis* KS-55 AU, где содержание пролина составило 72,83 мг/г сырого веса, что в 2 раза выше, чем в контрольном варианте.

В фазу выхода в трубку накопление пролина во всех вариантах выровнялось, за исключением варианта с обработкой *Bacillus pumilus* KS-61 AU, где пролин также остался на достаточно высоком уровне – 58,33 мг/г сырого веса. С наступлением фазы колошения снова было отмечено повышение содержания пролина в варианте с обработкой стандартным биологическим препаратом *Bacillus mojavensis* PS17 (58,70 мг/г сырого веса) и заметное снижение этой аминокислоты в варианте обработкой *Bacillus pumilus* KS-61 AU (44,32 мг/г сырого веса).

Таким образом, в результате проведения испытаний эндофитных бактерий рода *Bacillus* на яровой пшенице сорта Йолдыз, на опытных участках Агробиотехнопарка в период засушливого лета 2023 года, можно сделать вывод о том, что практически все эндофитные бактерии оказывали протекторное влияние на растения при засухе и снижали негативное влияние абиотического стресса на пшеницу.

Наибольшая длина стебля во всех фазах вегетации яровой пшеницы наблюдалась при обработке штаммом *Bacillus subtilis* KS-55 AU. С момента начала нехватки осадков в фазу кущения и до выхода растений пшеницы в фазу колошения, максимально высокие значения по площади листьев были получены при обработке штаммами *Bacillus subtilis* KS-55 AU и *Bacillus cereus* KS-59 AU. Аналогичные результатам площади листьев были получены значения по длине листьев пшеницы. Однако необходимо отметить, что обработка стандартным биологическим препаратом *Bacillus mojavensis* PS17 не показало ожидаемо высоких значений по вышеуказанным биометрическим показателям, а обработка *Bacillus pumilus* KS-61 AU и вовсе иногда оказывала ингибирующее влияние на длину листьев.

Содержание суммарного хлорофилла во всех вариантах обработки, на каждой последующей фазе вегетации, увеличивалось, вне зависимости от начавшейся нехватки осадков. Можно выделить два штамма эндофитных бактерий, *Bacillus cereus* KS-59 AU и *Bacillus pumilus* KS-61 AU, обработка которыми стимулировало наибольшее накопление фотосинтетических пигментов в листьях пшеницы во всех фазах вегетации.

По накоплению свободного пролина в листьях яровой пшеницы наблюдалась следующая картина: максимальное количество в фазу всходов было в вариантах с обработкой *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus*

pumilus KS-61 AU; максимальное количество в фазу кущения было в вариантах с обработкой *Bacillus subtilis* KS-55 AU и *Bacillus pumilus* KS-61 AU; максимальное количество в фазу выхода в трубку было в вариантах с обработкой *Bacillus cereus* KS-59 AU и *Bacillus pumilus* KS-61 AU; максимальное количество в фазу колошения было в вариантах с обработкой *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus cereus* KS-59 AU. Как видно из результатов, с обработкой *Bacillus pumilus* KS-61 AU было достигнуто максимальное накопление этого осмопротекторного соединения с фазы кущения до фазы выхода в трубку.

Суммируя вышесказанное, с момента начала нехватки осадков в фазу кущения и до выхода растений пшеницы в фазу колошения, штамм *Bacillus subtilis* KS-55 AU эффективнее стимулировал рост растений пшеницы, а штамм *Bacillus pumilus* KS-61 AU эффективнее стимулировал накопление свободного пролина.

Работа выполнена по государственному заданию НИОКТР №123031400113-5 при финансовой поддержке Минсельхоз России.

Литература

1. Lastochkina O.V. Effects of *Bacillus subtilis* on some physiological and biochemical parameters of *Triticum aestivum* L. (wheat) under salinity / O.V. Lastochkina, L.I. Pusenkova, R.A. Yuldashev, M.S. Babaev, S.R. Garipova, D.K. Blagova, R.M. Khayrullin, S. Aliniaefard // *Plant physiology and biochemistry*. - 2017. - V. 121. - P. 80-88.

2. Azevedo J.L. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants / J.L. Azevedo, J. Jr. Maccheroni, O. Pereira, W.L. Ara // *Electr. J. Biotech.* - 2000,. – V. 3. – P. 40-65.

3. Ласточкина О.В. Адаптация и устойчивость растений пшеницы к засухе, опосредованная природными регуляторами роста *Bacillus* spp.: механизмы реализации и практическая значимость / О.В. Ласточкина // *Сельскохозяйственная биология*. - 2021. - №5. - С. 843-867.

4. Rolli E. Improved plant resistance to drought is promoted by the root-associated microbiome as a water stress-dependent trait / E. Rolli, R. Marasco, G. Viganì et al. // *Environ Microbiol.* – 2015. – V. 17(2). – P. 316-331.

5. Цавкелова Е.Л. Микроорганизмы-продуценты стимуляторов роста растений и их практическое применение / Е.Л. Цавкелова, С.Ю. Климова, Т.Л. Чердынцева, Л.И. Нетрусов // *Прикладная биохимия и микробиология*. - 2006. - Т. 42. - № 2. - С. 133-143.

6. Чеботарь В.К. Антифунгальные и фитостимулирующие свойства ризосферного штамма *Bacillus subtilis* ч-13 продуцента биопрепаратов / В.К. Чеботарь, Н.М. Макарова, А.И. Шапошников, Л.В. Кравченко // *Прикладная биохимия и микробиология*. - 2009. - Т. 45. - № 4. - С. 465-469.

7. Гарипова С.Р. Влияние ассоциаций и штаммов эндофитных бактерий на рост различных видов растений / С.Р. Гарипова, О.В. Маркова, Н.В. Иванчина, Д.В. Гарифуллина, Л.Г. Анисимова, О.В.

Ласточкина, Л.И. Пусенкова, Д.Ю. Кулабухова, А.А. Кенджиева, Р.М. Хайруллин // История и методология физиологобиохимических и почвенных исследований. Сборник статей научной конференции. Пермь, 19-20 октября 2017 г. - Пермь: ПГНИУ, 2017. - С. 12-15.

8. Гарипова С.Р. Развитие методологических подходов к разработке микробных препаратов для повышения продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных растений / С.Р. Гарипова // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2009. - № S10. - С. 437-439.

9. Иванчина Н.В. Возможные механизмы фитогормональной стимуляции роста растений эндофитными бактериями / Н.В. Иванчина, С.Р. Гарипова, Р.М. Хайруллин // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2009. - № S10. - С. 446- 448.

10. Васильева Е.Н. Эндофитные микроорганизмы в фундаментальных исследованиях и сельском хозяйстве / Е.Н. Васильева, Г.А. Ахтемова, В.А. Жуков, И.А. Тихонович // Экологическая генетика. - 2019. - №1. - С. 19-32.

11. Гарипова С.Р. Комплексная биологическая активность эндофитных бактерий / С.Р. Гарипова, Д.В. Гарифуллина, О.В. Маркова, Н.А. Уразбахтина, Р.М. Хайруллин // Известия Уфимского научного центра РАН. - 2015. - № 4/1. - С. 25-28.

12. Lindow S.E. Microbiology of the phyllosphere / S.E. Lindow, M.T. Brandl // Appl. Environ. Microbiol. – 2003. – V. 69. – P. 1875-1883.

13. Zinniel D.K. Isolation and characterization of endophytic colonizing bacteria from agronomic crops and prairie plants / D.K. Zinniel, P. Lambrecht, N.B. Harris et al. // Appl Environ Microbiol. - 2002. – V. 68(5). – P. 2198-2208.

14. Абрамова А. А. Оценка количественных изменений в микробиоме почвы и растений яровой пшеницы на ранних стадиях ее развития при обработке биопрепаратами в полевых опытах 2020 и 2021 годов / А.А. Абрамова, Г.Х. Шаймуллина // Агрономия. - 2022. - №. 3. - С. 6–11.

15. Сафин Р.И. Особенности эндофитных бактерий и их использование в биологической защите растений / Р.И. Сафин // Сборник научных трудов Казанского государственного аграрного университета. – Казань, 2022. I Всероссийская научно-практическая конференция. – С. 248-254.

16. Шихалеева Г. Н. Модифицированная методика определения пролина в растительных объектах / Г.Н. Шихалеева, А.К. Будняк, И.И. Шихалеев и др // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Біологія. - 2014. - №. 21. - С. 168–172.

17. Safin R. Effect of various biological control agents (BCAs) on drought resistance and spring barley productivity / R. Safin, L. Karimova, L. Nizhegorodtseva et al. // BIO Web of Conferences. France: EDP Sciences - 2020. - Vol. 17. - Article 00063.

18. Ловчиков А. П. Биологизация земледелия в ресурсосберегающих технологиях возделывания зерновых культур / А. П. Ловчиков, В. П. Ловчиков, Е. А. Поздеев // МНИЖ. - 2016. - №1-2 (43). - С. 44-47.

19. Лиховидова В.А. Влияние фотосинтетического пигмента хлорофилла при различной влагообеспеченности на продуктивность растений озимой мягкой пшеницы. / В.А. Лиховидова, В.Л. Газе, Е.В. Ионова // Аграрная наука. – 2020 - № 7-8. - С.86-89.

20. Germaine K. Bacterial endophyte-enhanced phyto-remediation of the organochlorine herbicide 2,4-dichloro-phenoxyacetic acid / K. Germaine, X. Liu, G. Cabellos, J. Hogan, D. Ryan, D.N. Dowling // FEMS Microbiol. Ecol. - 2006. – V. 57. – P. 302-310.

© Шаймуллина Г. Х., Егорова О. А., 2023

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ

УДК 631.535.5

Абрамова Галина Викторовна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

gal4959@yandex.ru

Салихова Зифа Закарьевна

*Кандидат биологических наук, руководитель
научно-исследовательской лаборатории биотехнологии,*

salihovazifa@mail.ru

Абрамов Александр Геннадьевич

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

gal4959@yandex.ru

Никишкина Ника Ивановна

Студентка

Казанский государственный аграрный университет,

Казань

evamenff15@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ СТЕРЕЛИЗАЦИИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ЭКСПЛАНТОВ СИРЕНИ В КУЛЬТУРЕ IN VITRO

Аннотация. В работе представлены результаты исследований по введению в культуру in vitro десяти сортов сирени. Анализ протоколов стерилизации, в результате проведенных исследований, позволил выбрать лучшее время композиций стерилизации, которые дали положительные результаты по жизнеспособности эксплантов. Основной задачей, первого этапа процесса введения в культуру, получение не только стерильных, но и способных к дальнейшему росту эксплантов сирени.

Представленная методика позволяет повысить коэффициент размножения растений; возможность получать саженцы класса суперэлита круглый год независимо от сезона.

Ключевые слова: введение в культуру, культура in vitro, сирень, размножение.

Galina V. Abramova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

gal4959@yandex.ru

Zifa Z. Salikhova

*Candidate of Biological Sciences, head
biotechnology research laboratory,*

salihovazifa@mail.ru

Alexander G. Abramov

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
gal4959@yandex.ru

Nika I. Nikishkina

Student

Kazan State Agrarian University,

Kazan

evamenff15@yandex.ru

PECULIARITIES OF STERILIZATION AND ITS EFFECT ON DEVELOPMENT OF LILAC EXPLANTS IN IN VITRO CULTURE

Annotation. The paper presents the results of research on the introduction of ten lilac cultivars into in vitro culture. The analysis of the sterilization protocols, as a result of the conducted research, allowed to choose the best time of sterilization compositions, which gave positive results on the viability of explants. The main objective of the first stage of the inoculation process is to obtain not only sterile, but also capable of further growth of lilac explants.

The presented technique allows to increase the plant multiplication factor; the possibility to obtain seedlings of su-perlite class all the year round regardless of the season.

Keywords: introduction into culture, in vitro culture, lilac, propagation.

Введение. Род *Syringa* включает в себя около 30 видов и более 2300 сортов. На протяжении многолетнего труда в культуре появилось множество гибридных форм [1]. Однако процесс по созданию новых сортов продолжается и в настоящее время. В дикой природе насчитывается порядка десяти видов кустарника. Произрастают они в Венгрии, на Балканах, очень много сирени в Китае. Многие дикие виды используются жителями для образования живой цветущей изгороди, однако в большей степени используются сорта, полученные на основе дикорастущей сирени. В Россию первую сирень привёз из Голландии Петр I. С тех пор кустарник прижился в садах императорского дома. Горячей поклонницей сирени была жена Николая II императрица Александра Федоровна, чей знаменитый Сиреневый кабинет в Александровском дворце Царского Села позаимствовал свои цвета у этого растения. Даже зимой дворцовые залы всегда были украшены цветущей сиренью. Изысканные цветки разнообразнейших оттенков и нежный аромат - вот секрет популярности сирени. Стараниями селекционеров её многочисленные сорта превратились в украшение садов и парков. Величина куста сирени генетически запрограммирована, что даёт возможность получить саженцы необходимого размера. Сорта бывают обильно цветущие и менее обильные, бывает периодическое цветение, обычно это наблюдается у сиреней, обильно цветущих [2,3].

В течение последних десятилетий большое количество декоративного посадочного материала, в том числе и саженцев сирени зарубежной и, к сожалению, Российской селекции, завозилось из стран европейского союза. Изменившаяся на данный момент политическая ситуация в мире и введение большого количества санкций против нашего государства резко снизили ассортимент и количество ввозимого посадочного материала, тем самым дав толчок к развитию отечественного питомниководства. Вследствие этого, ориентация на выведение и получение собственного посадочного материала становится основной задачей сельского хозяйства РФ.

На практике для быстрого и эффективного получения большого количества качественного посадочного материала применяют технику микроклонального размножения. На сегодняшний день биотехнологии, позволяющие проводить микроклональное размножение тканей и органов растений на питательных средах, созданных искусственно, получили широкое распространение во многих странах мира [4,5]. Создание коллекции сирени в культуре *in vitro*, массовое микрокорнальное размножение, а также получение саженцев, освобожденных от эндофитной инфекции – важная задача получения стандартного посадочного материала [6,7].

Две основные проблемы стоят перед задачами в области микроклонального размножения. Это достижение экономически выгодного коэффициента размножения и сведение к минимуму возможных отклонений от сортовых особенностей [8]. Все это зависит от возраста и сорта растения, способности к образованию каллуса, типа экспланта, продолжительности и способа культивирования, условий выращивания и состава питательной среды [9,10].

Поэтому целью нашей работы являлось получение обеззараженных растений сирени в культуре *in vitro*, подбор оптимальных способов стерилизации, получение коллекции *in vitro*, для дальнейшего непрерывного выращивания посадочного материала в целях озеленения городов.

Материалы и методы. Исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории биотехнологий Казанского ГАУ в 2022-2023 гг. Объектом исследований служила сирень обыкновенная десяти сортов: Русь, Бюффон, Багратион, Память о Колесникове, Георгий Свиридов, Индия, Медовый Спас, Ладога, Маршал Бирюзов, Максимович.

В исследованиях использовались общепринятые методы биотехнологии растений [11]. С целью получения эксплантов использовали почки с побегов текущего года, срезанные с верхней части растения. Отбор материала проводили из коллекции сирени Казанского ГАУ. Заготовка побегов с верхней части стебля имеет важное значение, так как они считаются менее загрязненными [12,13].

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

Протокол стерилизации эксплантов включал четыре этапа:

- обработка $KMnO_4$;
- стерилизация в растворе бытового отбеливателя «Белизна»;
- тройная промывка стерильной дистиллированной водой;
- обработка препаратом «Мирамистин» (бензилдиметил [3-(миристоиламино) пропил] аммоний хлорид моногидрат - лекарственный препарат, относящийся к группе катионных антисептиков, поверхностно-активных веществ и обладающий в том числе и противомикробным действием).

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

Все операции проводились и в условиях ламинарного бокса.

Обработанные экспланты помещались на агаризованную питательную среду Мурасиге-Скуга с добавлением 30 г/л сахарозы; 0,6 мг/л 6-бензиламинопурина; 0,1 мг/л β -индолилмасляной кислоты [14].

Результаты и их обсуждение. Поэтапный процесс микрклонального размножения:

- *первый* - выбор растения-донора, для введения в культуру. Это растение с характерными для того или иного сорта признаками, обладающее рядом всех необходимых характеристик [15].

- *второй* - получение стерильной культуры растительной ткани. Это многоступенчатая стерилизация эксплантов. Эксплант – это растительная ткань, обладающая способностью к росту.

- *третий* - пересадка стерильных микропобегов, отобранных через 1–2 месяца. Полученный микрклон извлекают из пробирок, делят на сегменты, каждый из которых содержит 1–2 почки и пересаживают для дальнейшего размножения. На этом этапе в питательную среду добавляют фитогормоны, стимулирующие активное деление клеток и рост побегов. Корней у микрклонов на данном этапе, как правило, не образуется. Все свои силы растение направляет на рост и развитие побегов [16].

- *четвёртый* - укоренение - после получения необходимого объёма растений клоны высаживаются на среду, где добавлены гормоны, стимулирующих развитие корней [17].

И ещё один важный этап - адаптация растений из пробирок к условиям внешней среды. В своих научных трудах Молканова О.И. пишет, что: «Для стабильного воспроизводства растений важны сроки вступления регенерантов в фазу генеративного развития. Регенеранты

сирени, прошедшие цикл культивирования *in vitro*, быстрее переходят к репродуктивной фазе, по сравнению с растениями, размноженными другими способами: после высаживания в открытый грунт 20 % саженцев, адаптированных к условиям *ex situ*, при соблюдении агротехники зацветают на 2...3 год (в зависимости от биологических особенностей сорта), в то время как размноженные обычными методами – только на 4...5 год» [18].

Самое важное и существенное преимущество микроклонирования перед традиционными способами размножения - это скорость. Безграничные возможности микроклонирования, где из одной почки через месяц вырастет до десяти микроклонов, а ещё через четыре недели будет получено уже до 100 растений [19]. Но, немало важный фактор на клонирование *in vitro* декоративных культур, в частности сирени, оказывают и сроки отбора эксплантов, влияя на их жизнеспособность и развитие при введении [20]. В таблице 1 представлены, изученные нами варианты протоколов стерилизации.

Таблица 1 - Протоколы стерилизации эксплантов Сирени

Стерилизующий раствор	Время экспозиции, мин						
	Варианты опыта						
	1	2	3	4	5	6	7
KMnO ₄	1	3	3	3	3	3	3
Белизна 7,5 %	1	3	5	7	10	12	15
Мирамистин	-	-	1	1	1	1	1

Применение KMnO₄ и раствора «Белизны» (варианты 1 и 2) оказалось недостаточным для стерилизации. Растительный материал поражался грибной инфекцией уже на первых неделях выращивания. Благодаря дополнительной ступени обработки, использования Мирамистина (варианты 3-7) экспланты удалось поддержать в борьбе с инфекцией. Увеличение длительности экспозиции эксплантов в растворе гипохлорита натрия свыше 10 минут вызывало ожог тканей, что приводило к гибели эксплантов.

В результате проведённых исследований нами были отобраны три варианта опыта, показавшие наилучшие результаты (таблица 2).

Как видно из таблицы 2, наиболее жизнеспособные стерильные экспланты сирени нам удалось получить при последовательной стерилизации в растворах KMnO₄ (3 мин), 7,5% «Белизны» (7 мин) и Мирамистина (1 мин). Выход стерильных эксплантов в этом случае составил в среднем 69,8 %.

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

Таблица 2 - Влияние режима стерилизации (протокола) на выход жизнеспособных эксплантатов сирени

Стерилизующий раствор	Время экспозиции, мин	Количество жизнеспособных эксплантатов, %
КМnO4	3	69,8
Белизна 7,5%	7	
Мирамистин	1	
КМnO4	3	19,5
Белизна 7,5%	5	
Мирамистин	1	
КМnO4	3	22,4
Белизна 7,5 %	10	
Мирамистин	1	

Микропобеги наибольшей длины образовались у сортов Русь – 4,5 см; Медовый спас – 6,3 см; Ладога – 5,0 см (таблица 3). Коэффициент размножения, определяемый нами как количество микрочеренков, полученных с одного экспланта, на этих сортах составил 5,4; 5,1; 4,6. Наименьшее количество микропобегов образовалось у сорта Максимович, коэффициент размножения для данного сорта составил 0,9.

Таблица 3 - Коэффициент размножения и высота растений различных сортов сирени в культуре *in vitro*

Сорт	Количество микропобегов, шт.	Высота микропобегов, см	Коэффициент размножения, %
Русь	2	4,5	5,4
Бюфон	1	2,3	1,3
Багратион	1	2,7	1,1
Память о Колесникове	1	4,1	2,6
Георгий Свиридов	2	5,2	3,8
Индия	1	2,9	1,5
Медовый Спас	2	6,3	5,1
Ладога	1	5,0	4,6
Маршал Бирюзов	1	2,4	1,2
Максимович	1	2,0	0,9

На этапе размножения проявились морфологические особенности каждого генотипа сортов сирени. Микропобеги сирени сортов Русь, Память о Колесникове и Медовый спас формировали удлинённые

междоузлия с утолщёнными черешками. Некоторые имели признаки с характерным скручиванием листовой пластинки.

Наиболее интенсивный рост побегов в высоту был отмечен у сорта сирени Медовый Спас и составил 6,3 см. Наименьшая высота побегов была отмечена у сорта Максимович с показателем прироста 2,0 см.

Заключение. Для получения посадочного материала в запланированных объемах, создание и сохранение коллекций сортов декоративных растений в культуре *in vitro* заслуживает большого внимания. В результате исследований подобраны стерилизующие растворы, а также лучшее время экспозиции стерилизации эксплантов сирени. Для сортов сирени наиболее универсальной для большей части сортов можно считать питательную среду Мурасиге-Скуга с добавлением 0,6 мг/л 6-бензиламинопурина. Наибольший коэффициент размножения отмечался у сортов Русь (5,4 %) и Медовый Спас (5,1 %).

Литература

1. Меркер, В.В. Интродукция видов и сортов сиреней в Челябинской области / В.В Меркер // Челябинский государственный университет. - 2021. - № 2. - С. 60-65.

2. Хессайон, Д. Г. Все о декоративных деревьях и кустарниках/ Д. Г. Хессайон. – М.б «Кладезь-Букс», 2001. – 128 с.

3. Белорусец Е. Ш. Сирень / Е.Ш. Белорусец, В.К. Горб. - К.: Урожай, 1990.- 176 с.

4. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // *Physiol. Plant.* - 1962. - V.15. - № 95. - P. 473-497.

5. Муратова, С. А. Индукция морфогенеза из изолированных соматических тканей растений / С.А. Муратов, Н.В. Соловых, В.И. Терехова. - Мичуринск: изд-во МичГАУ, 2011. - 107 с.

6. Чурикова О.А. Микроклональное размножение декоративных культур: Сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.) / О.А. Чурикова, В. В. Мурашев - Москва: Изд-во "Московский университет", 2010. 32 с.

7. Молканова, О.И. Концепция формирования коллекции представителей рода *Syringa* L. в культуре *in vitro* / О.И. Молканова, О.В. Королева, И.Л. Крахмалева. - Достижения науки и техники АПК, 2020. - Т. 34. - №.9. - С. 30-34.

8. Молканова, О.И. Биологические особенности дальневосточных видов рода *Actinidia* Lindl. / О.И. Молканова, Н.В.Козак, Л.Н. Коновалова, Е.В. Малаева // Вестник Удмуртского ун-та, 2014. – Вып. 1. – С. 42–43.

9. Молканова, О.И. Биотехнологические и молекулярно-генетические методы для сохранения и воспроизводства полезных и редких растений / О. И. Молканова, О. Г. Васильева, Н. А. Мамаева и др. // История науки и техники, 2010. - № 5. - С. 74–79.

10. Молканова, О. И. Научные основы сохранения и воспроизводства генофонда ценных и редких видов растений в культуре *in vitro* / О. И. Молканова, О. Г. Васильева, Л. Н. Коновалова // Бюллетень ГБС РАН, 2015. - Вып. 201. - № 2. - С. 78-82.

11. Биотехнология сельскохозяйственных растений / Пер. с англ. В.И. Негрука. Предисловие Р.Г. Бутенко. - М.: Агропромиздат, 1987. – 301 с.

12. Катаева, Н.В. Клональное микроразмножение растений / Н.В. Катаева, Р.Г. Бутенко. - М.: Наука, 1983. - 96 с.

13. Бутенко, Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе Р.Г. Бутенко. - Москва: ФБК-ПРЕСС, 1999. - С. 158.

14. Молканова О.И. Особенности размножения и сохранения коллекции ценных и редких видов растений в условиях *in vitro* / О.И. Молканова, Т. Ю. Коновалова, Т. С. Стахеева // Бюллетень ГНБС, 2016. - Вып. 120. - С. 17-23.

15. Высоцкий, В. А. Клональное микроразмножение жимолости в производственных условиях / В.А. Высоцкий, В.А. Валиков // Садоводство и виноградарство, 2014. - № 6. - С.12–13.

16. Мельникова, Н. В. Использование молекулярно-генетических маркеров для верификации коллекции *in vitro* сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.) / Н.В. Мельникова, Е.В. Борхерт, С.П. Мартынов и др. // Генетика, 2009. - Т. 45. - № 1. - С. 97-103.

17. Матушкина, О.В. Особенности клонального микроразмножения ягодных культур / О.В. Матушкина, И.Н. Пронина // Пути интенсификации садоводства и селекция плодовых и ягодных культур. – Тула: Приокское книжное изд-во, 1989. – С. 167–170.

18. Молканова, О.И. Способ укоренения и адаптации растений, полученных в культуре *in vitro* с использованием мха сфагнума / О. И. Молканова, Л. Н. Коновалова, Е. И. Любимова и др. // Патент 2659237 РФ; опубл. 29.06.2018. Бюл. - № 19. - 2 с.

19. Чурикова, О.А. Особенности микроклонального размножения и морфогенеза *in vitro* некоторых представителей сем. Liliaceae. / О.А. Чурикова // Труды Томского государственного университета. Изд-во Томского Университета Томск, 2010. - Т.274. - С. 429-431.

20. Лободина, Е.В. Влияние сроков отбора эксплантов сирени (*Syringa vulgaris* L.) на жизнеспособность и контаминацию при введении в культуру *in vitro* / Е.В. Лободина, Е.Л. Супрун, Е.А. Беленко // Плодоводство и виноградарство Юга России, 2020. - № 61(1). - С. 98-107.

© Абрамова Г.В., Салихова З.З., Абрамов А.Г., Никишкина Н.И., 2023

Гарафутдинова Камила Рустемовна

Аспирант

amiliamilka24@gmail.com

Гилязов Миннегали Юсупович

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Казанский государственный аграрный университет,
Казань

РОЛЬ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДОСТУПНЫМИ ФОРМАМИ КРЕМНИЯ

Аннотация. В статье представлены обобщенные данные российских и зарубежных исследователей о влиянии кремния на рост и развитие растений, агрохимическую характеристику почв. Рассмотрена роль различных микроорганизмов в процессе разрушения силикатных минералов для восполнения дефицита кремния в пахотных почвах. В работе использован описательный метод исследования. Сделан вывод о положительном влиянии кремниевых соединений при их использовании как удобрений и почвенных мелиорантов, что позволяет рекомендовать их в качестве источника питания растений.

Ключевые слова: кремний, почва, силикатные бактерии, сельскохозяйственные культуры

Kamila R. Garafutdinova

Graduate student

amiliamilka24@gmail.com

Minnegali Y. Gilyazov

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Kazan State Agrarian University,
Kazan*

THE ROLE OF SOIL BIOTA IN PROVIDING AGRICULTURAL CROPS WITH AVAILABLE FORMS OF SILICON

Abstract. The article presents generalized data from Russian and foreign researchers on the influence of silicon on the growth and development of plants and the agrochemical characteristics of soils. The role of various microorganisms in the process of destruction of silicate minerals to compensate for silicon deficiency in arable soils is considered. The work used a descriptive research method. It was concluded that silicon compounds have a positive effect when used as fertilizers and soil ameliorants, which makes it possible to recommend them as a source of plant nutrition.

Keywords: silicon, soil, silicate bacteria, crops.

Введение. Кремний – второй по распространенности в земной коре химический элемент. Его среднее содержание в земной коре (кларк) составляет 27,6% [1]. Кремний присутствует в структуре более 350 минералов группы силикатов и алюмосиликатов (кварц, ортоклаз, микроклин, роговая обманка, биотит, мусковит и др.), входящих в состав многих почвообразующих горных пород [2]. Несмотря на широкую распространенность кремния в литосфере, лишь малая его часть является доступной для питания растений [3, 4].

Долгое время считалось, что кремний не является необходимым элементом для питания растений, однако в настоящее время растет интерес к кремниевым соединениям и их влиянию на растения. Еще академиком В.И. Вернадским отмечена особая биогеохимическая роль кремния [5]. Ныне существует ряд отечественных и зарубежных исследований, указывающих на значительную роль кремния в развитии живых организмов, в частности растений, и доказывающих его принадлежность к числу биофильных элементов [3, 4]. Однако вопросы о роли кремния в биосфере в целом, и почвенно-растительных системах в частности, остаются малоизученными.

Цель работы – анализ литературных источников о роли кремния в системе «почва-растения» и определение роли почвенной биоты в обеспечении сельскохозяйственных культур доступными формами кремния.

Материалы и методы. В работе использован описательный метод исследований. В результате проведенного анализа данных литературы систематизирован материал о возможностях применения кремнийсодержащих удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур, определено влияние почвенных микроорганизмов на доступность форм кремния в почве, а также воздействия кремнийсодержащих удобрений на агрохимическую характеристику почвы.

Результаты и обсуждение. Валовое содержание кремния в почве зависит от ее типа и гранулометрического состава. Так, в глинистых почвах содержится до 35% кремния, в легких песчаных – 45-49%. Содержание кремния в верховом торфе составляет 1% [6]. Большая часть кремния в почве находится в структуре почвообразующих минералов – кварца, полевых шпатов, ортоклаза и др., и является химически связанной, недоступной для растений. Содержание подвижных форм кремния составляет около 13% от общего или 150-200 мг/кг почвы [7]. Исходя из этого, растения могут испытывать недостаток кремния.

Баланс валового кремния в почве определяется типом почвообразовательного процесса. Так, при подзолистом и ферралитном процессах почвообразования происходит активное вымывание доступных форм кремния в нижележащие горизонты.

Основным источником отчуждения кремния из почв является вынос его с урожаем сельскохозяйственных культур. По некоторым данным, ежегодно в мире из пахотных почв выносятся около 210-224 млн т кремния, или 30-700 кг/га в зависимости от культуры и ее урожайности [6]. Вследствие этого в пахотных почвах складывается дефицит подвижных форм кремния, восполнение которого возможно благодаря применению удобрений [8].

Наиболее отзывчивой к кремнию культурой является рис. Установлено, что недостаток кремния приводит к значительному снижению урожайности и качества получаемого зерна [9]. К кремнефилам также относят и другие злаковые (пшеница, ячмень, сорго и др.), сахарный тростник, кукурузу, подсолнечник, сахарную свеклу, огурцы и прочие культуры [10].

В качестве кремниевых удобрений используют как природные (цеолиты, диатомит, трепел, бентонит и др.), так и синтетические вещества, и отходы промышленности. Также в качестве удобрения применяют шелуху и солому риса, содержащую до 20% SiO₂ [11-13].

Известно положительное влияние нативных кремнийсодержащих пород на агрохимическую характеристику почвы. Так, в работе А.В. Козлова с соавт. (2017) изучено воздействие цеолита Хотынецкого месторождения и диатомита Инзенского месторождения в различных дозах на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы. Установлено снижение избыточной кислотности почвы и содержания подвижных форм алюминия, увеличение содержания в почве обменных форм кальция и магния [14].

Выявлено улучшение агрофизических свойств почвы в условиях Республики Башкортостан – плотность сложения снизилась на 0,02-0,06 г/см³, содержание агрономически ценных агрегатов повысилась на 4,3-7,8%, водопрочность агрегатов – на 2,1-9,23% [15].

Помимо внесения удобрений, повысить содержание доступных для растений форм кремния можно с помощью микроорганизмов. О.Б. Вайшля с соавт. (2007) изучена способность *Bacillus mucilaginosus* мобилизовать кремний и фосфор из фосфоритной руды [16].

М.Г. Соколовой с соавт. (2019) изучено влияние биопрепарата Кремнебактерин на растения пшеницы и овса в условиях загрязненной мышьяком почвы. Биопрепарат был получен на основе штамма *Bacillus mucilaginosus var. Siliceus*. Эксперимент проводили в вегетационных условиях. Полученные результаты показали большее накопление кремния в обоих тест-растениях на техногенно загрязненной почве, нежели на окультуренной. Силикатные бактерии стабилизировали рост и развитие тест-растений в условиях загрязнения, повышая транслокацию кремния в растительных тканях, что усилило адаптационные свойства. Бактерии также защищали тест-растения от избытка тяжелых металлов, связывая их в почве. Результатами эксперимента была выявлена

большая восприимчивость растений пшеницы к снижению силикатными бактериями негативного воздействия техногенного загрязнения [17].

А.В. Козловым с соавт. (2017) проведено изучение бактериальной деградации кремниевых пород первичными сапротрофными микроорганизмами в лабораторном опыте. В качестве кремниевых пород использовались диатомит Инзенского месторождения (Ульяновская область), цеолит Хотынецкого месторождения (Орловская область) и бентонитовая глина Зырянского месторождения (Курганская область). Микроорганизмы были выделены из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. В результате экспериментов установлена способность аммонифицирующих и целлюлозолитических бактерий проводить минерализацию кремнийсодержащих материалов с высвобождением в растворимое состояние фосфатов, силикатов, а также калия, кальция и магния [18].

Силикатные бактерии участвуют не только в разрушении кремнистых минералов, но и в расщеплении органических веществ, повышая тем самым содержание гумуса в почве, способствуя лучшей адаптируемости растений и увеличению урожая [19, 20]. Помимо этого, кремниймобилизующие бактерии улучшают химические, физические и биологические свойства почвы (рис. 1).



Рисунок 1. Влияние кремниймобилизующих бактерий на свойства почвы [21]

Таким образом, возможность извлечения биогенных элементов из труднорастворимых соединений позволяет использовать штаммы различных микроорганизмов в качестве бактериального удобрения для применения в системах биологического и органического земледелия.

Литература

1. Химическая энциклопедия: В 5 т.: т.5: Три-Ятр. / Ред. кол.: Зефилов Н. С. (гл. ред.) и др. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. – 783 с.: ил.
2. Ермолов, В.А., Ларичев Л.Н., Мосейкин В.В. Основы геологии: Учеб. для вузов / Под ред. В.А. Ермолова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2008. – 598 с.: ил.
3. Шеуджен, А.Х. Агробιοгеохимия / А.Х. Шеуджен. - 2-е изд. перераб. и доп. Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.
4. Вернадский В.И. Биосфера / В.И. Вернадский // Труды по биогеохимии. М.: Мысль, 1967. 376 с.
5. Чертко, Н.К. Геохимия и экология химических элементов: Справочное пособие / Н.К. Чертко, Э.Н. Чертко. Мн.: Издательский центр БГУ, 2008. – 140 с.
6. Самсонова, Н. Е. Кремний в растительных и животных организмах / Н. Е. Самсонова // Агрохимия. – 2019. – № 1. – С. 86-96. – DOI 10.1134/S0002188119010071.
7. Аммосова, Я.М., Балабко П.Н., Матыченков В.В. Кремнезем в системе почва–растение // Агрохимия. - 1990. - № 10. - С. 103–108.
8. Голованов Д.Л. Кремний – незаменимый микроэлемент питания природных и культурных злаков / Д.Л. Голованов // Удобрения и химические мелиоранты в агроэкосистемах. М.: Изд-во МГУ, 1998. - С. 247–250.
9. Ma J.F., Yamaji N. Silicon uptake and accumulation in higher plants // Trends Plant Sci. 2006. № 11. P. 342–397.
10. Матыченков, И.В. Изучение взаимовлияния кремниевых, фосфорных и азотных удобрений в системе почва-растение: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04 / И.В. Матыченков. - Москва, 2014. - 136 с.
11. Yoshida, S. The availability of silicon in paddy soil // Paddy Soil Science / Ed. Kawagushi. Kodansha, Tokyo, Japan, 1978. - P. 293-299.
12. Куликова, А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур / А.Х. Куликова. - Ульяновск: Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина, 2013. - 175 с.
13. Применение цеолитсодержащих пород в земледелии и растениеводстве / Е.А. Прищепенко, В.В. Ревенко, И.А. Дегтярева [и др.]. – Казань: Логос-Пресс, 2021. – 252 с. – ISBN 978-5-6047714-7-1.
14. Козлов, А.В. Влияние диатомита, цеолита и бентонитовой глины на показатели физико-химического состояния дерновоподзолистой почвы / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, Н.Н. Копосова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2017. - Т. 19. - № 2(2). - С. 275-280.

15. Исламгулова, Г.Е. Роль природных цеолитов в экологической реабилитации почв агроэкосистем степного Зауралья Башкортостана: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.13 / Г.Е. Исламгулова. - Тольятти. - 2010. - 20 с.

16. Вайшля, О.Б. Микробиологические аспекты гипергенеза / О.Б. Вайшля, А.А. Ведерникова, А.П. Бондаренко. - Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. - 288 с.

17. Роль силикатных ризобактерий в биосорбции кремния в системе почва–растение при полиэлементном загрязнении почв / М.Г. Соколова, Г.А. Белоголова, Г.П. Акимова, О.Б. Вайшля // Агрохимия. – 2019. – № 1. – С. 71-77. – DOI 10.1134/S0002188119010113.

18. Козлов, А.В. Биохимическая активность и продукты выщелачивания из природных кремнийсодержащих материалов первичными сапротрофными бактериями дерново-подзолистой почвы / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, И.П. Уромова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3(39). – С. 55. – DOI 10.18286/1816-4501-2017-3-55-62.

19. Bharti V, Dotaniya M, Shukla S, Yadav V (2017) In: Jay SS, Gamini S (eds) Agro-environmental sustainability, 1st edn. Springer, Cham.

20. Sindhu V, Chatterjee R, Santhoshkumar G, Sinha T (2020) Enrichment of Organic Manures and Their Utilization in Vegetable Crops. Curr J App Sci Technol 39:10–24.

21. Raza, T., Abbas, M., Amna et al. Impact of Silicon on Plant Nutrition and Significance of Silicon Mobilizing Bacteria in Agronomic Practices. Silicon 15, 3797–3817 (2023).

© *Гарафутдинова К.Р., Гилязов М.Ю., 2023.*

Ибатуллин Ильдар Маратович¹

Аспирант

kandidatagrotat@gmail.com

Гилязов Миннегали Юсупович¹

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Лукманов Анас Ахтямович²

Доктор сельскохозяйственных наук

Салимзянова Ильмира Наилевна²

Кандидат сельскохозяйственных наук

¹Казанский государственный аграрный университет, Казань

²ФГБУ ЦАС «Татарский», Казань

АГРОХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТРАНСФОРМАЦИИ КРЕМНИЯ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЯ- МИКРООРГАНИЗМЫ»

Аннотация. Рассмотрены основные формы кремниевых соединений в почве, дано их распределение по почвенным фазам, классификация по количеству атомов, биологической доступности для организмов. Описан цикл трансформации кремния в системе «почва-растения-микроорганизмы» с агрохимической и биологической сторон. Оценено влияние антропогенного фактора на круговорот кремния. Показана возможность и необходимость перевода кремния в доступную растениям форму за счет биологических препаратов или внесения в виде удобрений для компенсации его выноса с урожаями сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: кремний, почва, растение, микроорганизмы, трансформация, круговорот, биодоступность, удобрение, биопрепарат.

Ildar M. Ibatullin¹

PhD student

kandidatagrotat@gmail.com

Minnegali Y. Gilyazov¹

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Anas A. Lukmanov²

Doctor of Agricultural Sciences

Ilmira N. Salimzyanova²

Candidate of Agricultural Sciences

¹Kazan State Agrarian University, Kazan

²FGBU CAS "Tatarsky", Kazan

AGROCHEMICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS OF SILICON TRANSFORMATION IN A SYSTEM «SOIL-PLANTS-MICROORGANISMS»

Abstract. The main forms of silicon compounds in soil, their distribution among soil phases, classification by the number of atoms, and the biological availability of organisms are considered. The cycle of silicon transformation in the “soil-plants-microorganisms” system is described from the agrochemical and biological side. The influence of the anthropogenic factor on the silicon cycle has been assessed. The possibility and necessity of transferring silicon to accessible plants in the form of biological preparations or applying fertilizers to remove it from agricultural crops is shown.

Keywords: silicon, soil, plant, microorganisms, transformation, cycle, bioavailability, fertilizer, biopreparation.

Почва – это кладовая природы, в которой содержатся практически все элементы таблицы Менделеева. Содержание химических элементов в почвенном покрове существенно различается в зависимости от климатических условий региона, материнской породы, рельефа местности, характера использования земель и других факторов. Наличие и соотношение питательных элементов в почвах представляются существенными агрохимическими показателями их плодородия [1]. Избыточное накопление любых элементов и веществ приводит к загрязнению почв и снижению урожайности [2], а их оптимальное соотношение – повышению продуктивности земель [3]. При решении задачи повышения плодородия почв [4] чаще всего обращают внимание на макроэлементы (азот, фосфор и калий), вносимые в виде органических и минеральных удобрений в большом количестве [5]. Однако для последовательного развития высокопродуктивного и устойчивого земледелия необходимо помимо перечисленных основных показателей плодородия уделить внимание и таким параметрам как гумусированность, кислотность, содержание тяжелых металлов, эссенциальных мезо- и микроэлементов [6]. Одним из важных мезоэлементов является кремний (Si) [7].

Если оценить по валовому содержанию, то по распространённости в земной коре кремний занимает второе место после кислорода с массовой долей 27,6-29,5 % [8]. Однако такое большое значение не должно вводить в заблуждение, так как живыми организмами потребляются только биодоступные подвижные формы кремния, коих в почве содержится значительно меньше и порой даже наблюдаться их острый недостаток. Это следует учитывать при изучении агрохимических и микробиологических аспектов трансформации Si.

Любая почва состоит из четырех фаз: твердой (минеральное и органическое вещество), жидкой, газообразной и живой. Так как почва представляет собой верхние слои литосферы, то, естественно, основной фазой является твердая. Применительно к Si, ее образуют диоксид кремния и различные алюмосиликаты. Скелет почвы сформирован в основном из кварца (кристаллической разновидностью кремнезема),

крупнокристаллических силикатов (полевои шпат, плагиоклаз, пироксен), глинистых кремнийсодержащих минералов (каолинит, вермикулит, смектит) [9]. Подобное высокое содержание кремния и его каркасообразующие свойства обусловлены инертностью и стойкостью к выветриванию перечисленных выше минералов. Роль Si, формирующего структуру почвы, можно сравнить с ролью углерода в органическом мире. Примечательно, что оба этих элемента располагаются в 14-й группе периодической таблицы химических элементов друг под другом, что, вероятно, предопределяет схожесть их свойств и образования связей с другими элементами. При этом массовая доля кремния различается от вида почв. Больше всего его содержится в песчаных почвах – 45–49% (в ряде почв более 80%), поменьше в глинистых - порядке 20–35%, и меньше всего в торфяных (в отдельных почвах в верховом торфе около 1%) [10].

Что касается газообразной фазы, то в случае кремния она практически не представлена, так как кремнийсодержащие соединения тяжелее воздуха и при атмосферном давлении в земных условиях существуют в виде твердой и жидкой фаз. Поэтому при изучении трансформации кремния в почве обычно ограничиваются изображением 3 фаз (рис. 1).

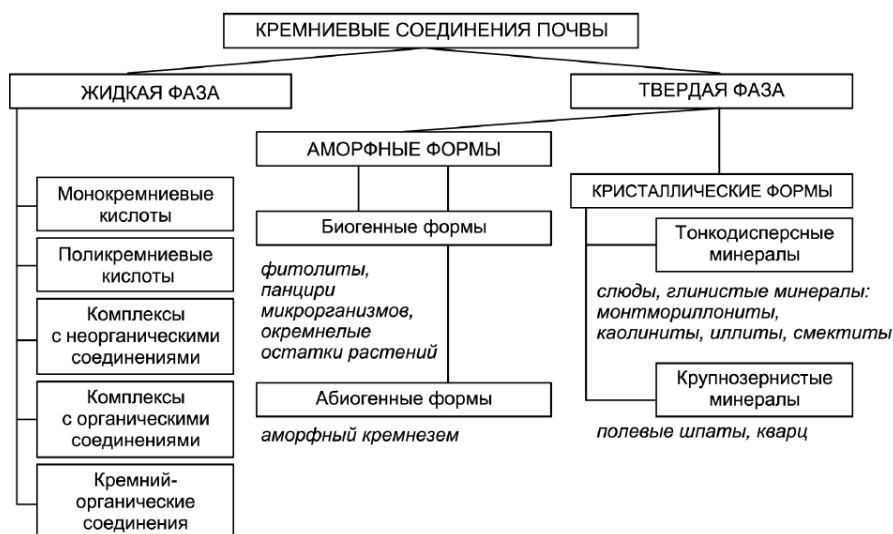


Рисунок 1. Состав кремниевых соединений почвы [11]

Помимо инертных кристаллических форм, большое значение в круговороте кремния играют аморфные формы твердой фазы, которые выступают промежуточным звеном между кристаллической формой и жидкой фазой. Прежде всего, речь идет о тонкодисперсном аморфном кремнеземе, который более чем в 10 раз лучше растворим в воде, чем кварц. Растворение проходит в несколько стадий с образованием нестойких промежуточных соединений [12]. В конечном этапе этого процесса кремний переходит в жидкую фазу и образуются монокремниевые кислоты двух разновидностей: ортокремниевая H_4SiO_4 и

метакремниевая H_3SiO_3 (рис.2). При этом ортокремниевая кислота в молекулярном виде и ее анион H_3SiO_4^- представлена в природе весьма широко, в то время как метакремниевая кислота встречается редко. Перечисленные формы кремния оказывают взаимное влияние друг на друга: содержание аморфного кремнезема воздействует на концентрацию монокремниевой кислоты, а последняя контролирует направленность трансформационных изменений вторичных алюмосиликатов [13].

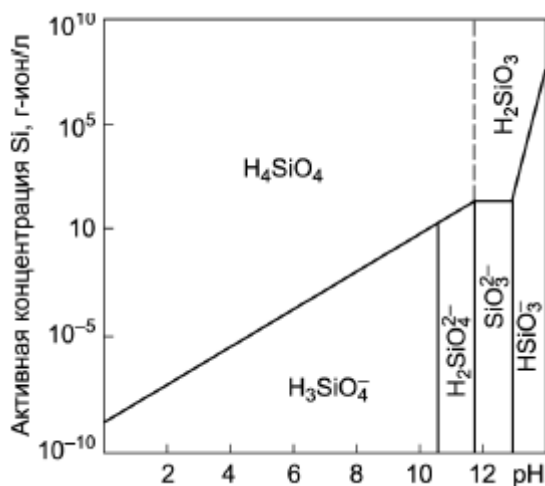


Рисунок 2. Кремниевые кислоты в природных водных растворах [14]

Среди растворимых форм кремния важную роль играют поликремневые кислоты, которые содержат в своем составе несколько атомов Si в отличие от монокремниевых кислот, где такой атом всегда один. В противоположность монокремниевым кислотам, полимерные формы за счет изгиба своей макромолекулы являются химически инертными и выполняют, прежде всего, адсорбирующие функции и формируют почвенные коллоиды [15]. Поликремневые кислоты, как важный компонент почвенного раствора, играют весомую роль в формировании водоудерживающих и антиэрозионных свойств почвы.

Ошибочно было бы считать, что кремний способен образовывать только неорганические соединения неживой природы. Конечно, в плане построения органических соединений кремний не сравнится со своим соседом по группе периодической системы химических элементов «хедлайнером» углеродом. Однако в природных водах, почвенных растворах и живых клетках присутствуют кремнийорганические соединения, образованные за счет водородных связей. В частности, кремнегели, взаимодействуя с фульвокислотами, способствуют стабилизации гумуса. Кремниевые кислоты способны образовывать с органическими и неорганическими лигандами растворимые в воде комплексные соединения, участвуя в дальнейшем в формировании кремнийсодержащих минералов.

Рассмотрев основные формы кремниевых соединений почвы, можно перейти к описанию его круговорота (рис. 3), который подчиняется законам сохранения, как и круговороты других элементов.

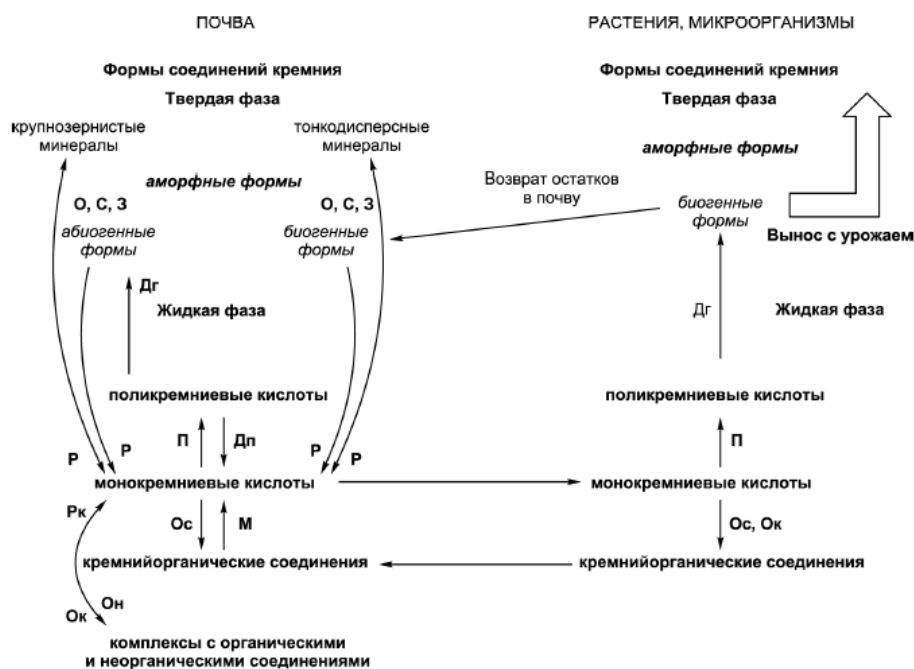


Схема кремниевого цикла в системе почва—растение—микроорганизмы и физико-химические процессы в нем: Р — растворение, О — осаждение, П — полимеризация, Дп — деполимеризация, Дг — дегидратация, С — солеобразование, З — замещение неорганических анионов, Ос — образование кремнийорганических соединений, Он — образование комплексов с неорганическими соединениями, Ок — образование комплексов с органическими соединениями, Рк — разрушение комплексов, М — минерализация кремнийорганических соединений

Рисунок 3. Круговорот кремния в природе [11]

В отличие от агрохимии с ее треугольником Д.Н. Прянишникова «почва-растение-удобрение», в цикле кремния у нас несколько другая триада «почва-растения-микроорганизмы».

Для поглощения растениями, кремний должен быть в биодоступной растворенной форме [8]. Живые организмы усваивают кремний преимущественно в форме монокремниевой кислоты или ее аниона [16]. То есть растения могут усваивать Si не только в ионной, но и в молекулярной форме, что совсем нетипично для других элементов. Львиная доля (95-99%) доступных растениям мономеров кремниевой кислоты находится в почве в легкоадсорбированном состоянии и лишь 1-5% — в истинном почвенном растворе. Поэтому при изучении подвижных форм кремния надо уделять внимание не только соединениям Si в жидкой фазе, но и в аморфной форме твердой фазы (см. рис.2). В данном случае речь идет об аморфном кремнеземе, который является донором мономерных форм в почвенный раствор по мере их поглощения растениями. Предполагается, что во время засухи этот процесс может осложняться.

У высших растений поглощение Si идет через корни и частично через листья. Попавшая в растительный организм монокремниевая кислота образует кремнийорганические соединения. Также поглощенные

мономерные формы образуют поликремневые кислоты и в таком виде транспортируются внутри растения при участии специальных белков-переносчиков. Часть Si запасается в клетках в форме высокомолекулярных поликремниевых кислот. Кроме того, имеет место дегидратация поликремниевых кислот, которая приводит к образованию в межклеточном веществе и клетках растений фитоцитов, которые представляют собой диоксид кремния аморфной структуры [17].

После отмирания растений высвобождение кремниевых соединений происходит за счет процессов растворения и разложения с участием микроорганизмов. Высвобождаемые в результате гибели растения фитоциты формируют биогенную форму аморфного кремнезема. В конечном результате всех этих процессов «разложения – растворения» вновь образуются монокремниевые кислоты, которые как кирпичики в кладке здания могут образовывать олигомеры, низко-, средне- и высокомолекулярные поликремниевые кислоты, комплексы с лигандами или повторно усваиваться растениями из почвенного раствора. Цикл кремния замыкается и может функционировать тысячелетиями.

После сельскохозяйственного освоения земель круговорот Si в природе вмешивается homo sapiens и как черная дыра засасывает в свой хозяйственный оборот кремний вместе с урожаем. В результате отчуждения кремния с товарной продукцией его с каждым сельскохозяйственным циклом остается в почвенной системе все меньше и со временем может возникнуть его недостаток. Причем такой дефицитный кругооборот характерен не только для Si, но и для других элементов и гумуса [18]. Как отмечали ранее, биодоступных подвижных форм кремния в почвах значительно меньше, чем инертных недоступных. Решить эту проблему можно попытаться за счет высвобождения при участии биопрепаратов и микроорганизмов малодоступных форм кремния и перевода их в доступные для растений формы. Правда этот процесс сопряжен с целым рядом сложностей и сильно зависит от климатических и иных условий, при которых работают биологические препараты и живые организмы, что снижает его эффективность [19]. Многим кажется, что значительно проще, дешевле и технологичнее решить эту проблему путем внесения в почву кремниевых удобрений, чтобы компенсировать вынос Si с урожаем [20]. На наш взгляд, оба направления оптимизации кремневого питания растений имеют право на существование и должны быть предметом дальнейших исследований.

Литература

1. Гилязов, М. Ю. Экология агрохимикатов: Методические указания по выполнению практических работ и организации самостоятельной работы / М. Ю. Гилязов, А. А. Лукманов. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – 48 с. – EDN VBBGLR.

2. Равзутдинов, А. Р. Влияние уровня старого нефтяного загрязнения на агрохимические свойства серой лесной почвы / А. Р. Равзутдинов, М. Ю. Гилязов, С. М. Галаветдинов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции агрономического факультета Казанского государственного аграрного университета, Казань, 06 апреля 2016 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 68-72. – EDNYQPSTF.

3. 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. - № 2(70). – С. 42-49. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-42-49. – EDN PNUUYR.

4. Особенности управления земельными ресурсами Республики Татарстан и приёмы повышения плодородия почв: Учебное пособие / С. Р. Сулейманов, Н. А. Логинов, С. В. Сочнева [и др.]. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – 64 с. – EDN VYNGDD.

5. Объемы применения удобрений и урожайность зерновых культур в Республике Татарстан / А. А. Лукманов, И. М. Суханова, Г. К. Хузина, Р. Р. Гайров // Агрохимический вестник. – 2021. – № 3. – С. 3-6. – DOI 10.24412/1029-2551-2021-3-001. – EDN VYTGIP.

6. Салимзянова, И. Н. Агрохимическая оценка почв Предкамья Республики Татарстан: специальность 06.01.04 "Агрохимия": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / И.Н. Салимзянова. – Казань, 2004. – 158 с. – EDN NMSZDX.

7. Гарафутдинова, К. Р. Влияние предпосевной обработки семян кремнийсодержащими веществами на морфометрические параметры яровой пшеницы / К. Р. Гарафутдинова, М. Ю. Гилязов, Е. А. Прищепенко // Воспроизводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях: СБОРНИК ТРУДОВ II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА БОРИСА ИВАНОВИЧА ГОРИЗОНТОВА, Казань, 14–15 июня 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 186-191. – EDN UGRZBH.

8. Сравнительная оценка методов фотоколориметрии (ФК) и атомно-эмиссионной спектрометрии (ИСП-АЭ) при определении форм кремния в серой лесной почве / И. М. Ибатуллин, М. Ю. Гилязов, А. А. Лукманов, И. Н. Салимзянова // Воспроизводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях: СБОРНИК ТРУДОВ II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА БОРИСА ИВАНОВИЧА ГОРИЗОНТОВА. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 192-199. – EDN PJBQOQ.

9. Химия почв: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Агрохимия и почвоведение" / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, Н. И. Суханова. – Москва: Высш. шк., 2005. – 557 с. ISBN 5-06-004428-5. – EDN QKXJEN.

10. Перельман А. И. Геохимия: Учеб. для геол спец. вузов. - 2-е изд., перераб и доп. / А.И. Перельман - М. Высш. шк, 1989. – 528 с.: илл. ISBN 5-06-000472-4

11. Подвижные кремниевые соединения в системе почва-растение и методы их определения / И. В. Матыченков, Д. М. Хомяков, Е. П. Пахненко [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2016. – № 3. – С. 37-46. – EDN VZSFQJ.

12. The chemistry of silica: solubility, polymerization, colloid and surface properties, and biochemistry / Ralph K. Iler New York: Wiley, 1979.

13. Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons. Inc., New York, 449 p.

14. Бабушкин В.И., Термодинамика силикатов, 4-е изд., перераб. и доп. / В.И. Бабушкин, Г.М. Матвеев, О.П. Мчедлов-Петросян. - М.: Стройиздат, 1986. – 408 с., ил.

15. Яцинин, Н.Л. Коллоидно-высокомолекулярные системы солонцов Северного Казахстана: Автореф. дис. на соискание ученой степени докт. биол. Наук / Н.Л. Яцинин. - Ташкент, 1994. – 310 с.

16. Ma J.F. Function of silicon in higher plants // WEG Muller. Progress in Molecular and Subcellular biology. Vol. 33. Berlin; Heidelberg, 2003. P. 127—147

17. Формы биогенного кремнезема в луговых почвах Среднеамурской низменности / Л. А. Матюшкина, А. А. Гольева, А. С. Стенина, Г. В. Харитоновна // Региональные проблемы. – 2017. – Т. 20, № 1. – С. 34-38. – EDN ZOKAVJ.

18. Гаффарова, Л. Г. Процесс почвообразования в агросерых почвах и их аналогах естественных экосистем в среднем Поволжье / Л. Г. Гаффарова, Р. В. Миникаев, Э. И. Хамитова // Актуальные проблемы лесной биогеоценологии: Сборник научных статей. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательско-полиграфическая компания "Бриг", 2022. – С. 22-26. – EDN GFGCWU.

19. Гилязов, М. Ю. Эффективность применения биопрепарата Экстрасол на посевах яровой пшеницы в условиях серой лесной почвы / М. Ю. Гилязов, А. А. Смирнов, Б. Г. Хантимиров // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции Казанского ГАУ, посвященной 95- летию агрономического факультета. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. – С. 43-45. – EDN HWPMLR.

20. Гарафутдинова, К. Р. Влияние кремнийсодержащей породы на агрохимическую характеристику серой лесной почвы и структуру урожая

гречихи / К. Р. Гарафутдинова, М. Ю. Гилязов, Е. А. Прищепенко // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 148-155. – EDN KSWGQS.

© *Ибатуллин И.М., Гилязов М.Ю., Лукманов А.А., Салимзянова И.Н., 2023*

Кунгуров Галим Алимжанович¹
Суханов Артемий Юрьевич
Куватова Алина Владиславовна
Дэниел Мавуена Афордоаньи
Валидов Шамиль Завдатович

*Доктор биологических наук, зав. лабораторией
ФИЦ КазНЦ РАН
Казань*

[¹gkungurov567@gmail.com](mailto:gkungurov567@gmail.com)

ПОЛУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ БИОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ДЕЛЕЦИОННОГО МУТАНТА *PSEUDOMONAS PUTIDA* PCL1760 ПО ГЕНУ *FLHA*

Аннотация: *Pseudomonas putida* PCL 1760 – штамм, выделенный из ризосферы авокадо, является агентом биологического контроля, действующим по механизму конкуренции за ниши (CNN – competition for nutrients and niches). Считается, что *P. putida* PCL 1760 защищает растение за счет эффективной колонизации ризосферы. В этой статье мы хотим обратить внимание на подвижность, как один из факторов эффективной колонизации и биозащиты.

Ключевые слова: *Pseudomonas*, биологическая защита растений.

Galim A. Kungurov¹

Artemiy Y. Sukhanov

Alina V. Kuvatova

Daniel Mawuena Afordoanyi

Shamil Z. Validov

Doctor of Biological Sciences, Head. the laboratory

Federal Research Center of

Russian Academia of Science

Kazan

[¹gkungurov567@gmail.com](mailto:gkungurov567@gmail.com)

OBTAINING AND ANALYZING THE BIOPROTECTIVE PROPERTIES OF THE DELETION MUTANT *PSEUDOMONAS PUTIDA* PCL1760 BY THE *FLHA* GENE

Abstract: *Pseudomonas putida* PCL 1760, a strain isolated from avocado rhizosphere, is an agent of biological control acting via the mechanism of competition for nutrients and niches (CNN – competition for nutrients and niches). It was shown that this plant protection mechanism is based on active

colonization. In this report we want to draw attention to motility as one of the constituents of effective colonization.

Keyword: *Pseudomonas*, biological protection of plants.

Введение. Так как существует необходимость в достижении безопасной сельскохозяйственной продукции, используя лишь безвредные для экологии методы, биологический подход к защите растений привлекает все большее внимание для решения данной проблемы. На протяжении десятилетий исследуются механизмы взаимодействия растений и микробиологического сообщества, понимание которых обеспечит создание биопрепаратов для защиты урожаев от фитопатогенов, используя микроорганизмы.

На сегодняшний день значительный интерес вызывают штаммы ризобактерий родов *Pseudomonas* и *Bacillus*, которые продуцируют биоактивные вещества, позволяющие агентам биологической защиты действовать через механизмы паразитизма и хищничества, антибиоза, конкуренции за питательные вещества и ниши (CNN), а также способны индуцировать системную резистентность (ISR) растений [1].

Pseudomonas putida - вид, распространенный повсеместно во всех основных природных средах, часто в тесной связи с растениями, широко применяется как в сельском хозяйстве, так и в промышленной биотехнологии.

Pseudomonas putida PCL 1760 – один из штаммов данного вида, обнаруженный в ризосфере авокадо. Было продемонстрировано, что он может бороться с корневой гнилью томата, вызываемой *Forl* ZUM2407 по механизму конкуренции за питательные вещества и ниши (CNN – competition for nutrients and niches) и имеет потенциал к применению как препарат биозащиты растений [2]. Кроме того, PCL 1760 является конкурентоспособным с точки зрения устойчивости к антибиотикам и иммунитета, и может использоваться не только в сельском хозяйстве, но и в биотехнологии как модельный штамм [3].

Еще одним важным преимуществом является меньший размер генома (6002785 п.н., GenBank CP099727) по сравнению с ближайшим его аналогом, *P. putida* KT2440 (6181873 п.н., GenBank AE015451), что облегчает генетические манипуляции.

В данной работе рассматривается влияние удаления гена, отвечающего за формирование жгутиков у *Pseudomonas putida* PCL1760.

Подвижность бактерий - широко распространенная характеристика, которая может обеспечить клетке ряд преимуществ, в том числе она способствует колонизации. В этом смысле подвижность участвует во взаимодействии между микроорганизмами и их хозяином, в частности, в защите растения-хозяина от инфекционных патогенных процессов. Действительно, неподвижные мутанты либо ослаблены, либо полностью

50% случаев потеря интегрированной плазмиды ведет к делеции, а в другой половине случаев происходит возврат к дикому типу, поэтому полученные клоны необходимо проверить на наличие делеции выбранного фрагмента. Проверка полученных мутантов производилась с помощью ПЦР со специально разработанными праймерами.

Для полученного мутанта был проведен тест на подвижность. Для этого культуру исходного штамма и мутантов засеивали на чашки Петри уколом микробиологической петли с биомассой интересующего штамма. Подвижность анализировали на 3-4 день инкубирования при 30°C выращивая культуру клеток при 30°C: измеряли диаметры распространения штаммов на поверхности агара и проводили статистический анализ в программе OriginLab Pro (OriginLab Corp., Нортгемптон, Массачусетс, США). Достоверную разницу между группами оценивали апостериорного критерия Тьюки (при значении $p \leq 0,05$).

Следующим этапом стало сравнение колонизационных свойств делеционного штамма. Стерильные проростки томатов обрабатывали суспензией клеток мутантного и дикого штамма, затем переносили в стерильную трубку для роста в гнотобиотической системе. Через семь дней отсекали по 1 сантиметру базальной и апикальной частей корня, делали разведения и посев на питательную среду. На следующий день подсчитывали КОЕ и проводили статистический анализ в OriginLab Pro с использованием апостериорного критерия Тьюки (при значении $p \leq 0,05$).

Наконец, определили способность *P. putida* $\Delta flhA$ защищать растения томата от *Forl* ZUM2407 по сравнению со штаммом дикого типа *P. putida* PCL1760 в лабораторных условиях в горшках, содержащих минеральную вату, предварительно пропитанную конидиальной суспензией *Forl* ZUM2407. В этом случае после промывки стерильным PBS полученные осадки ресуспендировали в 1% карбоксиметилцеллюлозе (КМЦ) до конечного значения оптической плотности (ОП) 0,1 при 595 нм. Стерильные семена томатов инокулировали в клеточную суспензию в течение 25 мин и сушили в ламинарном боксе. Семена выращивали до 21 дней в камере климат-контроля при следующих условиях: температура, 27 ± 1 °C; световой цикл, 90% с циклами дня и ночи 16:8; и 70% влажности. Индекс заболеваемости (ИЗ) рассчитывали по формуле:

$$\text{ИЗ} = \frac{n_0 \times 0 + n_1 \times 1 + n_2 \times 2 + n_3 \times 3 + n_4 \times 4}{n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4}$$

где n_0 , n_1 , n_2 , n_3 , n_4 — количество растений с индексами соответственно 0, 1, 2, 3 и 4.

Статистический анализ ИЗ среди обработок проводили с использованием программы OriginLab Pro (OriginLab Corp., Нортгемптон, Массачусетс, США). Достоверную разницу между группами оценивали с использованием апостериорного критерия Тьюки (при значении $p \leq 0,05$).

Результаты. Мутант *Pseudomonas putida* $\Delta flhA$ был получен после электропорации вектора pK18mobsacB:fl $\Delta flhA$, с последующим ростом на селективной агаризованной среде LB с сахарозой. Среди отобранных колоний после посева восемь колоний из семнадцати имели хромосомную делецию гена *flhA* с фрагментами размером примерно 1500 п.н (рис. 2).

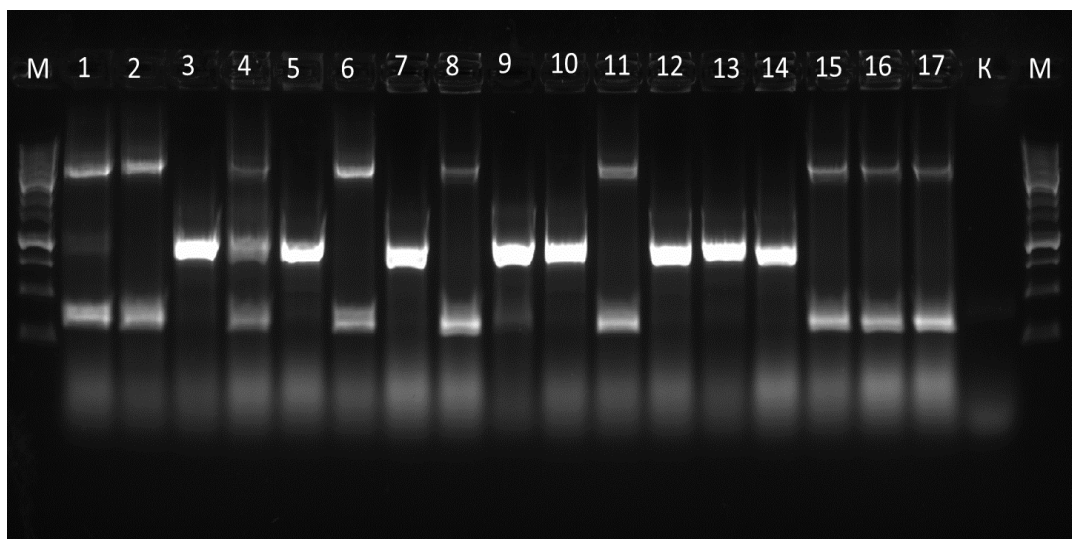


Рисунок 2. ПЦР, проведенная для отбора делеционного мутанта *P. putida* ($\Delta flhA$).

Результаты теста на подвижность после статистической обработки данных показывают, что для мутантного штамма диаметр распространения составлял $2,5 \pm 0,5$ мм, тогда как исходный штамм распространился на $17 \pm 1,1$ мм (рис. 3).

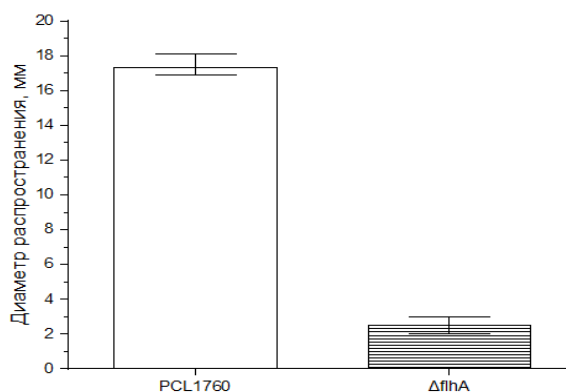


Рисунок 3. Сравнение подвижности мутантного и исходного штамма.

Способность делеционного мутанта PCL1760 $\Delta flhA$ по сравнению со штаммом дикого типа колонизировать корни растений томата в конкурентной колонизации показана на рисунке 4. Результаты показали,

что колониеобразующая единица PCL1760 и PCL1760 ($\Delta flhA$) на сантиметр (КОЕ/см) длины корня на базальной части с учетом разведений составила $5,1 \times 10^5 \pm 1,05 \times 10^5$ и $2,2 \times 10^5 \pm 0,6 \times 10^5$, тогда как на апикальной части корня, популяция составила как $4,08 \times 10^3 \pm 0,6 \times 10^3$ и $1,23 \times 10^3 \pm 0,5 \times 10^3$ соответственно (рис. 4).

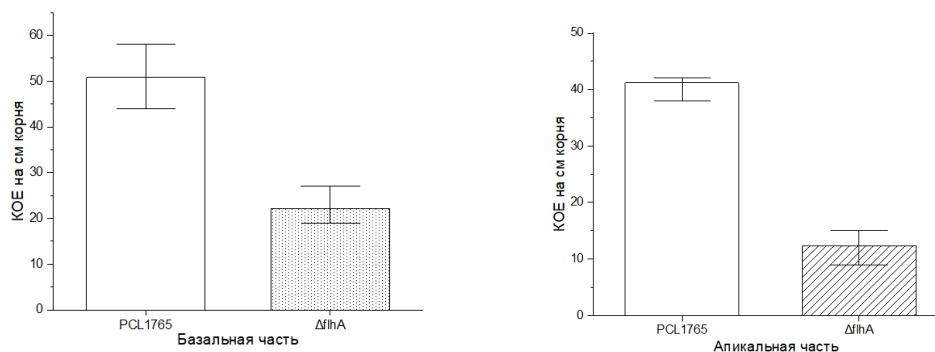


Рисунок 4. Сравнение колонизационных свойств *P. putida* PCL1760 и $\Delta flhA$ (для колонизации использовали вариант штамма PCL1760 устойчивый к рифампицину – PCL1765).

Делеционный мутант *P. putida* PCL1760 $\Delta flhA$ показал слабое подавление заболевания, вызванного *Forl* ZUM2407: индекс заболеваемости в группе растений, предварительно обработанных мутантом, составила $2,42 \pm 0,05$, тогда как заболеваемость растений без обработки составила $2,90 \pm 0,04$. Кроме того, наблюдалась статистически значимая разница в развитии корневой гнили между группами, предварительно обработанными *P. putida* $\Delta flhA$ и исходным штаммом *P. putida* PCL1760 (рис. 5). Для растений, предварительно обработанных исходным штаммом PCL1760, индекс заболеваемости составил $1,44 \pm 0,02$ (рис. 5).

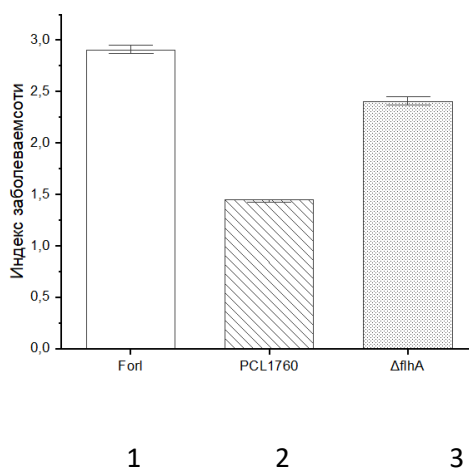


Рисунок 5. Сравнение биозащитных свойств *P. putida* PCL1760 (WT) и $\Delta flhA$. Все семена высаживали в субстрат, зараженный спорами *Forl* ZUM24071. Варианты: 1 – семена без обработки штаммами бактерий, 2)

семена, обработанные штаммом *P. putida* PCL1760 (WT), 3) семена, обработанные *P. putida* PCL1760 (Δ flhA).

Заключение. Таким образом, снижение подвижности и снижение эффективности защиты растения от фитопатогена у делеционного штамма свидетельствует о значимой роли подвижности в биозащитных свойствах штамма *Pseudomonas putida* PCL1760. Подвижность является составной частью механизма конкурентной колонизации экологических ниш у псевдомонад, наряду с персистенцией и широким спектром потребляемых субстратов.

Благодарности. Работа выполнена в рамках выполнения проекта «Разработка рекомбинантного штамма на основе *Pseudomonas putida* PCL1760 для биокаталитической трансформации ароматических производных лигнина», финансируемого Министерством Науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение № 075-15-2022-254 от 17.06.2022 г.).

Литература

1. Miftakhov, A.K. (2023) Persistence as a Constituent of a Biocontrol Mechanism (Competition for Nutrients and Niches) in *Pseudomonas putida* PCL1760. / Diabankana, R.G.C.; Frolov, M.; Yusupov, M.M.; Validov, S.Z.; Afordoanyi, D.M. // *Microorganisms* 11, 19.
2. Validov, S. (2007) Biocontrol of tomato foot and root rot by *Pseudomonas* bacteria in stonewool.
3. Afordoanyi, D.M. (2022) Genomic Features of *Pseudomonas putida* PCL1760: A Biocontrol Agent Acting via Competition for Nutrient and Niche. / Diabankana, R.G.C.; Miftakhov, A.K.; Kuchaev, E.S.; Validov, S.Z. // *Appl. Microbiol.*, 2, 749–765.
4. Palma V. (2022) Methods to Evaluate Bacterial Motility and Its Role in Bacterial-Host Interactions. / Gutiérrez M. S., Vargas O., Parthasarathy R., Navarrete P. // *Microorganisms* 10(3), 563.
5. Bouteiller, M. (2021) *Pseudomonas* Flagella: Generalities and Specificities. / Dupont, C.; Bourigault, Y.; Latour, X.; Barbey et al. // *Int. J. Mol. Sci.*, 22, 3337.

© Кунгуров Г.А., Суханов А.Ю., Кузатова А.В., Афордоаньи Д.М.,
Валидов Ш.З., 2023

Марьина-Чермных Ольга Геннадьевна
Доктор биологических наук, профессор
oly6045@yandex.ru
Марийский государственный университет
Йошкар-Ола

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА МИКРОМИЦЕТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВЫ В АГРОЦЕНОЗЕ ТОМАТА

Аннотация. Биологические препараты на основе гуминовых веществ в защите растений имеют большую популярность. Препараты не только стимулируют рост сельскохозяйственных культур и их развитие, но и активизируют микробиоту почвы, способствуя ее плодородию. Применяемые биологические препараты на основе гуминовых веществ активизируют почвенный микромицетный комплекс агроценоза томата, снижая долю фитопатогенных грибов возбудителей болезней, увеличивая обилие антагонистических и сапротрофных микромицетов на 8,3...9,7 % и оказывая положительное влияние на фитосанитарное состояние культуры.

Ключевые слова: почвенные микроорганизмы, томаты, антагонисты, сапротрофы, патогены, биопрепараты, гуматы.

Olga G. Marina-Chermnykh
Doctor of Biological Sciences, Professor
Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia
oly6045@yandex.ru

THE INFLUENCE OF BIOLOGICAL PRODUCTS ON THE MICROMYCETE COMPOSITION OF THE SOIL IN THE TOMATO AGROCENOSIS

Abstract. Biological preparations based on humic substances in plant protection are very popular. The preparations not only stimulate the growth of crops and their development, but also activate the microbiota of the soil, contributing to its fertility. The applied biological preparations based on humic substances activate the soil micromycete complex of tomato agrocenosis, reducing the proportion of phytopathogenic fungi of pathogens, increasing the abundance of antagonistic and saprotrophic micromycetes by 8,3...9,7 % and having a positive effect on the phytosanitary state of the crop.

Keywords: soil microorganisms, tomatoes, antagonists, pathogens, saprotrophs, biologics, humates.

Одним из важнейших критериев оценки почвенного состояния является наличие в ней основных групп микромицетных комплексов. При этом видовой состав и количественное соотношение почвенной микобиоты позволяет не только определить супрессивность почвы, но и выявить необходимость проведения защитных мероприятий против возбудителей болезней [1]. Почвенная микобиота так же влияет на фитосанитарное состояние агроценозов, ее «активность является основой жизни для культурных растений, обеспечивая стабильность их урожая» [2].

Подавлению почвенных патогенных организмов и улучшению микобиоты способствует применение препаратов на основе бактерий, гуминовых веществ, микро- и макроэлементов и т.д. Применение биологических препаратов с гуминовыми веществами активизирует почвенную микобиоту под растениями [3], оказывая содействие «росту микробиологической активности» в ней [4]. Препараты на основе гуминовых кислот повышают не только плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур, но и способствуют получению «экологически чистой продукции» [5, 6].

Проведенные нами исследования влияния биологических препаратов на основе гуминовых веществ на почвенную микобиоту агроценоза томата показали, что в начальный период развития культуры в микромицетном комплексе корневой сферы варианта контроль были выделены грибы, которые относились к разным представителям рр. *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma* и *Fusarium*. Выделенные микромицетные грибы подразделялись на сапротрофов (разлагающих органические вещества), антагонистов (способных создавать антибиотические вещества) и патогенов (вызывающих разнообразные болезни с/х культур). К грибам сапротрофам и антагонистам относились виды из родов *Penicillium*, *Aspergillus* и *Trichoderma*, а к патогенным - *Fusarium* spp. (рис.1).

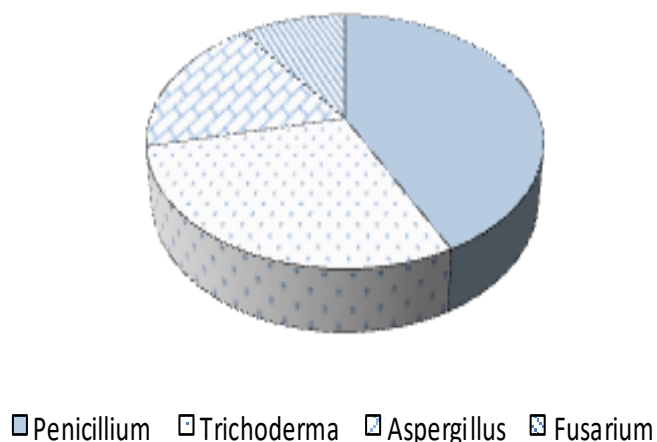


Рисунок 1. Структура почвенного микромицетного комплекса томата без внесения биоудобрений (контроль), %

Выявленный комплекс патогенных грибов рода *Fusarium*, в почвенном агроценозе, показал, что на их долю приходится - 10,2 %, чаще всего это были виды *F. heterosporum* и *F. oxysporum*. Максимальное количество выделенных грибов составляли сапротрофы из рода *Penicillium* (42,5 %) (*P. stoloniferum*, *P. luteum*, *P. digitatum* и т.д.), что является характерной чертой для естественных почв и *Aspergillus* – 18,3 % (*A. fumigatus*, *A. glaucus*, *A. Candidus* и т.д.), так же присутствовали грибы антагонисты вида *Trichoderma viride* – 29 %, сдерживающие развитие патогенных микромицетов.

Внесение в почву биологических препаратов Биоагро-Гум-В и ЭкоОрганика стимулировало развитие микромицетного комплекса и изменяло его состав. Так количество грибов сапротрофов и антагонистов выросло на 2,2...17,7 %, по сравнению с контрольным вариантом, а комплекс патогенных грибов не наблюдался, рисунок 2. Использование биологических препаратов с гуминовыми веществами улучшило фитосанитарное состояние почвенного агроценоза за счет роста грибов-антагонистов и сапротрофов. Причем микромицеты рода *Trichoderma* были доминирующими, и их доля составила 44,5...46,7 %, что оказывало почвенному агроценозу томата антибиотическую активность, воздействуя на него оздоравливающе и обеспечивая подавление возбудителей фузариозной и других инфекций.

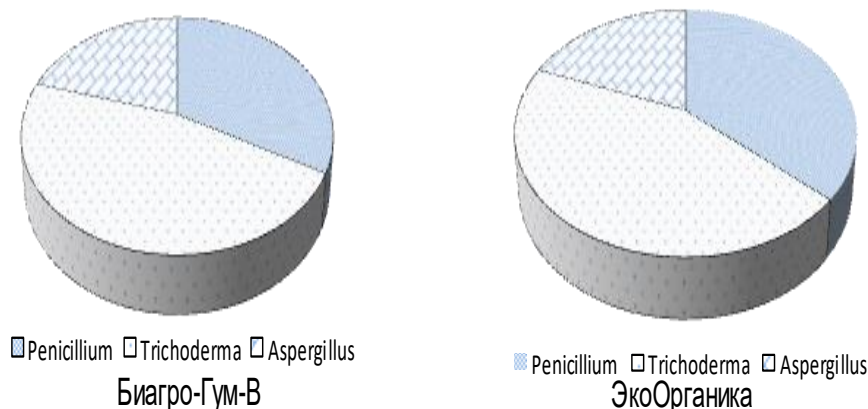


Рисунок 2. Почвенный микромицетный комплекс томата с внесением биоудобрений, %

К концу вегетации культуры микромицетный состав почвы модифицировался, рисунок 3, так на контрольном варианте доля патогенного потенциала грибов из рр. *Fusarium* увеличилась и составила 13,5 %, а доля сапротрофных и антагонистических грибов снизилась в 1,2 раза, по сравнению с контролем (начальный период).

При этом в почвенном патогенном комплексе корневой сферы томата появился гриб рр. *Risopus* занимающий - 3,4 % от общей доли микромицетного комплекса и гриб *Vertucillium albo-atrum*. (9,7 %), который

несет большую опасность для семейства Пасленовые.

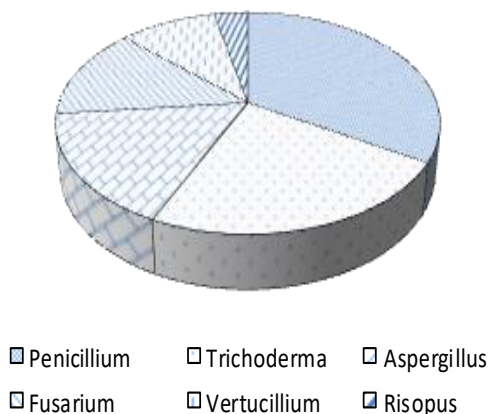


Рисунок 3. Структура почвенного микромицетного комплекса после уборки урожая, %

В ходе анализа почвенного микромицетного комплекса на вариантах с применением биологических препаратов было установлено, рисунок 4, что доля патогенных грибов снизилась, а представителей рр. *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma* – увеличилась и составила 98,1...99,5 %. При этом представитель *Trichoderma viride* занимал доминирующую часть в комплексе почвенных грибов, так на варианте с ЭкоОрганикой - 43,6 %, а на варианте с Биагро-Гум-В - 47,3 %, что подавляло развитие патогенных грибов, особенно рр. *Fusarium*, снижая их вредоносность и усиливая иммунитет на культурном растении.

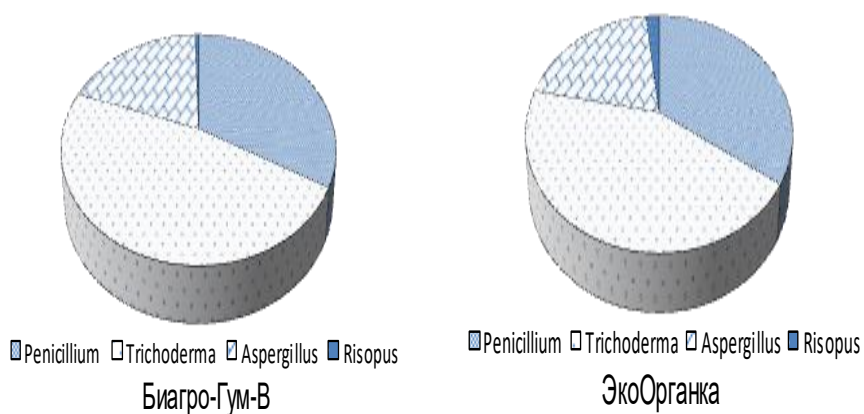


Рисунок 4. Почвенный патогенный комплекс при внесении биопрепаратов, %

При формировании патогенного комплекса биологические препараты повлияли на развитие грибов рода *Fusarium*, которые в нем не встречались, а доля микромицетов рода *Risopus* снизилась до 0,5...1,9 %. При этом на варианте с Биагро-Гум-В доля гриба рода *Risopus* уменьшилась в 6,8 раз, а на варианте с ЭкоОрганикой в 1,7 раза.

Таким образом, применение биологических препаратов с

гуминовыми веществами Биагро-Гум-В и ЭкоОрганика улучшают и оздоравливают почвенный агроценоз томата, увеличивают долю сапротрофной и антагонистической микобиоты на 2,2...17,7 %, сдерживая патогенный комплекс под культурным растением.

Литература

1. Яркулов Ф.Я. Системы биологической защиты овощных культур в теплицах Приморского края / Ф.Я. Яркулов // Защита растений в тепличном хозяйстве. - 2003. - № 2. – С. 1-2.

2. Кравцова М.С. Влияние предшествующих культур на биоразнообразие почвенных микромицетов в ризосфере томатов / М.С. Кравцова // «Наука вчера, сегодня, завтра»: материалы II международной заочной научно-практической конференции. – Новосибирск. - 2013. – С. 64-68.

3. Горовцов А.В. Влияние гуминовых веществ на микробиологическую активность почвы под плодовыми культурами / А.В. Горовцов, О.С. Безуглова, Е.А. Полиенко, А.Е. Попов // «Живые и биокосные системы». – 2016. – № 18; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-18/article-2>; DOI: 10.18522/2308-9709-2016-18-2

4. Безуглова О.С. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) / О.С. Безуглова, Е.А. Полиенко, А.В. Горовцов // Известия ОГАУ. - 2016. - №4 (60). - С. 11-14.

5. Сейтменбетова А.Т. Влияние удобрений «Биоэкогум» и «Тумат» на микрофлору светло-каштановой почвы при делании сои и сафлора / А.Т. Сейтменбетова, Б.У. Сулейменов, А.Э. Нысанбаева // Почвоведение и агрохимия. - 2022. - №1. – С. 40-51.

6. Хоанг Туан Ань Урожайность ячменя в зависимости от агротехнологий на дерново-подзолистой почве Республики Марий Эл / Хоанг Туан Ань, О.Г. Марьина-Чермных // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». - 2022. - №2 (30). - С. 160-165.

© Марьина-Чермных О.Г., 2023

УДК 547.458.61:635.21:631.8

Миникаев Рогать Вагизович

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

e-mail: ragat@mail.ru

Егоров Леонид Михайлович

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Шарапова Алсу Рафиковна

Аспирант

Казанский государственный аграрный университет,

Казань

КАЧЕСТВО КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВНЕСЕНИЯ АГРОХИМИКАТОВ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК В УСЛОВИЯХ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Реферат. Одним из факторов, увеличивающих качественных показателей клубней картофеля, являются применение агрохимикатов с биологическими добавками. В опыте, проведенном в 2021-2022 гг. на серой лесной почве Республики Татарстан с сортом Удача и Ароза, изучалось влияние при комбинированном использовании минеральных удобрений и биологически активных препаратов на качественные характеристики клубней картофеля. Препарат Альбит при комбинированной обработке увеличил содержание крахмала на 3,4% у сорта удача и на 2,4% у сорта Ароза по сравнению с контролем. При использовании всех препаратов происходило незначительное увеличение содержания нитратов клубнях, но это намного меньше ПДН (Предельно допустимая норма).

Ключевые слова: удобрения, препараты, крахмал, сухое вещество, нитраты.

Rogat V. Minikaev

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

ragat@mail.ru

Leonid M. Egorov

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Alsu R. Sharapova

Graduate student

Kazan State Agrarian University,

Kazan

THE QUALITY OF POTATO TUBERS DEPENDS ON THE APPLICATION OF AGROCHEMICALS AND BIOLOGICAL ADDITIVES IN THE CONDITIONS OF GRAY FOREST SOIL OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Abstract. One of the factors that increase the quality of potato tubers is the use of agrochemicals with biological additives. In the experiment conducted in 2021-2022 on the gray forest soil of the Republic of Tatarstan with the variety Luck and Arosa, the effect of the combined use of mineral fertilizers and biologically active preparations on the qualitative characteristics of potato tubers was studied. The drug Albit during combined processing increased the starch content by 3.4% in the Udacha variety and by 2.4% in the Arosa variety compared with the control. When using all drugs, there was a slight increase in the nitrate content of tubers, but this is much less than the maximum permissible value (Maximum permissible norm).

Keywords: fertilizers, preparations, starch, dry matter, nitrates.

Введение. Комплексным показателем, формирующимся под действием множества факторов, таких как типы почв, используемой агротехники, сроков и способов уборки и хранения, является качество клубней [1,2,3]. Несмотря на развитие агротехнологий и востребованности продовольственного картофеля в производстве и среди населения качество клубней остается на низком уровне [4,5,6]. Планирование урожая должно идти не от валового продукта, а от продукта, доходящего до потребителя [7,8,9]. Качество клубней напрямую зависит от внесения минеральных удобрений. В связи с этим разработка рекомендаций по внесению макро- и микроудобрений в хелатной форме является актуальной задачей в агрономии [10,11,12].

Исходя из создавшейся остроты по низкому качеству картофеля и его несомненной связи с удобрениями в т. ч., а также сообразуясь с имеющимися сведениями в литературе по различной физиологической роли элементов питания в действии на процессы углеводного обмена, ферментативной деятельности, были проведены целенаправленные исследования [13,14,15].

Условия, материалы и методы. Экспериментальный опыт был заложен на серых лесных почвах Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан в 2021-2022 гг. В опыте использовались клубни первой репродукции сортов Ароза и Удача. Повторность опыта трехкратная, общая площадь делянок 120м², учетная 100м². Размещение вариантов последовательное. Оптимальная густота посадки 53 тыс. шт. на га, по схеме 75*25 см. Предшественник озимая пшеница. Трехфакторный опыт заложен по следующей схеме:

Первый фактор А – сорта картофеля: А1 – Удача; А2 – Ароза.

Второй фактор В – минеральные и органические добавки, содержащие макро- и микроэлементы в хелатной форме.

Третий фактор С – способы обработки агрохимикатами:

В1 – контроль без внесения удобрений; В2 – ФОН (N₆₀ P₉₀ K₉₀).
Обработка клубней: В3 – ФОН + ЖУСС – 2 (0,5 л/т); В4 – ФОН + Акварин-5 (8 кг/т); В5 – ФОН + Кристалон (4 кг/т); В6 – ФОН + Альбит (0,1 л/га);

Опрыскивание растений в фазу бутонизации: В7 – ФОН + ЖУСС-2 (0,6 л/га); В8 – ФОН + Акварин-5 (4 кг/га); В9 – ФОН + Кристалон (2 кг/га); В10 – ФОН + Альбит (0,05 л/га). Обработка клубней + опрыскивание растений в фазу бутонизации: В11 – ФОН + ЖУСС-2; В12 – ФОН + Акварин-5; В13 – ФОН + Кристалон; В14 – ФОН + Альбит.

Результаты и обсуждения. Применение агрохимикатов и биологических добавок оказало положительное влияние на содержание крахмала в клубнях (табл. 1).

Таблица 1 - Влияние агрохимикатов и биологических добавок на качество клубней (2021-2022 гг.)

Сорт	Вариант	Содержание крахмала, %	Содержание сухого вещества, %	Содержание витамина С, мг%	Содержание нитратов, мг/кг
Удача	1.	11,6	16,6	12,4	28,6
	2.	12,1	17,1	13,0	36,2
	3.	13,1	18,1	14,0	39,0
	4.	13,2	18,5	15,0	43,0
	5.	13,3	18,5	14,4	44,0
	6.	13,7	19,4	15,0	45,9
	7.	13,5	19,0	14,6	49,6
	8.	13,5	18,8	14,4	46,8
	9.	13,5	19,1	14,6	47,6
	10.	13,8	19,5	14,8	46,1
	11.	13,4	18,7	14,9	53,8
	12.	13,8	19,3	15,4	50,5
	13.	13,4	19,1	15,2	53,3
	14.	14,2	19,9	16,1	53,6
Ароза	1.	12,6	18,9	15,3	22,9
	2.	13,0	19,3	15,7	34,1
	3.	13,5	20,3	16,6	40,2
	4.	13,4	20,7	17,2	46,6
	5.	13,6	20,7	17,4	45,0
	6.	14,1	21,1	17,5	43,9
	7.	14,0	20,9	17,4	47,7
	8.	14,4	21,7	17,9	45,3
	9.	14,1	21,4	18,0	47,0
	10.	14,6	22,0	18,3	45,0
	11.	14,2	21,1	17,5	47,1
	12.	14,5	21,4	17,9	46,8
	13.	14,2	21,5	18,0	46,7
	14.	14,8	21,9	18,2	46,4

Препарат Альбит при комбинированной обработке увеличил содержание крахмала на 3,4 % у сорта Удача и на 2,4 % у сорта Ароза по сравнению с контролем. На сорте Ароза отчетливо видно, что применение препаратов по вегетации и в комбинированной обработке увеличивает содержание крахмала в клубнях, чем в вариантах только с обработкой клубней. При сравнении препаратов между собой независимо от обработки Альбит незначительно, но все же превосходит по увеличению содержания крахмала [16,17,18]. Этот же препарат увеличил содержание сухого вещества на 5,0 % (сорт Удача) и на 4,0 % (сорты Ароза), а содержание Витамина С – на 4,3 и 3,0% соответственно.

При использовании всех препаратов происходило незначительное увеличение содержания нитратов в клубнях, но при этом не столько сами препараты влияют на это, сколько время и кратность их использования [19,20]. Комбинированное применение препаратов содержащих макро- и микроэлементы в хелатной форме увеличивало содержание нитратов в клубнях на 38% на обоих сортах, применение по вегетации на 27% у сорта Удача и на 40% у сорта Ароза и обработка клубней до посадки на 17 и 36 % соответственно. Но даже такое увеличение намного меньше утвержденной Министерством здравоохранения санитарно-гигиенической предельно допустимой нормы (250 мг/кг сырого вещества картофеля).

Заключение. На серых лесных почвах Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан использование минеральных удобрений в чистом виде и при совместном использовании с биологическими препаратами улучшало качественные показатели клубней картофеля у обоих изучаемых сортов.

Литература:

1. Барсуков, А.С. Тип почвы, способы и густота посадки влияют на продуктивность / А.С. Барсуков, С.С. Барсуков // Картофель и овощи, 2002. - №3. - 25 с.
2. Бурлака, В. В. Картофелеводство Сибири и Дальнего Востока / В.В. Бурлака. - М.: Колос, 1978. - 208 с.
3. Каюмов, М.К. справочник по программированию продуктивности полевых культур / М.К. Каюмов. - М: Россельхозиздат, 1982. - 288 с.
4. Коршунов, А.В. Приемы агротехники влияют на урожай и его качество / А.В. Коршунов, А.В. Семенов // Картофель и овощи. - 2003. - № 33. С.8-9.
5. Мальцев, В.Ф. Система биологизации земледелия Нечерноземной зоны России / В.Ф. Мальцев, М.К. Каюмов. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2002. – Т. 2. – 574 с.
6. Писарев, Б.А. Производство раннего картофеля / Б.А. Писарев. – М.: Россельхозиздат, 1986. - 286 с.

7. Прищепенко, Е.А. Применение агрохимиката «Татфармат» (Марка А) «На картофеле» / Е.А. Прищепенко, К.Р. Гарафутдинова, Р.П. Ибатуллина, А.А. Коршунов // Аграрная наука. - 2022. - № 10. - С. 111-114.

8. Новоселов, С.И. Плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки и севооборота / С.И. Новоселов, А.Н. Кузьминых, Р.В. Еремеев. - Плодородие. - 2019. - № 6 (111). - С. 22-25.

9. Шашкаров, В.Л. Влияние предпосадочной обработки почвы, способа посадки и ухода за посадками на энергетическую эффективность при возделывании картофеля / В.Л. Шашкаров, Л.Г. Шашкаров // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. - 2020. - № 4 (15). - С. 21-24.

10. Миникаев, Р.В. Управление факторами почвенного плодородия в условиях Республики Татарстан / Р.В. Миникаев, Ф.Ш. Фасхутдинов, М.Ю. Михайлова // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. - 2022. - № 4 (4). - С. 34-39.

11. Орехов, С. В. Продуктивность сортов картофеля в зависимости от применения микроудобрений на основе меди, цинка и марганца в условиях предкамья республики Татарстан / С. В. Орехов, И. М. Сержанов, Л. М. Егоров // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. - Том 1. – С. 324-331. – EDN WDXFZN.

12. Сафин, Р. И. Особенности влияния различных систем обработки почвы на ее агрофизические свойства и биологическую активность в Предкамье Республики Татарстан / Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 1(1). – С. 22-27. – DOI 10.12737/-2022-1-1-22-27. – EDN HRCMMZ.

13. Роль предшественника как элемента органического земледелия при возделывании пшеницы полбы в условиях предкамской зоны Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, А. Р. Сержанова, Р. И. Гараев // Плодородие. – 2020. – № 3(114). – С. 60-62. – DOI 10.25680/S19948603.2020.114.18. – EDN GKITXV.

14. Фатихов, Д. А. Севообороты - необходимое условие внедрения ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур / Д. А. Фатихов, Р. Б. Идиятов, Р. В. Миникаев // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 306-311. – EDN NGPBDK.

15. Назипова, А. О. Отзывчивость сортов безвирусного картофеля на внесение удобрений и обработку препаратами / А. О. Назипова // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 80-ой студенческой (региональной) научной конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – Том 1. - С. 191-196. – EDN KXIBJY.

16. Гилязов, М. Ю. Роль удобрений в повышении устойчивости производства продукции растениеводства / М. Ю. Гилязов // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 133-140. – EDN RTXEPG.

17. Назипова, А. О. Эффективность применения агроприемов и агрохимикатов при возделывании безвирусного картофеля / А. О. Назипова // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 79 студенческой (региональной) научной конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. - Том 1. – С. 145-150. – EDN EKCCJW.

18. Михайлова, М. Ю. Динамика показателей серых лесных почв в Республике Татарстан / М. Ю. Михайлова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции. - Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 302-307. – EDN NCIDLQ.

19. Возделывание картофеля с использованием элементов биологической системы земледелия на серой лесной почве лесостепи Среднего Поволжья / В. П. Владимиров, А. Н. Кшникаткина, К. В. Владимиров, Л. М. Егоров // Плодородие. – 2020. – № 3(114). – С. 42-44. – DOI 10.25680/S19948603.2020.114.13. – EDN WMVWTV.

20. Продуктивность картофеля на разных фонах минерального питания и густоты посадки на орошаемых почвах лесостепи Среднего Поволжья / Л. М. Егоров, М. Т. Гайнутдинов, А. Ю. Кокров, Н. В. Ситникова // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 91-97. – EDN VKIBES.

© Миникаев Р.В., Егоров Л.М., Шарапова А.Р., 2023

Мифтахов Айнур Камилевич^{1,2}
Фукалова Анастасия Алексеевна²
Валидов Шамиль Завдатович¹

Доктор биологических наук

¹ *Федеральный исследовательский центр КазНЦ РАН*
Казань

² *Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, ИФМиБ,*
Казань

АНАЛИЗ УРОВНЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНА *rsfS* КАК ФАКТОРА ГИБЕРНАЦИИ В ХОДЕ РОСТА КУЛЬТУРЫ *PSEUDOMONAS PUTIDA* PCL1760

Аннотация. Гибернационный фактор RsfS играет важную роль при выживании бактерий в неблагоприятных условиях. Данный фактор обнаруживается и у почвенных агентов биологической защиты, например, *Pseudomonas putida* PCL1760. Целью данной работы стало сравнение уровня экспрессии гена *rsfS* (ribosome silencing factor), кодирующего фактор гибернации рибосом, во времени на культуре *Pseudomonas putida* PCL1760. Для оценки уровня экспрессии целевого гена использовали метод ПЦР-РВ на основе кДНК, полученной в ходе реакции обратной транскрипции с матрицы РНК, выделенной из культур *P. putida* PCL1760 (ОП₆₀₀=0,05) после 5 и 24 часов инкубации. В результате эксперимента уровень экспрессии гена *rsfS* спустя 24 часа с момента начала инкубации культуры клеток *P. putida* PCL1760 выше в 3 раза, чем спустя 5 часов. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что экспрессия *rsfS* более значительна после длительной инкубации культур как ответ на голодание.

Ключевые слова: *Pseudomonas putida*, факторы гибернации рибосомы, RsfS.

Aynur K. Miftakhov^{1,2}
Anastasia A. Fukalova²
Shamil Z. Validov¹

Doctor of Biological Sciences

¹ *Federal Research Center KazSc RAS*
Kazan

² *Kazan Federal University, IFMB,*
Kazan

ANALYSIS OF THE *rsfS* GENE EXPRESSION LEVEL AS A HYBERNATION FACTOR DURING THE GROWTH OF *PSEUDOMONAS* *PUTIDA* PCL1760

Annotation. The silencing factor RsfS plays an important role in the survival of bacteria under unfavorable conditions. This factor is also found in soil biological control agents *Pseudomonas putida* PCL1760. The goal of this work was to compare the expression level of the *rsfS* (ribosome silencing factor) gene, encoding the ribosome hibernation factor, on different growth stages in the culture of *Pseudomonas putida* PCL1760. To assess the level of expression of the target gene, we used the RT-PCR method based on cDNA obtained during a reverse transcription reaction from an RNA template isolated from cultures of *P. putida* PCL1760 ($OD_{600} = 0.05$) after 5 and 24 hours of incubation. The level of *rsfS* gene expression at 24 hours after the start of incubation of the *P. putida* PCL1760 cell culture was 3 times higher than in the beginning of the growth (5 hours). Thus, obtained results indicate that *rsfS* expression is increasing after long-term incubation of cultures as a response to starvation.

Keywords: *Pseudomonas putida*, ribosome hibernation factors, RsfS.

Введение. В природе микроорганизмы зачастую находятся под воздействием различных стрессовых факторов – экстремальные значения температуры и pH, дефицит влаги, гипоксигенация, голодание и др. Адаптация бактерий к неблагоприятным условиям среды достигается в том числе с помощью своевременного замедления или остановки процессов биосинтеза веществ [1]. Это также необходимо для поддержания жизнеспособности клеток при меньшей доступности питательных веществ и кислорода внутри матрикса в таком физиологическом состоянии бактериальных культур, как биопленка [2]. Помимо этого, клетки со сниженной интенсивностью обмена веществ обнаружены в патогенных микроорганизмах, находящихся внутри организма хозяина [3].

На данный момент известно пять основных факторов, обеспечивающих подавление трансляции за счет блокирования работы рибосом путем связывания с ними в ответ на стрессы с целью снижения энергозатрат и сохранения их функциональности – факторы гибернации: короткий HPF (hibernation promoting factor), длинный HPF, RMF (ribosome modulation factor), YfiA (ribosomal subunit interface protein), RsfS (ribosome silencing factor) [1]. Этот механизм повсеместно распространен у бактерий, и некоторые данные свидетельствуют о наличии аналогичных механизмов у эукариот [4].

Было показано, что конститутивная экспрессия факторов гибернации HPF, RMF, RsfS, YfiA замедляет рост *P. putida* PCL1760, при этом RsfS – наиболее активно блокирует трансляцию. Предполагается, что этот фактор начинает процесс гибернации, а остальные три присоединяются позже [5].

RsfS связывается с белком L14 посредством электростатических и гидрофобных взаимодействий на большой (50S) субъединице рибосомы,

препятствуя ассоциации с малой субъединицей (30S) для образования 70S инициаторного комплекса. Таким образом ингибируется синтез белка клеткой в неблагоприятных условиях [1,6]. RsfS не связан с эукариотическим рибосомным антиассоциативным фактором сборки eIF6, который также связывается с белком L14, является первым таким фактором в бактериях [7].

Помимо этого, показан влияние фактора гибернации RsfS на колонизацию корней томата у *P. putida* PCL1760 и защите от фузариозной корневой гнили томатов [8].

RsfS является белком стационарной фазы, во время которой начинается постепенное истощение питательных веществ и накопление метаболитов. Делеционные мутанты *E. coli* по гену *rsfS* демонстрируют снижение уровня приспособленности во время перехода с богатой среды на бедную и низкую жизнеспособность в стационарной фазе [9].

Помимо этого, *Pseudomonas putida* – один из повсеместно распространенных видов, встречающихся в почвах, растениях, водоемах. Этот вид широко применяется как в сельском хозяйстве, так и в промышленной биотехнологии. *Pseudomonas putida* PCL1760 был выделен из ризосферы растения авокадо. Для штамма была показана высокая конкурентоспособность с точки зрения иммунитета (CRISPR/Cas и профаги) по сравнению с *P. putida* S12, устойчивости к антибиотикам, обусловленная борьбой за экологические ниши, а также использование CNN (Competition for Nutrients and Niches) механизма для защиты растений от микробных патогенов и способность к стимулированию роста, будучи активным колонизатором корней [10].

В настоящей работе мы оценили профиль экспрессии гена *rsfS* в различные фазы роста культуры клеток *P. putida* PCL1760.

Материалы и методы. Штаммы, плазмидные векторы и условия культивирования. Использованный в работе штамм бактерии и условия культивирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Штамм и условия культивирования

Штамм	Условия культивирования / Особенности	Назначение
<i>P. putida</i> PCL1760	KingB, 30 °C / устойчив к ампициллину (Amp, 100 мкг/мл)	Ризосферный микроорганизм, активный колонизатор ризосферы, агент биологической защиты растений, действующий по механизму конкуренции за экологические ниши.

Получение суспензий ночных культур, отбор.

Для получения ночных культур клетки *P. putida* PCL1760 вносили в 5 мл питательной среды LB с добавлением ампициллина и канамицина, в концентрациях 100 и 50 мкг/мл, соответственно, там, где это требовалось и инкубировали с качанием при 30°C. Разводили до ОП₆₀₀ = 0,05 в объеме 5 мл средой LB, инкубировали, отбирая культуру в пробирки объемом 2 мл спустя 5 и 24 часа.

Выделение суммарной РНК.

Для стабилизации РНК после отбора суспензию клеток *P. putida* PCL1760 осадили на центрифуге (2 мин при 4000g) и ресуспендировали в 500 мкл реагента «IntactRNA» (Евроген, Россия). Для выделения суммарной РНК осадили нерастворимое содержимое пробирок на центрифуге при 12000g в течение 10 минут, а далее использовали набор «RNA Solo» (Евроген, Россия).

Обратная транскрипция.

Для синтеза кДНК с матрицы РНК проводили реакцию обратной транскрипции с использованием фермента обратной транскриптазы MMLV (Евроген, Россия).

ПЦР в реальном времени для исследования профиля экспрессии гена *rsfS*.

Для исследования профиля экспрессии гена *rsfS* во времени проводили полимеразную цепную реакцию в реальном времени (ПЦР-РВ) с использованием праймеров, представленных в Таблице 2. В качестве референсного гена использовали ген домашнего хозяйства *proC*, кодирующего β -субъединицу ДНК-зависимой РНК-полимеразы, отвечающую за транскрипцию генов. После проведения ПЦР-РВ сравнивали уровень экспрессии целевого гена с помощью метода RQ и строили график.

Таблица 2 - Праймеры, используемые в ПЦР-РВ

Название праймера	Нуклеотидная последовательность	Температура отжига (°C)	Ориентация
rpoC-f	CAAGCGTCTGAAGCTGATGGAAGC	67	Прямой
rpoC-r	GGAAGTCGCGAAACGGCCACC	67	Обратный
rsfS-f	GATGACCGCCGCTGCCCG	67	Прямой
rsfS-r	AGCGCTTTCCTTATTCGCGGTCTTTG	67	Обратный

Результаты и обсуждение. Уровень экспрессии гена *rsfS* спустя 24 часа по результатам анализа данных ПЦР-РВ с помощью метода RQ увеличился в 3 раза, что показано на рисунке 1.

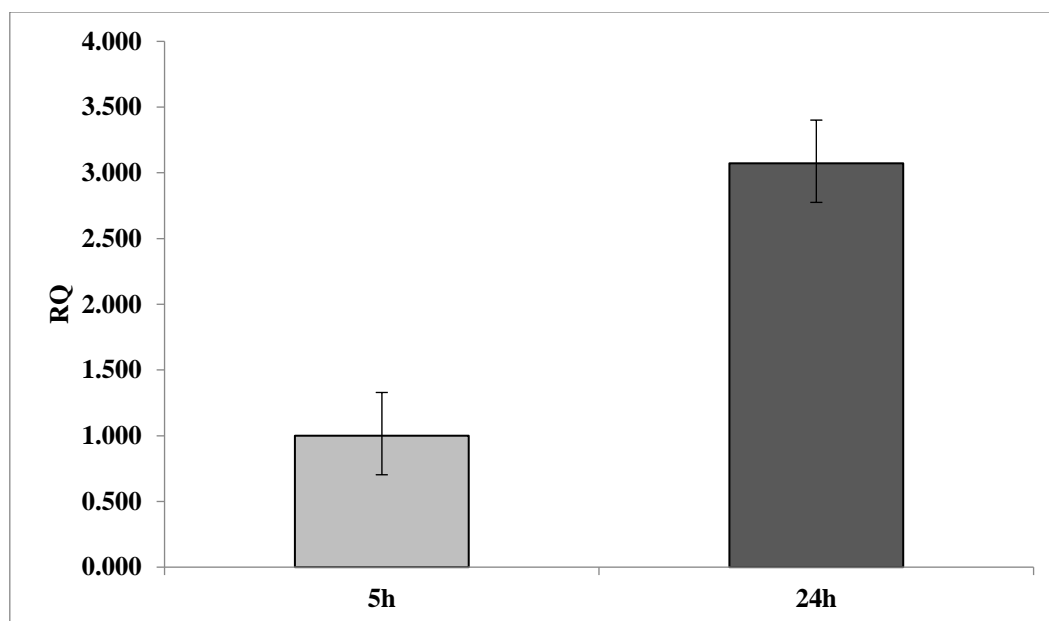


Рисунок 1. Сравнение профилей экспрессии гена *rsfS* после инкубации клеток *P. putida* PCL1760 5 часов и 24 часа методом RQ.

Такое время инкубации и отбора культуры клеток выбрано в соответствии с кривой роста *P. putida* PCL1760 (время генерации составляет 30 минут): во время отбора культуры через 5 часов бактерии находятся в экспоненциальной фазе роста, снабжены питательными веществами, не накопили вредные продукты обмена; через 24 часа содержание питательных веществ среды достигает минимума, бактерии находятся в стационарной фазе, тогда экспрессия гена *rsfS* увеличивается, вероятно, чтобы снизить расходы ресурсов, затрачиваемые на синтез белка в неблагоприятных условиях.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что экспрессия гена *rsfS* как фактора гибернации значительно усиливается в стационарной фазе, что является ответом на стресс, в данном случае – на голодание, с целью снижения энергозатрат на синтез белка и сохранения функциональности рибосом.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Министерства Науки и Высшего Образования в рамках проекта «Генетическая технология конструирования искусственных консорциумов микроорганизмов для создания биопрепаратов в растениеводстве» Соглашение № 075-15-2021-1395 от «25» октября 2021 г (вн. № 15.ИП.21.0020), а также при поддержке государственного задания Федерального исследовательского центра КазНЦ РАН.

Литература

1. K. S. Usachev, M. M. Yusupov, and Sh. Z. Validov. Hibernation as a stage of ribosome functioning. 2020.
2. Williamson, K. S., Richards, L. A., Perez! Osorio, A. C., Pitts, B., McInnerney, K., Stewart, P. S., and Franklin, M. J. Heterogeneity in *Pseudomonas aeruginosa* biofilms includes expression of ribosome hibernation factors in the antibiotic-tolerant subpopulation and hypoxia-induced stress response in the metabolically active population. 2012.
3. Tan, N. C., Cooksley, C. M., Roscioli, E., Drilling, A. J., Douglas, R., Wormald, P. J., and Vreugde, S. Small! colony variants and phenotype switching of intracellular *Staphylococcus aureus* in chronic rhinosinusitis. 2014.
4. Prossliner T, Skovbo Winther K, Askvad Sørensen M. и др. Ribosome Hibernation. Annual Review of Genetics. 2018.
5. A.K. Miftakhov, E.M. Gubanova, D.M. Afordoanyi, S.Z. Validov. Influence of constitutive expression of hibernation factors on the growth of *Pseudomonas putida* PCL1760. 2023.
6. Khusainov I, Fatkhullin B, Pellegrino S, Bikmullin A, Liu WT, Gabdulkhakov A, Shebel AA, Golubev A, Zeyer D, Trachtmann N, Sprenger GA, Validov S, Usachev K, Yusupova G, Yusupov M. Mechanism of ribosome shutdown by RsfS in *Staphylococcus aureus* revealed by integrative structural biology approach. 2020.
7. Häuser R., Pech M., Kijek J. и др. RsfA (YbeB) Proteins Are Conserved Ribosomal Silencing Factors. PLoS Genetics. 2012.
8. Miftakhov A.K., Diabankana R.G.C., Frolov M., Yusupov M.M., Validov S.Z., Afordoanyi D.M. Persistence as a Constituent of a Biocontrol Mechanism (Competition for Nutrients and Niches) in *Pseudomonas putida* PCL1760. 2022.
9. Li X., Sun Q., Jiang C. и др. Structure of Ribosomal Silencing Factor Bound to *Mycobacterium tuberculosis* Ribosome. 2015.
10. Afordoanyi, D.M.; Diabankana, R.G.C.; Miftakhov, A.K.; Kuchaev, E.S.; Validov, S.Z. Genomic Features of *Pseudomonas putida* PCL1760: A Biocontrol Agent Acting via Competition for Nutrient and Niche. 2022

© Мифтахов А.К., Фукалова А.А., Валидов Ш.З., 2023

Нигматуллина Регина Анатольевна

Аспирант

Reginka300894@mail.ru

Гилязов Миннегали Юсупович

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

mingilyazov@yandex.ru

Осипова Мария Анатольевна

Студент

osipovamaria2002@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет,

Казань

БИОПРЕПАРАТЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ РЕАБИЛИТАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Аннотация. Рассмотрена агрономическая эффективность биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений, использованных для восстановления плодородия нефтезагрязненной почвы. Исследование проведено в условиях серой лесной почвы, преднамеренно загрязненной товарной нефтью из расчета 20 л/м². Наблюдения продолжались в течение четырех ротации севооборота с чередованием культур: яровая пшеница - яровой ячмень - яровой рапс - просо. Биопрепарат и минеральные удобрения как реабилитационные приемы были испытаны на фоне известкования и послойной механической обработки почвы. Установлено, что прибавки урожая основной продукции от биопрепарата, в зависимости от культуры и давности загрязнения, варьировали в пределах от 5 до 24 % к уровню контроля (незагрязненная почва). Прибавки урожая от полного минерального удобрения (NPK) по отношению к контролю колебались от 10 до 73 %, то есть существенно превосходили прибавки от биопрепарата. На нефтезагрязненной серой лесной почве среди испытанных культур на минеральные удобрения наиболее отзывчивой оказалась яровая пшеница, а на биопрепарат – ячмень и яровой рапс. Для описания характера корреляции величин прибавок урожая как от биопрепарата, так и полного минерального удобрения в зависимости от давности загрязнения, лучше подходило полиномиальное уравнение второй степени.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, серая лесная почва, реабилитация, биопрепарат Байкал ЭМ-1, минеральные удобрения, ячмень, яровая пшеница, яровой рапс, просо, прибавки урожая.

BIOLOGICAL PRODUCTS IN TECHNOLOGIES FOR REHABILITATION OF OIL-POLLUTATED SOILS

Regina A. Nigmatullina

Graduate student

Reginka300894@mail.ru

Minnegali Y. Gilyazov

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

mingilyazov@yandex.ru

Maria A. Osipova

Student

osipovamaria2002@mail.ru

Kazan State Agrarian University,

Kazan

Annotation. The agronomic efficiency of the biological product Baikal EM-1 and mineral fertilizers used to restore the fertility of oil-contaminated soil is considered. The study was carried out in gray forest soil, deliberately contaminated with commercial oil at a rate of 20 l/m². Observations continued during four crop rotations with alternating crops: spring wheat-spring barley-spring rapeseed-millet. The biological product and mineral fertilizers as rehabilitation techniques were tested against the background of liming and layer-by-layer mechanical tillage. It was established that the increase in the yield of the main products from the biological product, depending on the crop and the duration of contamination, varied from 5 to 24% of the control level (uncontaminated soil). Yield increases from complete mineral fertilizer (NPF) relative to the control ranged from 10 to 73 %, that is, they significantly exceeded increases from the biological product. On oil-contaminated gray forest soil, among the tested crops, spring wheat was the most responsive to mineral fertilizers, and barley and spring rape were the most responsive to the biological product. To describe the nature of the correlation of yield increases from both a biological product and a complete mineral fertilizer, depending on the duration of contamination, a polynomial equation of the second degree was better suited.

Keywords: oil pollution, gray forest soil, rehabilitation, biological product Baikal EM-1, mineral fertilizers, barley, spring wheat, spring rapeseed, millet, yield increases.

Введение. Нефть и нефтепродукты остаются наиболее распространенными загрязнителями всех компонентов природной среды, в том числе почвенного покрова [1-3]. Углеводороды, являющиеся основными компонентами нефти и нефтепродуктов, долго сохраняются в окружающей среде, быстро распространяются, оказывая многостороннее негативное влияние на живые организмы в течение продолжительного времени [4-6]. Поэтому восстановление плодородия нефтезагрязненных земель в настоящее время является одной из актуальных экологических проблем. Комплекс мер, направленных на восстановление

продуктивности и экономической ценности нарушенных земель называется рекультивацией [7], а в отношении загрязненных почв чаще всего используется термин «реабилитация».

Проблема реабилитации нефтезагрязненных земель актуальна во всех нефтедобывающих регионах страны, в том числе в Республике Татарстан, где нефтедобыча ведется с 1943 года [8]. К настоящему времени нефтяниками республики добыта более 3,2 млрд. тонн нефти, что, безусловно, не могло не оказывать определенное негативное воздействие на почвенный покров, хотя наши нефтяники остаются лидерами в экологизации технологических процессов бурения, добычи, транспортировки и подготовке нефти на нефтепромыслах и стараются минимизировать негативные последствия нефтедобычи [9].

Существует много способов и средств устранения нефтяного загрязнения, но выбор в каждом конкретном случае индивидуален, в зависимости от природных и климатических условий [10]. Основной принцип организации работ при реабилитации земель, подборе технологии, техники, материалов должен быть – «не навреди». С этой точки зрения наиболее безопасными и перспективными являются биотехнологические методы реабилитации нефтезагрязненных земель [11,12], в основу которых положены активизация деятельности аборигенных или привнесенных углеводородоокисляющих микроорганизмов [13,14]. Биологическая реабилитация нефтезагрязненных почв обычно проводится в два этапа. На первом этапе осуществляется биоремедиация, то есть биологическое очищение почвы путем интенсификации биоразложения нефти в почве с помощью биопрепаратов, содержащих активные штаммы углеводородоокисляющих микроорганизмов, ассортимент которых в настоящее время достаточно широк [15]. Для активизации деятельности углеводородоокисляющих микроорганизмов рекомендуется внесение удобрений и интенсивная аэрация почвы. Второй этап биологической реабилитации предусматривает посев сельскохозяйственных культур, прежде всего трав, и тщательный уход за ними [16].

Определенную положительную роль при восстановлении плодородия загрязненных почв, в том числе нефтью и нефтепродуктами, может играть биопрепарат Байкал ЭМ-1, содержащий комплекс полезных микроорганизмов, одновременно переводящих труднорастворимые питательные элементы почвы в доступную растениям форму [17], выделяющих ростостимулирующих веществ и защищающих культурные растения от патогенной микрофлоры [18, 19]. Данный препарат не содержит специализированные нефтеокисляющие микроорганизмы, однако может содействовать усилению самоочищающей способности загрязненных почв.

Методика проведения исследований. Цель исследования - оценка возможности восстановления плодородия нефтезагрязненных

почв в Предкамской зоне Республики Татарстан посредством активизации реабилитационной способности самой почвы. Объектом нашего исследования была серая лесная почва, которая является преобладающим типом в Предкамье Республики Татарстан [20]. Почва была загрязнена товарной нефтью, из расчета 20 л нефти на 1 м², что, согласно [21], соответствует среднему уровню загрязнения.

В качестве реабилитационных приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной почвы испытали биопрепарат Байкал ЭМ-1 и минеральные удобрения (NPK), которые использовались на фоне известкования и интенсивной механической обработки почвы. Эффективность испытанных приемов восстановления плодородия нефтезагрязненной почвы оценивали по величине прибавок урожая подопытных культур. Действие биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений на урожайность основной продукции в условиях нефтезагрязненной почвы изучалось в севообороте со следующим чередованием: яровая пшеница – ячмень - яровой рапс - просо, которые являются важнейшими культурами в нашей зоне [22-24].

Делянки микрополевого опыта, заложенного в мае 2004 года, представляют собой бездонные ящики, углубленные в почву на глубину 30 см. Площадь делянок 0,50 м² (0,71х0,71), ширина защитных полос 1 м. Повторность опыта 4-х кратная. Почва была однократно загрязнена товарной нефтью заливкой делянок с поверхности.

Рабочий раствор биопрепарата приготовили из концентрата Байкал ЭМ-1 путем 1000 кратного разбавления дистиллированной водой. В расчете на 1 гектар годовая норма биопрепарата Байкал ЭМ-1 составила 300 л, которую вносили в три раза одинаковыми дозами. Первый раз – перед посевом, далее в начале июня и последний раз – в первой декаде июля.

Результаты исследования, обсуждение результатов. Результаты испытания эффективности биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений на нефтезагрязненной серой лесной почвы в течение четырех ротации севооборота приведены в диаграммах рис. 1 и 2.

Инокуляция загрязненной нефтью почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1, обеспечила получение прибавок урожая основной продукции всех сельскохозяйственных культур (рис. 1), размеры которых, в зависимости от культуры и давности загрязнения, колебались в пределах от 5 до 24 % по отношению к контролю (незагрязненная почва).

Прибавка урожая зерна ярового ячменя, посеянного через два года после загрязнения, составила 9 % к уровню контроля. В последующие три срока наблюдения прибавки урожая от биопрепарата возросли соответственно до 12, 24 и 18 %. Примерно аналогичным образом изменились размеры прибавок урожая двух последующих культур (яровой рапс, просо) в зависимости от давности загрязнения. Так, если

прибавка урожая маслосемян ярового рапса при давности загрязнения 3 года по отношению к контролю равнялась 12 %, то через 7, 11 и 15 лет после загрязнения соответственно 17, 23 и 11 %.

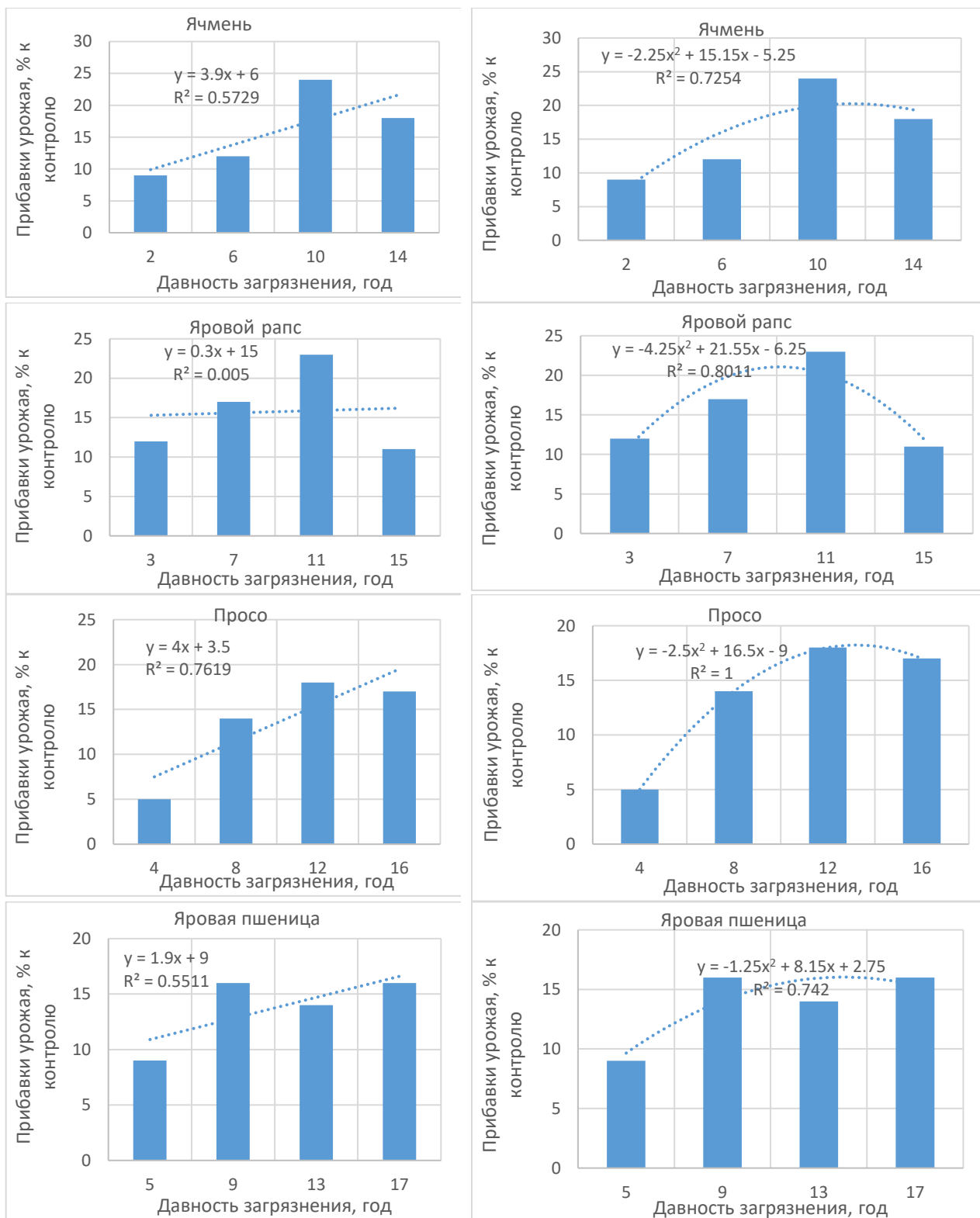


Рисунок 1. Прибавки урожая основной продукции от биопрепарата Байкал ЭМ-1 в зависимости от давности загрязнения серой лесной почве нефтью

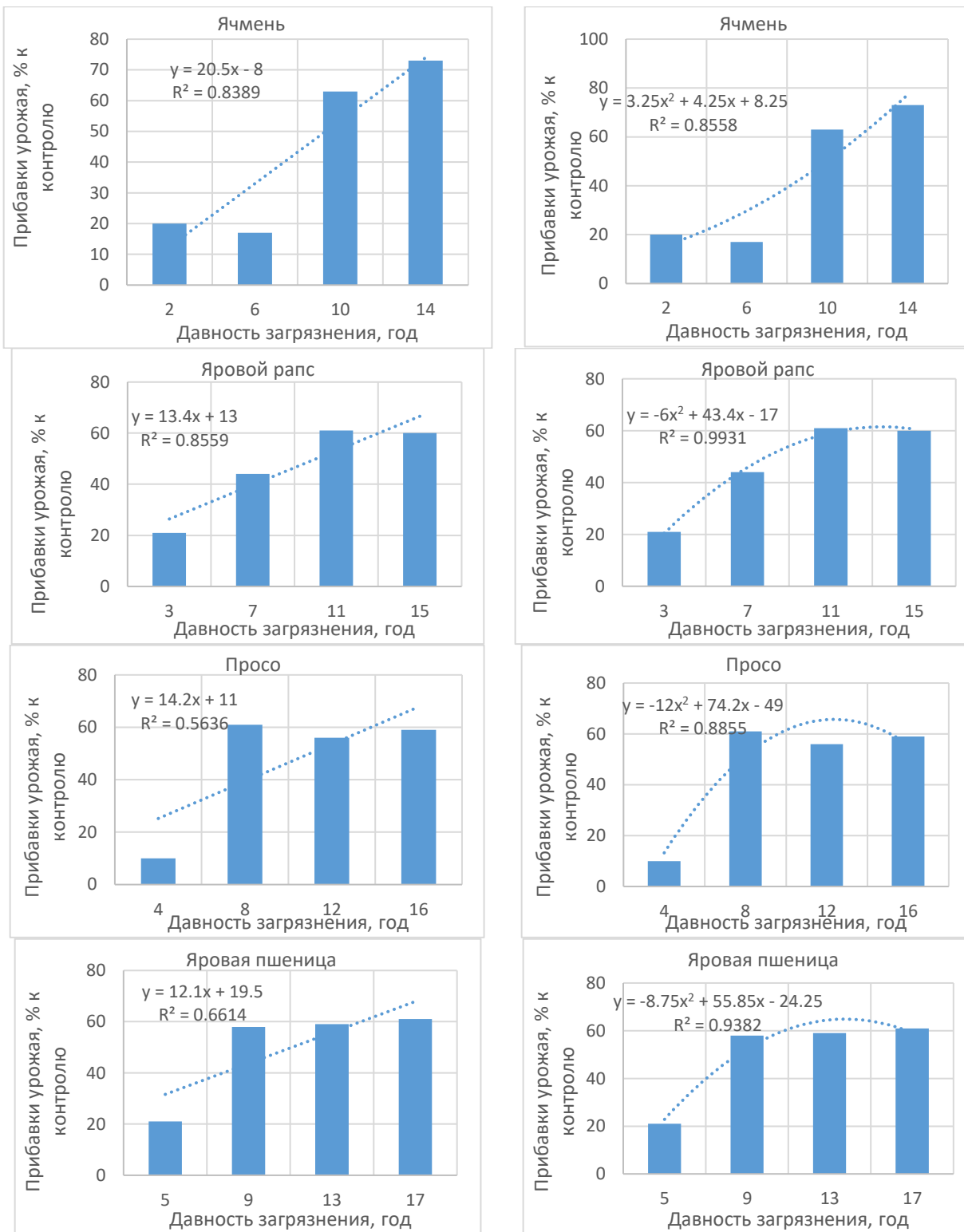


Рисунок 2. Прибавки урожая основной продукции от минеральных удобрений в зависимости от давности загрязнения серой лесной почве нефтью

У этих трёх подопытных культур максимальные прибавки урожая были получены в третий срок наблюдения (10-12 годы после загрязнения), а в последний срок наблюдения (14-16 годы после

загрязнения) обнаружилось некоторое снижение величин прибавок урожая.

Динамика изменения прибавок урожая яровой пшеницы от биопрепарата в зависимости от давности загрязнения несколько различается от характера динамики прибавок предыдущих трёх культур. Отличие заключается в том, что прибавки урожая зерна у этой культуры в течение последних трёх сроков наблюдения (9, 13 и 17 годы после загрязнения) остались примерно на одном уровне (14-16 % к контролю).

В целом за все годы наблюдений усредненные прибавки урожая основной продукции ячменя и рапса от биопрепарата Байкал ЭМ-1 оказались более весомыми, чем прибавки урожая проса и яровой пшеницы. Для описания характера корреляции величин прибавок урожая от биопрепарата в зависимости от давности нефтяного загрязнения лучше подходило полиномиальное уравнение второй степени: если коэффициенты детерминации прибавок урожая от давности загрязнения в случае описания тренда линейным уравнением варьировали в пределах 0,005-0,7619, то в случае описания тренда полиномиальным уравнением второй степени - 0,742-1,0. Особенно тесная зависимость между величинами прибавок урожая и давностью загрязнения серой лесной почвы нефтью обнаружилась на посевах проса.

На рис. 2 показана динамика изменения прибавок урожая зерна (маслосемян) испытанных сельскохозяйственных культур от внесения минеральных удобрений в течение четырех ротации севооборота. При определении норм внесения минеральных удобрений исходили из потребностей как нефтеокисляющих микроорганизмов, так и возделываемых сельскохозяйственных культур следующим образом. В течение двух первых лет, когда загрязненная почва соответствующих участков содержалась по системе чистого пара, то есть интенсивно обрабатывалась без посева сельскохозяйственных культур, норма внесения минеральных удобрений (NPK) гипотетически была предназначена для стимуляции жизнедеятельности углеводородокисляющих микроорганизмов. Соотношение азота, фосфора и калия в этот период составило 1:0,4:0,2 при общей норме 80 кг д. в./га. В последующие годы нормы внесения минеральных удобрений определяли расчетно-балансовым методом для получения запланированной урожайности испытанных сельскохозяйственных культур на контрольной (незагрязненной) почве. За все годы наблюдений средние дозы минеральных удобрений составили N74P63K62.

Представленные материалы свидетельствуют о том, что как реабилитационный прием внесение полного минерального удобрения оказалось более действенным фактором, чем инокуляция почвы биопрепаратом Байкал ЭМ-1. В зависимости от давности загрязнения и вида сельскохозяйственной культуры прибавки урожая основной продукции от минеральных удобрений варьировали в пределах от 10 до

73 % к уровню контроля (незагрязненная почва). Судя по величине усредненной прибавки урожая (49,8 % к контролю) особенно отзывчивой на минеральные удобрения на нефтезагрязненной почве, оказалась яровая пшеница. Средние размеры прибавок урожая основной продукции остальных культур от минеральных удобрений составили 43,3-46,5 % к контролю.

Характер действия минеральных удобрений на продуктивность растений отличался от такового биопрепарата Байкал ЭМ-1: положительное влияние полного минерального удобрения на урожайность культур по мере роста давности загрязнения серой лесной почвы нефтью возрастало. Так, если в начальный период наблюдений (2-5 годы после загрязнения) средняя прибавка урожая четырёх культур от минеральных удобрений равнялась 18 % к контролю, то в дальнейшем (6-9, 10-13 и 14-17 годы после загрязнения) усредненные прибавки по всем культурам составили соответственно 45, 60 и 63 %.

Как и в случае с биопрепаратом Байкал ЭМ-1, для описания характера корреляции величин прибавок урожая от полного минерального удобрения в зависимости от давности нефтяного загрязнения лучше подходило полиномиальное уравнение второй степени ($0,5636 \div 0,8559 < 0,8558 \div 0,9931$).

Выводы. Таким образом, азотно-фосфорно-калийное удобрение и биологический препарат Байкал ЭМ-1 в сочетании с известкованием и интенсивной механической обработкой почвы следует рассматривать как возможные приемы восстановления плодородия серых лесных почв, загрязненных нефтью. Прибавки урожая основной продукции (зёрна, маслосемена) испытанных культур от полного минерального удобрения примерно в 2-4 раза превышали прибавки от биопрепарата. Преимущество минеральных удобрений над биопрепаратом по мере роста давности загрязнения возрастало. Корреляция размеров прибавок урожая основной продукции как от биопрепарата, так и полного минерального удобрения в зависимости от давности загрязнения, лучше описывалась полиномиальным уравнением второй степени.

Литература

1. Восстановление нефтезагрязненных почвенных систем [под ред. М. И. Глазовской]. - М.: Наука, 1988. - 254 с.
2. Леднёв, А.В. Влияние нефтяного загрязнения на агрохимические и токсикологические показатели дерново-подзолистых почв / А.В. Леднёв, А.В. Ложкин // Агрохимический вестник. – 2019. - № 2. - С.72-78.
3. Пиковский, Ю.И. Основы нефтегазовой геоэкологии: учебное пособие / Ю.И. Пиковский, Н.М. Исмаилов, М.Ф. Дорохова // под науч. Ред. Д-ра геогр. Наук, проф. А.Н. Геннадиева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 414 с.

4. Киреева, Н.А. Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность серой лесной почвы / Н.А. Киреева, А.М. Мифтахова, Г.Г. Кузяхметов // *Агрохимия*. - 2001. - № 5. - С. 64-69.
5. Исакова, Е. А. Особенности воздействия нефти и нефтепродуктов на почвенную биоту / Е. А. Исакова // *Colloquium-journal*. - 2019. - № 12 (36). - С. 7-10.
6. Мерзлякова, Д.А. Изучение влияния нефти на агрохимические показатели почв / Д.А. Мерзлякова // *Инновации. Наука. Образование*. – 2021. - № 37. - С. 1231-1246.
7. Назаренко, Е.Б. Биологическая рекультивация техногенных ландшафтов / Е.Б. Назаренко, О.В. Гамсахурдия // *Лесной вестник*. - 2013. - № 4. - С. 183-187.
8. Гилязов, М.Ю. Нефтезагрязненные почвы Республики Татарстан / М.Ю. Гилязов // *Агрохимический вестник*. – 2001.- № 6. - С. 21-24.
9. Ежегодник Министерства экологии природных ресурсов Республики Татарстан «Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2021 году» - Казань, 2022. - 490 с.
10. Терещенко, Н.Н. Рекультивация нефтезагрязненных почв / Н.Н. Терещенко, С.В. Лушников, Е.В. Пышьева // *Экология и промышленность России*. - Октябрь, 2002. - С. 17-20.
11. Плешакова, Е.В. Приемы стимуляции аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры / Е.В. Плешакова, Е.В. Дубровская, О.В. Турковская // *Биотехнология*. - 2005. - № 1. - С. 42-50.
12. Филатов, Д.А. Активизация биохимических процессов в нефтезагрязненной почве с применением светокорректирующей пленки и гуминовых кислот / Д.А. Филатов, А.А. Иванов, Л.И. Сваровская, Н.В. Юдина // *Почвоведение*. - 2011. - № 2. - С. 226-232.
13. Барышникова, Н.В. Биодegradация нефтяных углеводородов в почвенных образцах с внесением концентрата сточных вод и биопрепарата "микрозим" / Н.В. Барышникова, М.А. Павлова, Е.В. Черемная, Е.В. Макаревич // *Успехи современного естествознания*. - 2011. - № 8. - С. 22-23.
14. Изилиянов, А.Ю. Биоремедиация нефтезагрязненных почв / А.Ю. Изилиянов, Н.Н. Минина // *Вестник науки*. - 2021. - №1, - 6-1 (39). - С. 200-203.
15. Кузнецова, Т. В. Биологические препараты и очистка почв от нефтяных углеводородов / Т. В. Кузнецова, А. М. Петров // *Журнал экологии и промышленной безопасности*. - 2010. - № 2(46). - С. 69.
16. Сотникова, Ю.М. Оценка фиторемедиационного потенциала сельскохозяйственных растений при нефтяном загрязнении почвы / Ю. М. Сотникова, В. В. Федяев, А. С. Григориади [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки*. - 2021. - № 3(35). - С. 99-109.

17. Чачина, С.Б. Деструкция углеводов нефти с использованием микробиологических препаратов «Байкал-ЭМ», «Тамир», «Восток» / С.Б. Чачина, С.В. Болтунова, Н.В. Черкашина // Омский научный вестник. - №1 (138). - 2015. - С. 221-225.

18. Байкал ЭМ-1 – микробиологическое удобрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://semena.uspeha.ru/stati/udobrenie-bajkal-ehm-1/>. Дата обращения 01.12.2023

19. Шаблин, П.А. Чудо-технология Байкал ЭМ-1. Теория и практика применения препарата / П.А. Шаблин. - Новосибирск: Научно-производственное объединение «Агро - ЭМ 1», 2010. - 51 с.

20. Гаффарова, Л.Г. Статистические параметры морфологического строения и свойств пахотных дерново-подзолистых и серых лесных почв Привытской полосы лесостепной зоны Республики Татарстан / Л.Г. Гаффарова, И.Д. Давлятшин. - Казань: Изд-во Казан. гос. аграрного ун-та, 2019. - 130 с.

21. Гилязов, М.Ю. Агроэкологическая характеристика и приемы рекультивации нефтезагрязненных черноземов Республики Татарстан / М.Ю. Гилязов, И.А. Гайсин. - Казань: Фэн, 2003. - 228 с.

22. Сержанов, И.М. Урожайные свойства и качество семян яровой пшеницы в зависимости от фона питания в условиях Республики Татарстан / И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов, А.Р. Сержанова, Р.И. Гараев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2019. - Т. 14. - № 2 (53). - С. 52-57

23. Амиров, М.Ф. Формирование урожая яровой пшеницы в зависимости от использования минеральных удобрений, микроэлементов и гербицида в условиях Республики Татарстан / М.Ф. Амиров, Д.И. Толокнов // Плодородие. - 2020. - № 3 (114). - С. 6-9.

24. Нигматуллина, Р.А. Влияние нефтяного загрязнения серой лесной почвы на урожайность ярового рапса / Р.А. Нигматуллина, М.Ю. Гилязов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2021. Вып. 2. – С. 9-17. DOI 10.12737/44165

© Нигматуллина Р.А., Гилязов М.Ю., Осипова М.А., 2023

БИОЛОГИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 633.112.6

Гареев Разиль Ильсурович

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
rass112@mail.ru

Шайхутдинов Фарит Шарипович

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
faritshay@kazgau.com

Сержанов Игорь Михайлович

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
igor.serzhanov@kazan.com

Даминова Аниса Илдаровна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
danis14@mail.ru

*Казанский Государственный аграрный университет,
Казань*

ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗА ПОЛБЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКА В ПРЕДКАМЬЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Аннотация. В условиях серой лесной почвы Республики Татарстан были проведены экспериментальные исследования по изучению влияния различных предшественников на урожайность зерна полбы как ценной крупяной культуры. Метеорологические условия в годы исследований (2019-2021) резко отличались по температурному и водному режиму. ГТК за вегетацию 2019 года составил 1,35 ед, 2020 1,28 и 2021 0,37. Полученные результаты показали, что наивысший урожай во все годы исследований был достигнут после предшественника одногодичный клевер 2,15, 2,62; и 1,6 т зерна с га, в среднем за три года 2,12 т. Прибавка к контролю составила 0,26 т с гектара. Сравнительно лучшие показатели по качеству зерна также были достигнуты на этом варианте опыта: масса 1000 зерен 33,9 г, содержание белка 15,4%.

Ключевые слова: пшеница полба, предшественник, урожайность, качества зерна.

Razil I. Garayev

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
rass112@mail.ru

Farit Sh. Shaikhutdinov

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

faritshay@kazgau.com

Igor M. Serzhanov

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

igor.serzhanov@kazan.com

Anisa I. Daminova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

danis14@mail.ru

Kazan State Agrarian University,

Kazan

Annotation. In the conditions of gray forest soil of the Republic of Tatarstan, experimental studies were carried out to study the influence of various predecessors on the grain yield of spelled as a valuable cereal crop. Meteorological conditions during the years of research (2019-2021) differed sharply in temperature and water conditions. The STC for the growing season of 2019 was 1.35 units, 2020 1.28 and 2021 0.37. The results obtained showed that the highest yield in all years of research was achieved after the predecessor one-year clover 2.15, 2.62; and 1.6 tons of grain per hectare, on average for three years 2.12 tons. The increase in control was 0.26 tons per hectare. Relatively better indicators for grain quality were also achieved in this version of the experiment: weight of 1000 grains - 33.9 g, protein content - 15.4%.

Keywords: Spelled wheat, predecessor, yield, grain quality.

Введение. Издревле, при возделывании сельскохозяйственных культур ученые, как РФ, так и РТ серьезное внимание обращали плодосмену и пришли к выводу, что предшественники в севообороте играют основополагающую роль в формировании урожая [1; 2; 3].

Сельское хозяйство России, в том числе Республики Татарстан за последние годы претерпевают качественные изменения, связанные с переходом на ресурсосберегающие технологии. В земледелии они базируются на оптимизации системы обработки его почвы, ее биологизации посредством эффективного чередования культур при широком внедрении многолетних трав, преимущественно бобовых культур, сидерации, использования не товарной части урожая в качестве органического удобрения, биологических препаратов и т.д. [4; 5; 6; 7].

Цель исследования состояла в изучении отзывчивости объекта исследования на различные предшественники и влияния их на продуктивность агроценоза полбы.

Объект, условия и методика проведения исследований.

Объектом исследований является включенный в Госреестр по 7 региону сорт пшеницы полба Средневолжская.

Экспериментальная работа по изучению и подбору лучшего предшественника для пшеницы полбы проводили на опытном поле

ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» с наиболее распространенными в Предкамье Республики Татарстан серыми лесными почвами с содержанием гумуса 3,2-3,4% (ГОСТ 265213-91), повышенное содержание подвижного фосфора 160-180 и обменного калия 109-149 мг на 1000 г почвы (ГОСТ 26204-91), высокое содержание легкогидролизуемого азота 89-110 мг/кг (по Тюрину), рН_{сол} 5,6-5,7 (ГОСТ 26483-85).

Решение поставленных задач осуществлялось постановкой и проведением полевых опытов по следующей схеме: как предшественники в севообороте использовались: озимая рожь (контроль), клевер однолетний, викоовсяная смесь на зеленый корм и яровая мягкая пшеница [8; 9; 10].

Метеорологические условия в годы проведения исследований резко отличались по температурному и водному режиму. Вегетационный период в 2019 и 2020 годах характеризовался как благоприятный для роста и развития пшеницы полбы, ГТК за вегетацию = 1,35 и 1,28. За период вегетации пшеницы полбы в 2021 году выпало очень незначительное количество осадков 36 мм, что весьма отрицательно отразилось на формировании урожая зерна (ГТК 0,37).

Опыты проводились, как правило, в четырехкратной повторности. Размеры делянок: общая 60 м²(2х30), учетная 50м².

Участок после уборки предшественника лушили, обработку зяби проводили на 22-25 см. Весной следовало закрытие влаги, после предпосевной культивации с боронованием был проведен посев, в 2019 г. 4.V, 2020г. - 6. V и 2021 г.- 7. V, сеялкой марки WINTERSTEIGER с нормой посева 6 млн. семян на 1 га, глубина заделки семян 4-5 см [11; 12; 13].

Посевы при необходимости обрабатывали против сорняков гербицидом «Оплот Трио». Уборка опытных делянок проводилась в фазе полной спелости зерна зерноуборочным комбайном САМПО-500.

Результаты исследований и их обсуждение. Независимо от предшественников всходы пшеницы полбы появились одновременно на 10 день после посева 13 мая в 2019 году, 2020 г -18 мая на 12 день и 2021 году 20 мая на 13 день посева [14; 15; 16]. В дальнейшем резких различий наступления фенологических фаз и на их продолжительность предшественники не оказали.

Наилучшие условия для формирования продуктивности пшеницы полбы отмечены по предшественнику однолетний клевер и викоовсяная смесь на зеленый корм (табл. 1).

Из таблицы видно, что независимо от условий вегетации по годам исследований видно, как предшественник однолетний клевер обеспечивает получение сравнительно высокий урожай по сравнению с контролем [17; 18; 19]. В среднем за три года прибавка составила 0,26 т с га

Таблица 1 – Влияние различных предшественников на продуктивность пшеницы полба

Вариант	Продуктивность т/га			В среднем за 2019-2021 г.г.	к контролю т/га
	Годы				
	2019	2020	2021.		
Клевер одногодичный	2,15	2,62	1,60	2,12	0,26
Озимая рожь(контроль)	1,83	2,34	1,43	1,86	-
Вика+овес на з/к	2,00	2,47	1,58	2,02	0,16
Яровая пшеница	1,72	2,17	1,36	1,75	0,11
НСР ₀₅	0,040	0,085	0,044		

Предшественники оказали различные влияния на физические показатели зерна (табл. 2).

Таблица 2 – Физические показатели зерна полбы за 2019-2021 гг.

Вариант	Вес1000 зерен, г	Белок в зерне, %	Выход растительного белка, кг с га	Пленчатость, %	Зерно после шелушения, кг/га
Клевер одногодичный	33,9	15,4	326,5	23,9	1613
Озимая рожь (контроль)	33,1	14,3	276,0	24,3	1439
Вика = овес на з/к	33,6	15,1	302,0	24,3	1532
Яровая пшеница	32,0	13,9	239,1	24,8	1346

Наивысшие показатели по качеству зерна также были установлены по предшественнику одногодичный клевер. Вес 1000 зерен в среднем за три года по этому предшественнику составил 33,9 г. [20]. Содержание белка превышало на 1,1 % по сравнению с контролем, а сбор белка с единицы площади на 50,5 кг с гектара.

Заключение. Наилучшим предшественником при возделывании пшеницы полбы в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан оказался одногодичный клевер. В среднем за 3 года данный предшественник отличился высокой продуктивностью 2,12 т/га.

Литература

1. Предшественник – важный фактор повышения качества зерна яровой пшеницы полбы (*Triticum dicoccum* Schuebl) в условиях Республики Татарстан Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанов И.М., Сержанова

А.Р., Гараев Р.И. В сборнике: Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности. Научные труды международной научно-практической конференции. - Казань, 2021. - С. 628-636.

2. Пономарева, М.Л. Нетрадиционные культуры - полба / М.Л. Пономарева // Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений в Республике Татарстан. - Казань, 2013. - С.403-410.

3. Петров, С.В. Формирование урожая яровой пшеницы полбы (*T. dicoccum*) в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / С.В. Петров, Ф.Ш. Шайхутдинов, И.М. Сержанов // Зерновое хозяйство России. - Зерноград, 2014. - № 6 (36). - С.13-18.

4. Сержанов, И.М. Продуктивность пшеницы полбы сорта Руно при различных уровнях минерального питания, нормы высева и глубина заделки семян в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов, Р.И. Ибяттов, Р.И. Гараев, Д.Х. Зиннатуллин, А.А. Валиев // Вестник ГАУ. - 2017. - № 4(47). - С.62-66.

5. Муслимов, М. Г. Полба - ценная зерновая культура / М.Г. Муслимов, Л.Б. Исмагилов // Зерновое хозяйство России, 2012. - № 3. - С.40-42.

6. *Triticum dicoccum* Hybrid Lines by Genomic Composition and Resistane to Fundal Diseases under Different Environmental Conditions / IN Leonova, E.A. Salina, V.K. Shumny et.al. // Russian Journal of Genetics, 2013. - Vol. 49. - No.11. - Pp. 1112-1118.

8. Амиров, М. Ф. Оценка влияния биологических препаратов и минеральных удобрений на продуктивность яровой твердой пшеницы / М. Ф. Амиров, А. М. Амиров // Вестник Казанского ГАУ, 2015. - №1 (35) - С. 98-102.

9. Амиров, М. Ф. Формирование урожая яровой мягкой пшеницы при использовании биологических препаратов и минеральных удобрений/ М. Ф. Амиров // Вестник Казанского ГАУ, 2017. - №2 (44) - С. 5-8.

10. Амиров, М.Ф. Адаптивные технологии возделывания полевых культур / М.Ф. Амиров, В.П. Владимиров, И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов // Казань: Изд-во «Бриг», 2018.-124 с.

11. Гараев, Р.И. Урожайные свойства и качество семян яровой пшеницы в зависимости от фона питания в условиях Республики Татарстан / И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов, А.Р. Сержанова, Р.И. Гараев // Вестник Казанского ГАУ, 2019. - № 2 (53). - С. 52-57.

12. Карпова, Л.В. Модификационное воздействие агротехнических приемов на качество семян зерновых культур и прогнозирование их потенциальных возможностей в условиях Среднего Поволжья / Л.В. Карпова // Известия Оренбургского ГАУ. –2009. – Т.1.– С.13-15.

13. Ганиев, А.М. Влияние предпосевной обработки семян на формирование урожайности зерна и качество семян яровой пшеницы в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / А.М. Ганиев, И.М.

Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов // *Зерновое хозяйство России*, 2017. - № 2(50). - С.12-17.

14. Сабирзянов, А.М. Влияние фона минерального питания и приемов основной обработки почвы при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны среднего Поволжья / А М Сабирзянов, Н А Логинов, И П Таланов, М В Панасюк, Т Г Хадеев // Конференция по инновациям в развитии сельского хозяйства и сельских территорий IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 341 (2019) 01202.7doi:10.1088/1755-1315/341/1/012027

15. Гилязов, М.Ю. Изменение агрофизических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении его товарной нефтью в Республике Татарстан / М.Ю. Гилязов // *Евразийское почвоведение*, 2002. - 35(12). - С. 1341-1345.

16. Safin, R.I. The evaluation of various sources of endophytic microorganisms for new biofungicides / R.I. Safin, L.Z. Karimova, S.Z. Validov // *INTERNATIONAL FORUM "BIOTECHNOLOGY: STATE OF THE ART AND PERSPECTIVES"* The proceedings of International forum "Biotechnology: state of the art and perspectives" MAY 23-25, 2018. - P. 34-35.

17. Доспехов, Б. А. Методология полевого опыта (с базами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - Москва: Колос, 1985. - 416 с.

18. Шайхутдинов, Ф.Ш. Влияние отдельных факторов интенсификации на урожайные свойства и измененные посевных качеств семян яровой пшеницы в условиях Предкамья Республика Татарстан / Ф.Ш. Шайхутдинов, И.М. Сержанов, Р.И. Гараев // *Материалы научно-практической конференции. Устойчивое развитие сельского хозяйства* издательство Казанского ГАУ. - Казань, 2016. - С. 115-120.

19. Гараев, Р.И. Посевные качества семян яровой пшеницы выращенных в условиях Предкамья Республика Татарстан / Р.И. Гараев, И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов // *Материалы международной научно-практической конференции Казанского ГАУ, посвященной памяти профессора А.А. Зиганшина «Биологические и экологические проблемы совершенного земледелия и роль аграрной науки в его развитии»*. - Казань, 2016. - С.19-25.

20. Влияние приемов агротехники на урожай и качество зерна пшеницы полбы (двузернянка) в условиях Предкамья Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Ибяттов [и др.] // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. - 2018. - Т. 13. - № 4(51). - С. 103- 108.

© Гараев Р.И., Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанов И.М., Даминова А.И., 2023

Демир Жасмин

Студент

Иванова Ольга

Студент

Кадырова Фануся Загитовна

*Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Казанский государственный аграрный университет,
Казань*

fanusa51@rambler.ru

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ РОССИЙСКОГО ГАУ ИМ. К.А. ТИМИРЯЗЕВА В УСЛОВИЯХ ПРЕДКАМСКОЙ ЗОНЫ РТ

Аннотация. Представлены результаты сравнительного изучения 4 перспективных линий яровой мягкой пшеницы, селекции Российского Государственного аграрного университета – ТСХА им. К.А. Тимирязева на серых лесных почвах в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан. Изучение проводилось в сравнении с сортами Ульяновская 105 и Йолдыз, широко возделываемыми в зоне в связи с высокой урожайностью зерна. Наиболее неблагоприятные гидротермические условия в вегетационном периоде 2023 года совпали с моментами формирования колоса и налива зерна яровой пшеницы. Сорта Российского ГАУ выделались по высоте растений, массе наземных органов и корневой системы, площади листовой поверхности, крупности колоса, но уступили по числу продуктивных стеблей, числу зерен в колосе и в целом по урожайности. Выделены две линии (Линия 15 и Линия 222h-78b), перспективные для использования в селекции на увеличение потенциала колоса яровой мягкой пшеницы в комбинациях с сортами местной селекции, обладающих повышенной устойчивостью к неблагоприятным гидротермическим условиям вегетационного периода в Среднем Поволжье.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, сорта РГАУ, гидротермические условия, продуктивность колоса, урожайность зерна.

STRUCTURAL FEATURES OF PROMISING LINES OF SPRING SOFT WHEAT BREEDING BY RUSSIAN GAU NAMED AFTER K.A. TIMIRYAZEV IN THE CONDITIONS OF THE PREDKAMA ZONE OF THE RT.

Jasmin Demir

Students

Olga Ivanova

Students

Fanusya Z. Kadyrova

Doctor of Agricultural Sciences, professor
fanusa51@rambler.ru
Kazan State Agrarian University,
Kazan

Abstract. The results of a comparative study of 4 promising lines of spring soft wheat, selected by the Department of Breeding of the Russian State Agrarian University - TSHA named after. K.A. Timiryazev on gray forest soils in the Predkamsk zone of the Republic of Tatarstan. The study was carried out in comparison with the Ulyanovskaya 105 and Yoldyz varieties, which are widely cultivated in the zone due to their high grain yield. The most critical hydrothermal conditions in the growing season of 2023 coincided with the period of ear formation and grain filling of spring wheat. The varieties of the Russian GAU stood out in terms of plant height, weight of ground organs and root system, leaf surface area, ear size, but were inferior in the number of productive stems, the number of grains in the ear and overall yield. Two lines have been identified (Line 15 and Line 222h-78b), which are promising for use in breeding to increase the ear potential of spring soft wheat in combination with locally bred varieties that have increased resistance to unfavorable hydrothermal conditions of the growing season in the Middle Volga region.

Keywords: spring soft wheat, RGAU varieties, hydrothermal conditions, ear productivity, grain yield.

Введение. Практика показывает, что ключевую роль в современных технологиях, направленных на биологизацию растениеводства, играют регионально адаптированные сорта, способные в соответствующих условиях обеспечивать стабильно высокую урожайность [1,2,]. Для получения стабильно высоких урожаев зерна производству нужны сорта, сочетающие в себе и признаки устойчивости к стрессовым факторам, и отзывчивые к современным приемам интенсификации, и обладающие природоохранными свойствами [3]. Эта проблема особенно широко разрабатывается в селекционных программах регионов с неустойчивыми природно- климатическими условиями [4,5].

В исследованиях ряда авторов отмечается, что на фоне других факторов урожайность яровой пшеницы лимитируется наличием в почве доступных форм NPK и влаги [6,7]. Но реализуется этот комплекс природно-климатических и антропогенных факторов благодаря отзывчивости сортов [8,9,10].

Расширение генетического разнообразия исходного материала в селекции способно решить эту проблему. Авторы отмечают, что успех селекции яровой пшеницы на хозяйственно-ценные признаки зависит от наличия и изученности исходного материала [11,12]. Многообразие региональных почвенно-климатических условий и применяемых

агротехнологий повышает значимость расширения разнообразия отбираемых форм, отвечающих требованиям современного земледелия.

Эффективно и целенаправленно вести селекцию сортов с регионально адаптированными свойствами и высоким качеством зерна можно лишь при наличии хорошо изученных источников хозяйственно ценных признаков, [13,14]. Для этого нужно знать не только продуктивный потенциал материала, но и особенности варьирования признаков продуктивности в ответ на неблагоприятное воздействие климатических и антропогенных стрессов [15]. Поскольку гибридизация остается в современных селекционных технологиях основным методом получения нового исходного материала для отбора, принцип подбора родительских форм для скрещиваний по генетической дивергенции наиболее результативно решает проблему расширения разнообразия генофонда в селекции любой культуры [16]. С этой целью в программы по созданию новых сортов стремятся вовлекать разнообразные родительские формы, обладающие большим разнообразием генетических признаков [17].

Целью наших исследований было изучение и выявление наиболее хозяйственно ценных генотипов яровой мягкой пшеницы из коллекции Российского ГАУ им. К. А. Тимирязева, предоставленных нам согласно договору о сотрудничестве, для использования в селекции применительно к условиям Республики Татарстан.

Материал и методы. На условиях договора о творческом сотрудничестве с кафедрой селекции и семеноводства РГАУ им. К.А. Тимирязева проведено сортоиспытание 13 образцов яровой мягкой пшеницы.

Опыт заложен на опытном поле Казанского ГАУ, на территории ООО «Агробиотехнопарк» в Лаишевском муниципальном районе по методике ГСИ [18]. Повторность делянок – трехкратная, учетная площадь делянок –20 м². Почва – серая, лесная, среднесуглинистая. Предшественник – озимая пшеница. Норма высева семян - 6 млн./га.

Таблица 1 - Родословная генотипов, взятых для изучения

Название сорта / линии	Родословная	Учреждение - оригинатор
Ульяновская 105	ступенчатая гибридизация с сортами Саратовская 29, Ишеевская, Приокская, Симбирка, Прохоровка, Безостая 1 и Red River	Ульяновский НИИ СХ
Йолдыз	Люба х Славянка Сибири	Татарский НИИСХ
Линия 15	Иволга (яровая) х Галина (озимая)	Московский ГАУ
Линия 298-92 b	Омская 36 х Иволга	Московский ГАУ
Линия 222 h -74 b	Биора 2 х Любава	Московский ГАУ
Линия 222 h -78 b	Биора 2 х Любава	Московский ГАУ

В таблице 1 представлена родословная сортов и линий, взятых для изучения по данным авторов [19,20]. Хозяйственно-биологические признаки перспективных линий мы сравнивали с сортами Ульяновская 105 и Йолдыз, которыми засеивается треть посевов яровой мягкой пшеницы в Татарстане.

Результаты и обсуждение. Температурный режим вегетационного периода 2023 года был относительно ровным и не значительно отклонялся от средне многолетней нормы. Критические условия складывались для растений благодаря дефициту атмосферных осадков. Так в весь июнь и первые две декады июля выпало 14,3% от многолетней нормы, а в августе – 37,1%. Вегетационный период растений завершился за 98 дней, но отдельные его фазы протекали в условиях острого дефицита осадков, что сократило межфазный период кущение – выход в трубку и отразилось на процессах налива зерна.

Ответной реакцией на ухудшение условий развития растения отзываются замедлением ростовых процессов. Поэтому динамика накопления сухой биомассы может отражать эту реакцию. Как свидетельствуют данные таблицы 2 в первой половине вегетации до выхода в трубку по биомассе растений сорт Йолдыз превосходил изучаемые сорта, а в конце вегетации московские сорта значительно опередили сорта стандарты. В фазе молочной спелости сухая биомасса наземных органов растений превосходила стандарт Ульяновскую 105 от 10,9 до 36,1 %. Наибольшую биомассу наземных органов и корневой системы сформировали Линия 15 и образец 222h-74 b.

Таблица 2 - Динамика накопления сухой биомассы растений сортов яровой мягкой пшеницы (2023 г)

Сорт / линия	Масса наземной части 10 растений по фазам, г			Масса корней 10 растений по фазам, г		
	выход в трубку	колошение	молочная спелость	выход в трубку	колошение	молочная спелость
Ульяновская 105	8,69	27,2	21,9	0,82	1,9	1,2
Йолдыз	9,0	17,8	22,2	0,83	1,8	1,6
Линия 15	6,62	31,7	31,3	0,80	1,5	2,2
222h-74 b	7,83	16,4	51,7	1,06	0,7	2,3
222h-78 b	8,81	21,5	27,5	0,87	0,7	0,9
298-92 b	7,79	16,4	24,3	0,50	0,9	1,8

Аналогичная закономерность сохранялась и при формировании листовой поверхности. Максимальную листовую поверхность до выхода в трубку формировал сорт Йолдыз. А в момент начала молочной спелости линии Московского ГАУ в разы превосходили местные сорта по площади листьев на растении.

Таблица 3 - Динамика развития листовой поверхности растений сортов яровой мягкой пшеницы (2023г.)

Сорт / линия	Площадь листьев на растении, см ²				
	всходы	кущение	выход в трубку	колошение	молочная спелость
Ульяновская 105	6,1	23,91	68,05	68,53	18,9
Йолдыз	7,3	65,62	99,33	78,69	28,61
Линия 15	4,76	16,68	43,99	88,98	28,87
222h-74 b	6,37	26,16	68,71	91,31	65,37
222h-78 b	4,86	25,98	73,33	69,69	40,51
298-92 b	6,77	30,21	87,96	71,72	49,69

Морфоструктурный анализ растений, проведенный в фазе полной спелости, показал, что фотосинтетический потенциал растений наиболее эффективно работал на накопление зерна у сорта Ульяновская 105 и линия 222h-78 b которые сформировали наиболее продуктивные колосья (табл. 4).

Линия 15 и 222 h -74 b сформировали довольно крупное в сравнении со стандартными сортами зерно, но масса колоса и количество зерен в нем было ниже чем у стандарта на 35 и 27 % соответственно. Линии 15 выделилась и по полноте реализации потенциала колоса. В общей массе колоса 85,3 % составляло зерно.

Таблица 4 - Структура урожайности растений сортов яровой мягкой пшеницы

Сорт/линия	Масса растения, г	Масса колоса, г	Длина колоса, см	Число зерен в колосе	Масса зерен в колосе, г	Масса 1000 семян (МТС), г	Коэффициент реализации колоса
Ульяновская 105	3,4	1,77	8,68	36,9	1,27	27,7	0,717
Йолдыз	2,47	1,34	9,06	32,1	0,89	28,5	0,664
Линия 15	2,79	1,16	8,91	29,8	0,99	33,2	0,853
Линия 298-92	2,26	1,16	9,08	32,2	0,81	24,1	0,664
Линия 222 h -74 b	2,12	0,94	8,51	27,2	0,62	34,8	0,596
Линия 222 h -78 b	3,43	1,46	10,38	38,4	1,02	27,0	0,699

Оценка зерновой продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы показала, что в условиях 2023 года наиболее урожайным был сорт Ульяновская 105 (табл. 5).

Таблица 5 - Урожайность зерна сортов яровой мягкой пшеницы (2023г.)

Сорт/линия	Урожайность зерна, т/га			Средняя урожайность, т/га	Группа урожайности	К хозяйственный
	1	2	3			
Ульяновская 105	7,27	6,05	7,98	7,10	1	37,4
Йолдыз	5,44	5,95	5,44	5,61	2	36,0
Линия 15	6,00	7,30	5,47	6,26	1	35,5
Линия 298-92 b	5,64	6,23	5,56	5,81	2	35,8
Линия 222 h -74 b	5,64	5,05	5,48	6,26	1	29,2
Линия 222 h -78b	6,18	6,17	6,34	6,23	1	29,7
НСР ₀₅	0,93					

Определяющим фактором формирования высокой урожайности у сорта Ульяновская 105 было наибольшее число продуктивных колосьев на квадратном метре. В одной группе урожайности с ним были линия 15 и 2 линии от скрещивания Биора 2 x Любава.

Однако, не смотря на обнаруженные различия в морфоструктурном и продуктивном потенциале сортов оценка их хозяйственного коэффициента, не выявила существенных различий между сортом стандартом и новыми линиями, т.к. конечный результат – урожайность зерна с гектара у сорта Ульяновская 105 реализовалась благодаря большему числу растений, у образца 222 h -74 b – за счет крупности зерна, а у образца 222 h -78 b – за счет продуктивности колоса.

Выводы

1. Вегетационный период яровой мягкой пшеницы в 2023 году завершился за 98 дней. Отдельные его фазы протекали в условиях острого дефицита атмосферных осадков, что отразилось на сокращении межфазного периода кущение – выход в трубку и на процессах налива зерна.

2. Линии яровой мягкой пшеницы селекции Московского ГАУ к моменту завершения вегетативного роста формировали большую биомассу растений и листовую поверхность. Превышение над стандартом по сухой биомассе растений составило от 11 до 36 %, по листовой поверхности от 0,6 до 3,5 раза.

3. Фотосинтетический потенциал растений наиболее полно реализовался в зерновой продуктивности растений сорта Ульяновская 105 и Линии 222h-78 b которые сформировали наиболее продуктивные колосья.

4. Линия 15 отличалась от стандарта и других испытываемых сортов наибольшей крупностью зерна и наиболее полной реализацией потенциала колоса в зерновой продуктивности.

Таким образом, Линия 15 и Линия 222h-78b селекции Московского ГАУ обладают более высоким потенциалом генеративной системы и могут быть использованы в селекции на урожайность в комбинациях с сортами местной селекции, обладающих повышенной устойчивостью к неблагоприятным гидротермическим условиям вегетационного периода.

Литература

1. Рубец, В.С. Оценка сортов яровой пшеницы различного эколого-географического происхождения по хозяйственно-полезным признакам в ЦРНЗ / В.С. Рубец, Б.Б. Наджонов, В.В. Пыльнев, И.Н. Ворончихина // Вавиловские чтения – 2021. Сборник статей научно-практической конференции, посвященной 134-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова. - Саратов, 2022. - С. 184-190.

2. Сержанов, И.М. Формирование продуктивности экологически пластичных сортов яровой пшеницы в условиях Предволжья Республики Татарстан / И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов, Р.И. Гараев., А.Р. Сержанова, Р.Р. Залялов // Агробиотехнологии и цифровое земледелие, 2023. - № 2 (6). - С. 38-43.

3. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). Теория и практика / А.А. Жученко. - М: РУДН, 2001. - Т.1. - 783 с.

4. Достижения селекции яровой мягкой пшеницы в Татарстане / Н. З. Василова, Д. Л. Ф. Асхадуллин, Д. Р. Ф. Асхадуллин [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры, 2019. – № 2(30). – С. 124-131. – DOI 10.24411/2309-348X-2019-11102. – EDN KZXAFM.

5. Амиров, М.Ф. Оценка эффективности предпосевной обработки семян и посевов биологически активными веществами на яровой пшенице в условиях Предкамья Республики Татарстан / М.Ф. Амиров, А.Я. Сафиуллин, М.Ю. Гилязов, и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2023. – Т.18, №2(70). – С.5-12. – DOI10.12737/2073-0462-2023-5-12. – EDN ZIDTJ.

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

7. 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, № 2(70). – С. 42-49. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-42-49. – EDN PNUUYR.

8. Адаптивный потенциал сортов пшеницы (озимой, яровой мягкой и яровой твердой) селекции Омского аграрного научного центра / М.Г. Евдокимов, И.А. Белан, В.С. Юсов и др. // Достижения науки и техники АПК, 2020. - Т. 34. - № 10. - С. 9-15.

9. Власов, В.Г. Формирование урожайности нового сорта пшеницы мягкой яровой Ульяновская 105 в зависимости от приемов агротехники / В.Г. Власов, Л.Г. Захарова // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 3. - С. 26-28.

10. Колесар, В. А. Оценка влияния агроклиматических изменений на развитие болезней яровой пшеницы в Предкамье Республики Татарстан / В.А. Колесар, А.А. Зиганшин, Р.И. Сафин // Зерновое хозяйство России, 2017. - № 2 (50). - С. 45–47.

11. Логинов, Ю.П. Стабильность формирования урожайности и качества зерна сортами яровой пшеницы в различных природно-климатических зонах Тюменской области / Ю.П. Логинов, А.А. Казак // Агропродовольственная политика России, 2013. - № 4 (16). - С. 25-30.

12. Захаров, В. Г. Адаптивные свойства новых сортов овса в условиях Средневолжского региона / В. Г. Захаров, О. Г. Мишенькина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4(52). – С. 100-107. – DOI 10.18286/1816-4501-2020-4-100-107. – EDN RNOIJI.

13. Кадырова, Ф.З. Стратегия и достижения в селекции гречихи для современного земледелия в условиях Среднего Поволжья / Ф.З. Кадырова, Л.Р. Кадырова // Вестник Казанского ГАУ, 2017. - №4. (47). - С. 46-48.

14. Валекжанин, В. С. Генофонд мягкой яровой пшеницы европейской селекции как исходный материал для создания новых сортов в Алтайском крае / В. С. Валекжанин, Н. И. Коробейников, Н. А. Березникова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2021. – № 8(202). – С. 5-10. – DOI 10.53083/199.

15. Пономарева, М.Л. Особенности селекции озимой ржи на адаптивность в Республике Татарстан/ М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев, Г.С. Маннапова, [и др.] // Достижения науки и техники АПК, 2015. - Т.29. - №5 - С.11-14.

16. Мальцев, В. Ф. Обоснование технологии возделывания озимой пшеницы в условиях биологизации растениеводства / В. Ф. Мальцев, В. П. Лямцев, М. А. Кашеваров // Зерновые культуры. Зерновое хозяйство. – 1999. – № 6. – С. 28-31. – EDN VWKKER.

17. Реакция на стресс, агротехника и семеноводство голозерного овса / А. С. Маркова, А. Д. Кабашов, П. М. Политыко [и др.] // Владимирский земледелец. – 2021. – № 3(97). – С. 56-61. – DOI 10.24412/2225-2584-2021-3-56-61. – EDN MDXDHL.

18.Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1985. - Вып.1. - 269 с.

19. Василова, Н.З. Новые сорта яровой мягкой пшеницы селекции ТатаНИИСХ / Н.З. Василова, Э.З. Багавиева, Д-р. Ф. Асхадуллин [и др.] // Земледелие, 2015. - №8. – С. 46-48.

20. Захаров, В.Г. Новый сорт яровой мягкой пшеницы Ульяновская 105 для широкого ареала возделывания / В.Г. Захаров, О.Д. Яковлева // Современные тенденции в научном обеспечении АПК Верхневолжского региона: Коллективная монография: в 2 томах /ФГБНУ «Верхневолжский аграрный научный центр» Т.1. – Иваново : Издательско-профилактический комплекс «ПресСто», 2018. – С. 484-492. EDN WTFYE.

© *Демир Ж., Иванова О, Кадырова Ф.З., 2023*

Иматуллина Гульназ Ильфатовна¹,
Аспирант,

Климова Лилия Рафкатовна²,
Младший научный сотрудник
Li21@mail.ru

Кадырова Фануся Загитовна¹,
Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
fanusa51@rambler.ru

Романова Ольга Ивановна³,
Кандидат сельскохозяйственных наук

¹Казанский государственный аграрный университет,
Казань

²Татарский научно-исследовательский институт сельского
хозяйства-

Обособленное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН,
Казань

³Всероссийский институт генетических ресурсов растений
имени Н.И. Вавилова

ГЕНОФОНД ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ К УСЛОВИЯМ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Аннотация. В статье приводятся результаты оценки коллекционных образцов гречихи обыкновенной, предоставленных Всероссийским институтом генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. Исследования проведены в полевых опытах в Предкамской зоне Республики Татарстан. 2023 год был острозасушливым для гречихи. Украинские и Белорусские сорта в этих условиях продлили вегетационный период до 94 ...111 дней (на 8... 25 дней больше, чем сорт стандарт); сформировали массу корней, превышающую стандарт в 1,2 - 2,4 раза и большую массу растений в 1,4 - 3 раза; имели большой потенциал ветвления и цветения, но крайне низкую семенную продуктивность растений. Более развитая корневая система и высокая биологическая продуктивность растений сортов Антария (Украина) и Ажурная (Беларусь) представляет селекционную ценность для создания сортов, используемых в биологическом земледелии в качестве сидеральной культуры.

Ключевые слова: гречиха обыкновенная, биологическое земледелие, сорта, коллекция ВИР

Gulnaz I. Imatullina¹
Postgraduate student
Lilia R. Klimova²

Junior research assistant

li21@mail.ru

Fanusya Z. Kadyrova¹

Doctor of Agricultural Sciences, professor

fanusa51@rambler.ru

Olga I. Romanova³

Candidate of Agricultural Sciences

¹*Kazan State Agrar University,*

Kazan

²*Tatar Scientific Research Institute of Agriculture is*

a separate subdivision of the FITC KazNC RAS,

Kazan

³*Federal Research Center the N.I. Vavilov*

All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR)

ASSESSMENT OF THE GENE POOL OF BUCKWHEAT IN RELATION TO THE CONDITIONS OF BIOLOGICAL AGRICULTURE

Annotation. The article presents the results of an assessment of collection samples of common buckwheat provided by the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after. N.I. Vavilova. The research was carried out in field experiments in the Predkamsk zone of the Republic of Tatarstan. 2023 was a particularly dry year for buckwheat. Under these conditions, Ukrainian and Belarusian varieties extended the growing season to 94...111 days (8...25 days more than the standard variety); formed a mass of roots exceeding the standard by 1.2 - 2.4 times and a greater mass of plants by 1.4 - 3 times; had a high potential for branching and flowering, but extremely low seed productivity of plants. The more developed root system and high biological productivity of plants of the Antaria (Ukraine) and Azhurnaya (Belarus) varieties are of breeding value for creating varieties used in biological farming as a green manure crop.

Keywords: common buckwheat, biological farming, varieties, VIR collection

Введение. Современные технологические приемы в растениеводстве позволили значительно повысить урожайность всех сельскохозяйственных культур [1]. Наряду с увеличением урожайности выросла и пестицидная нагрузка на пашню, что ухудшает биологическую ценность, а внесение современных комплексных минеральных удобрений существенно увеличивает себестоимость производимой продукции [2].

Одним из решений данной проблемы является переход на биологическую систему воспроизводства почвенного плодородия за счет использования сидеральных культур, с интенсивным ростом,

формирующих большую биомассу растений, обладающих фитосанитарными и почвоулучшающими свойствами [3,4,5,6,7].

Корневая система гречихи способна оказывать такое благотворное влияние на почвенную микрофлору, улучшать режим минерального питания растений, в том числе и последующих культур в составе севооборота, а продуктивная наземная масса позволяет сокращать непродуктивное испарение влаги из почвы и существенно восполняет корнеобитаемый слой доступными для растений элементами минерального питания [7,8].

Селекция гречихи для лесостепных районов Среднего Поволжья долгие годы велась в направлении увеличения семенной продуктивности растений. У современных сортов сформировался компактный габитус растений, обеспечивающий дружность цветения и плодообразования и позволяющий регулировать сроки сева, сдвигая критические фазы вегетации на более благоприятные даты [9,10]. С этих позиций, современные сорта, при прочих других хозяйственно- ценных признаках, формируют не большую вегетативную массу, что делает актуальной задачу развития нового направления в селекции гречихи для возделывания в качестве сидеральной культуры в составе полевого севооборота [11,12].

Для целенаправленного создания сорта, удовлетворяющего требованиям биологического земледелия необходима комплексная оценка имеющегося генофонда и выбор оптимальных родительских форм для гибридизации [13,14].

Целью наших исследований была оценка генетической коллекции гречихи обыкновенной в условиях Республики Татарстан для создания сортов пригодных к возделыванию в качестве сидеральной культуры в условиях биологического земледелия.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились на экспериментальном поле Татарского НИИСХ в Лаишевском муниципальном районе Предкамской зоны РТ. Почва опытного участка – серая лесная, среднесуглинистого гранулометрического состава.

Содержание гумуса в пахотном слое почвы по Тюрину составило 3,52%, рН почвенного раствора – 6,0. Содержание подвижного фосфора по Кирсанову - 335 мг/кг почвы, обменного калия – 128 мг/кг почвы.

Посев проведен 6 июня с использованием биологической изоляции, с нормой высева 100 шт/м². Площадь учетной делянки равнялась 1 м². Технология обработки почвы – общепринятая в республике Татарстан. При побурении более 95% плодов на растениях была произведена ручная уборка делянок.

Объектом изучения были 8 сортов гречихи отечественной и зарубежной селекции.

Фенологические наблюдения, учет урожая и анализ его структуры осуществляли по методике Государственного сортоиспытания [15], для проведения статистического анализа использован пакет MS Excel 2019.

Исследования проводились в рамках договора о научном сотрудничестве с Всероссийским научно-исследовательским институтом генетических ресурсов (№ 57д/23 от 22 марта 2023 года). Работа Климовой Л.Р. выполнялась в рамках государственного задания.

Метеорологические условия вегетационного периода 2023 года были неблагоприятны и характеризовались острой почвенно-атмосферной засухой в критические периоды роста и развития растений гречихи. Осадки в течении вегетационного периода были неравномерными, Сорок шесть дней вегетационного периода дневные температуры превосходили критический предел для растений $+25^{\circ}$, что стало причиной низкой летной активности пчел. В начале вегетации, резкие перепады суточных температур задержали процессы закладки метамеров и снизили семенную продуктивность растений.

Результаты и обсуждение. Продолжительность фенологических фаз существенно различалась между сортами (табл.1).

Так, сорта зарубежной селекции имели более длительный вегетационный период по сравнению со стандартным сортом Яшьлек. Сорт Яшьлек отнесен к группе среднеранних сортов с вегетационным периодом в среднем 72...86 дней. Наиболее длительный вегетационный период в условиях Предкамья Республики Татарстан был у сортов Любава, Лилея (111 дней) и Антария (110 дней). Наиболее скороспелым сортом из числа сортов коллекции ВИР оказался сорт Гилея, вегетационный период которого составил 94 дня.

Удлинение вегетационного периода у зарубежных сортов произошло за счет увеличения продолжительность фаз генеративного периода. Наиболее продолжительными оказались межфазные периоды от массового цветения до массового плодообразования и от массового побурения плодов до уборочной спелости.

Сорта зарубежной селекции показали и более низкую засухоустойчивость генеративной сферы растений по сравнению с районированным стандартом, что проявилось в массовом засыхании завязавшихся плодов.

В экстремальных условиях 2023 года исследуемые сорта по-разному накапливали сухую биомассу (табл. 2).

Все сорта зарубежной селекции превзошли районированный стандарт Яшьлек по биологической массе. Наибольшую биологическую массу растений сформировал сорт Украинской селекции Антария (7,2 г). В среднем масса растения исследуемых сортов была выше стандарта в 1,4 – 3 раза.

Таблица 1- Продолжительность фенологических фаз сортов гречихи

Номер в каталоге ВИР	Сорта	Регион создания	Межфазные периоды, дней						Период вегетации
			посев - всходы	всходы - бутонизация	бутонизация – массовое цветение	Массовое цветение – массовое	Массовое плодобразование –	Массовое побурение плодов - уборочная спелость	
4528	Любава	Киевская область	10	18	17	11	24	31	111
4554	Гилея	Николаевская область, Украина	10	10	8	40	19	7	94
4566	Антария	Киевская область	10	10	24	34	6	26	110
4567	Анисия	Киевская область	10	10	24	26	8	31	109
4574	Надежда	Киевская область	10	10	24	26	8	31	109
4580	Ажурная	Беларусь	10	10	20	30	8	31	109
4594	Лилея	Киевская область	10	25	10	26	14	26	111
	Яшьлек	Татарстан, РФ	14	14	3	17	14	24	86

Масса извлеченных корней у сортов зарубежной селекции была или на уровне стандарта, или выше. Так у сорта Антария и Ажурная масса корней была выше в 2,4 и в 2 раза соответственно.

Несмотря на высокую биологическую массу семенная продуктивность растений исследуемых сортов была ниже сорта Яшьлек. Среди изучаемых образцов коллекции наибольшая семенная продуктивность была у сортов Антария (0,1 г), Любава (0,2 г) и Ажурная (0,3 г) против 1,8 г у сорта – стандарта Яшьлек.

Компоненты структуры играют важную роль при формировании продуктивности растений [16]. Особое внимание селекционеров было направлено на сокращения генетического роста и ветвления растений, как фактору, способствующему увеличению семенной продуктивности [17].

Таблица 2 – Биологическая масса элементов структуры растений гречихи

Номер в каталоге ВИРа	Сорт	Масса корня, г	Масса стебля, г	Масса плодов с растения, г
	Яшьлек	0,5±0,03	2,4±0,2	1,8±0,2
4528	Любава	0,6±0,07	3,8±0,4	0,20±0,03
4554	Гилея	0,5±0,09	3,3±0,4	0,05±0,01
4566	Антария	1,2±0,3	7,2±1,8	0,10±0,06
4567	Анисия	0,5±0,1	4,5±0,9	0,05±0,02
4574	Надежда	0,5±0,1	3,6±0,6	0,08±0,02
4580	Ажурная	1,0±0,1	5,6±0,7	0,30±0,07
4594	Лилея	0,6±0,07	4,8±0,5	0,08±0,03

В условиях 2023 года наиболее высокорослым оказался сорт Любава (табл. 3). Сорта Надежда и Ажурная оказались короче стандарта Яшьлек на 3,3 и 3,1 см соответственно. Стоит отметить, что практически все сорта зарубежной селекции превзошли стандарт Яшьлек по количеству узлов на главном стебле. А эта величина, как известно, тесно коррелирует с продолжительностью вегетационного периода [18]. Количество узлов на уровне стандарта было у сорта Ажурная, ниже у сорта Надежда.

Таблица 3 - Биометрические данные элементов структуры растений сортов гречихи

Номер в каталоге ВИР	Сорт	Высота растений, см	Число узлов на главном стебле	Число ветвей 1-го порядка, шт.	Число ветвей 2-го и выше порядков, шт.
	Яшьлек	61,7±1,9	8,6±0,2	2,9±0,1	-
4528	Любава	104,7±28,5	9,7±0,3	3,7±0,1	3,1±0,3
4554	Гилея	74,8±3,3	9,7±0,5	3,4±0,2	1,4±0,6
4566	Антария	84,4±4,2	12,4±0,8	4,1±0,3	4,5±1,1
4567	Анисия	71,8±4,1	11,4±0,5	4,2±0,3	3,6±0,6
4574	Надежда	58,4±2,5	6,5±0,1	4,1±0,2	3,8±0,8
4580	Ажурная	58,6±1,8	8,6±0,4	5,4±0,2	10,0±1,2
4594	Лилея	87,6±2,3	11,1±0,4	4,0±0,2	3,9±0,4

Селекция в Татарском НИИСХ проводилась в направлении ограничения бокового ветвления, что видно из таблицы 3. Количество ветвей первого порядка у сорта Яшьлек составило 2,9 штук при полной редукции ветвей второго и выше порядков.

Климатические условия Украины и Белоруссии обеспечивают более продолжительный благоприятный период для роста и развития растений гречихи, благодаря чему сорта, созданные для этих регионов, обладают

большим потенциалом ветвления. Так все исследуемые варианты превзошли стандарт по количеству боковых ветвей первого и выше порядков. Максимальное количество ветвей было сформировано на растениях сорта Ажурная.

С увеличением ветвления увеличилось и количество соцветий, сформированных на главном стебле и побегах (табл. 4). За исключением местного сорта Яшьлек, образование плодов у изучавшихся сортов происходило по ремонтантному принципу, когда наряду с формирующимися плодами происходит активная закладка и развитие новых бутонов и цветков. Такой тип плодоношения характерен для эволюционной стратегии адаптации вида [19,20]. Максимальное количество соцветий сформировалось на растениях сорта Антария (24,1) и Ажурная (22,6). Однако, несмотря на большое количество сформированных соцветий, на растениях этих сортов было получено лишь единичные плоды.

Наиболее четко это проявилось в параметре озерненности одного соцветия. Наибольшее количество выполненных плодов было получено в соцветиях растений районированного стандарта Яшьлек (10,05). Продуктивность соцветия инорайонных сортов в условиях 2023 года варьировала в интервале от 0,2 до 0,79 плодов. Из сортов зарубежной селекции по данному параметру можно выделить сорт Анисия (0,79 шт), Любава (0,52 шт) и Ажурная (0,48 шт).

Таблица 4 – Структура репродуктивной сферы растений сортов гречихи в 2023 г.

Номер в каталоге ВИР	Сорт	Количество соцветий		Количество плодов		Озерненность одного соцветия, шт.
		на главном стебле, шт.	на боковых ветвях, шт.	с главного стебля, шт.	с боковых ветвей, шт.	
	Яшьлек	3,3±0,2	2,2±0,2	41,6±2,9	13,7±2,7	10,05
4528	Любава	3,1±0,2	11,0±1,1	1,9±0,4	5,3±0,8	0,52
4554	Гилея	3,8±0,3	9,3±1,2	1,0±0,3	2,3±0,5	0,25
4566	Антария	4,2±0,4	19,9±5,2	1,1±0,4	3,9±1,8	0,21
4567	Анисия	5,3±0,6	17,3±3,6	0,4±0,2	1,4±0,6	0,79
4574	Надежда	2,2±0,1	11,4±1,7	0,6±0,1	2,2±0,7	0,21
4580	Ажурная	3,2±0,2	16,6±2,5	2,7±0,6	6,7±1,7	0,48
4594	Лилея	2,8±0,2	9,7±1,0	0,8±0,5	1,7±0,5	0,20

Выводы. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что вегетационный период 2023 года был экстремальным по температурным условиям и гидротермическому режиму для гречихи. Украинские и Белорусские сорта, включенные в коллекцию ВИР, в условиях Предкамья Республики Татарстан обладали более продолжительным периодом вегетации (от 94 до 111 дней);

сформировали массу корней, превышающую стандартный сорт местной селекции в 1,2 - 2,4 раза и массу растений в 1,4 - 3 раза. Более высокий потенциал биомассы этих сортов обусловлен неограниченным ростом растений и нередуцированным ветвлением побегов второго и далее порядков. Проявился низкий уровень семенной продуктивности как растений, так и соцветий, что связано с недостаточной устойчивостью к почвенной и атмосферной засухе их репродуктивной системы в сравнении со стандартом.

Мощная корневая система и большой потенциал биомассы растений сортов Антария (Украина) и Ажурная (Беларусь) представляет селекционную ценность для создания сортов, используемых в биологическом земледелии в качестве сидеральной культуры.

Литература

1. Наими, О. И. Биологическое земледелие и экологические аспекты применения гуминовых препаратов / О. И. Наими, Ю. С. Поволоцкая // Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2019. – № 3-1. – С. 121-123. – DOI 10.24411/2500-1000-2019-10633.

2. Ахметзянов, М.Р. Пути повышения почвенного плодородия серых лесных почв Среднего Поволжья / М.Р. Ахметзянов, И.П. Таланов. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – 188 с. – ISBN 978-5-905201-95-0

3. Догполова, Н. В. Биологическая система земледелия и воспроизводство плодородия почвы в лесостепи Центрального Черноземья / Н. В. Долгополова // Региональный вестник. – 2016. – № 2(3). – С. 29-32.

4. Ахметзянов, М. Р. Продуктивность озимой пшеницы при использовании различных паров на серых лесных почвах в условиях республики Татарстан / М. Р. Ахметзянов, И. П. Таланов, Л. И. Сафина // Плодородие, 2020. – № 1(112). – С. 40-43. – DOI 10.25680/S19948603.2020.112.12.

5. Сабирова, Р.М. Биологизация земледелия: учебное пособие для студентов, обучающихся по агрономическим направлениям высших учебных заведений / Р.М. Сабирова, И.Х. Вафин, Р.И. Сафин. – Казань: Казанский ГАУ, 2023. – 80 с. EDN EUNCGP.

6. Диабанкана, Р. Ж. К. Оценка приемов биологизации земледелия в Республике Татарстан / Р. Ж. К. Диабанкана, Р. М. Сабирова, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 3(3). – С. 26-32. – DOI 10.12737/2782-490X-2022-26-32. – EDN JFCTOQ.

7. Лукманова, А. А. Оценка пригодности различных сортов яровой пшеницы для карбонового земледелия / А. А. Лукманова, Ф. З. Кадырова, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2023. – № 1(5). – С. 27-33. – DOI 10.12737/2782-490X-2023-27-33. – EDN FNJXBP.

8. Кадырова Ф.З. Гречиха в биологическом земледелии / Ф.З. Кадырова, Л.Р. Кадырова, А.Т. Хуснутдинова // Актуальные проблемы

современного земледелия и роль аграрной науки в его развитии. Материалы Международной научно-практической конференции Казанского ГАУ, 2018. – С. 56–60.

9. Галиуллина Г.Н. Оптимизация габитуса растений гречихи в процессе селекции для условий Среднего Поволжья / Г.Н. Галиуллина, Ф. З. Кадырова // Зернобобовые и крупяные культуры, - 2014. - №4. - С. 27-29.

10. Кадырова Ф.З. Новые сорта гречихи для засушливых условий Среднего Поволжья / Ф.З. Кадырова, Л.Р. Кадырова, А.Т. Хуснутдинова // Зерновое хозяйство России, 2014. – №2. – С.54-57.

11. Кислов, А.В. Агроэкологические и технологические основы формирования высокопродуктивных агроценозов гречихи в биологическом земледелии степной зоны Южного Урала / А. В. Кислов, И. В. Васильев, С. А. Федюнин, П. В. Демченко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2012. – № 5(37). – С. 62-64.

12. Кадырова, Ф. З. Стратегия и достижения в селекции гречихи для современного земледелия в условиях Среднего Поволжья / Ф. З. Кадырова, Л. Р. Кадырова // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2017. – Т. 12, № 4-2(47). – С. 46. – DOI 10.12737/article_5a8433579d12c9.61978447.

13. Валекжанин, В. С. Генофонд мягкой яровой пшеницы европейской селекции как исходный материал для создания новых сортов в Алтайском крае / В. С. Валекжанин, Н. И. Коробейников, Н. А. Березникова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2021. – № 8(202). – С. 5-10. – DOI 10.53083/199.

14. Пономарева, М.Л. Особенности селекции озимой ржи на адаптивность в Республике Татарстан/ М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев, Г.С. Маннапова, [и др.] // Достижения науки и техники АПК, 2015. - Т.29. - №5. - С.11-14.

15. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1985. - Вып.1. - 269 с.

16. Фесенко А.Н. О роли структуры вегетативной зоны побегов в продуктивных свойствах сортов гречихи / А.Н. Фесенко, О.А. Шипулин, Н.В. Фесенко. // Бюл. НТИ ВНИИЗБК. – Орел: 2005. Вып 43. - С. 23-27.

17. Фесенко А.Н. Морфогенетический метод селекции гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench): Монография / А.Н. Фесенко, Н.Н. Фесенко, О.И. Романова. – СПб.: ВИР, 2017. - 163 с.

18. Фесенко Н.В. Тенденция эволюции гречихи в Восточноевропейском ареале и использование их в селекции / Вестник РАСХН, 1998 – № 1. С 10 -13.

19. Амелин А.В. Физиолого-генетические селекции гречихи на адаптивность / Коллективная монография под ред. А.В. Амелина – Орел: Издательство «Картуш», 2021. - 408 с.

20. Фесенко А.Н. К вопросу об изменении архитектоники растений гречихи в результате окультуривания / А.Н. Фесенко, Н.Н. Фесенко // Биологический и экономический потенциал зернобобовых и крупяных культур и пути его реализации. - Орел, 1999. – С. 239-245.

© *Иматуллина Г.И., Кадырова Ф.З., Климова Л.Р., Романова О.И.,*
2023

Логинов Николай Александрович
Кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный университет
Казань
loginov_2311 mail.ru

ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГУМУСА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Аннотация. В статье рассматривается практическое применение производства и использования биогумуса в агропромышленном комплексе Республики Татарстан. Известно, что вермикомпост - это один из органических продуктов переработки биогумуса живыми организмами и бактериями.

Земляные или дождевые черви, как их принято называть, полезны для воспроизводства и улучшения плодородия почвы. Соответственно, чем их популяция больше, тем лучше обогащается земля кислородом и создается хорошая структура грунта, способствующая улавливанию воды и ускорению переработки органики.

На сегодняшний день остро стоит вопрос воспроизводства плодородия почвы, так как почва является ценным продуктом природы, который, в свою очередь, нельзя ничем заменить. Наукой уже давно доказано, что процесс формирования почвы — это длительный и сложный процесс. Но существует и более быстрый и лучший способ возрождения утраченного плодородия. В современном мире нет ни одного технического средства, которое могло бы заменить в этом отношении живые организмы.

Благодаря дождевым червям почва хорошо разрыхляется и получает больше воздуха и влаги. Также дождевые черви не только производят вермикомпост, а также мелиорируют, структурируют верхние слои почвы, ещё больше повышая её качество [1].

Ключевые слова: биогумус, переработка, удобрение, микроэлементов, гербициды.

Nikolay A. Loginov
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kazan State University
Kazan
loginov_2311 mail.ru

PRODUCTION AND USE OF VERMICOMPOST IN THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Annotation. The article discusses the practical application of the production and use of vermicompost in the agro-industrial complex of the Republic of Tatarstan. It is known that vermicompost is one of the organic products that process vermicompost by living organisms and bacteria.

Earthworms or earthworms as they are commonly called are useful for reproduction and improving soil fertility. Accordingly, the larger their population, the better the soil is enriched with oxygen and a good soil structure is created, facilitating the capture of water and accelerating the processing of organic matter.

Today, the issue of reproducing soil fertility is an urgent issue, since soil is a valuable product of nature. Which in turn cannot be replaced by anything. Science has long proven that the process of soil formation is a long and complex process. But there is a faster and better way to revive lost fertility. In the modern world there is not a single technical means that could replace living organisms.

Thanks to earthworms, the soil is loosened well and receives more moisture from the air. Also, earthworms not only produce vermicompost, they also ameliorate and structure the upper layers of the soil, further improving its quality.

Keywords: vermicompost, processing, fertilizer, trace elements, herbicides.

Сегодня учёные разделились на два направления по вопросу применения химических и биологических препаратов. Некоторые считают, что невозможно полностью отказаться от химических препаратов. Другие, наоборот, предлагают переходить на органическое земледелие.

Человечеству уже давно понятно, что залогом здоровья являются натуральные фрукты и овощи, выращенные без добавления каких-либо химикатов. Одним из видов натурального удобрения для растений является биогумус, его производит никто другой, как земляной или навозный червь [2].

Биогумус - это органическое удобрение, полностью восстанавливающее плодородие почвы, результат жизнедеятельности популяции дождевых червей за счет переработки органических удобрений. Биогумус похож по консистенции на легкую рассыпчатую почву, содержит макроэлементы, такие как азот, фосфор, магний, кальций, также содержит микроэлементы (цинк, железо и т. д.), соли гуминовых кислот и полезные микроорганизмы, тормозящие развитие грибковых заболеваний [3].

Биогумус применяется не только для плодородия полей, он также используется в тепличных хозяйствах, для городской среды. Эффективность биогумуса заключается в пользе урожайности культур и повышения качества почвы.

Например, в первый год использования биогумус может увеличить урожайность до 200% за счет своей растворимости в воде и быстрого поглощения корневой системой растения [4].

Одним из способов получения вермикомпоста является переработка червями органики. Калифорнийские черви не требуют особого ухода, и их разведение может быть очень прибыльным бизнесом. Они способны быстро размножаться и превращать навоз в биогумус, который является ценным удобрением для растений. Кроме того, биогумус обогащает почву микроэлементами, что способствует росту растений и повышению урожайности.

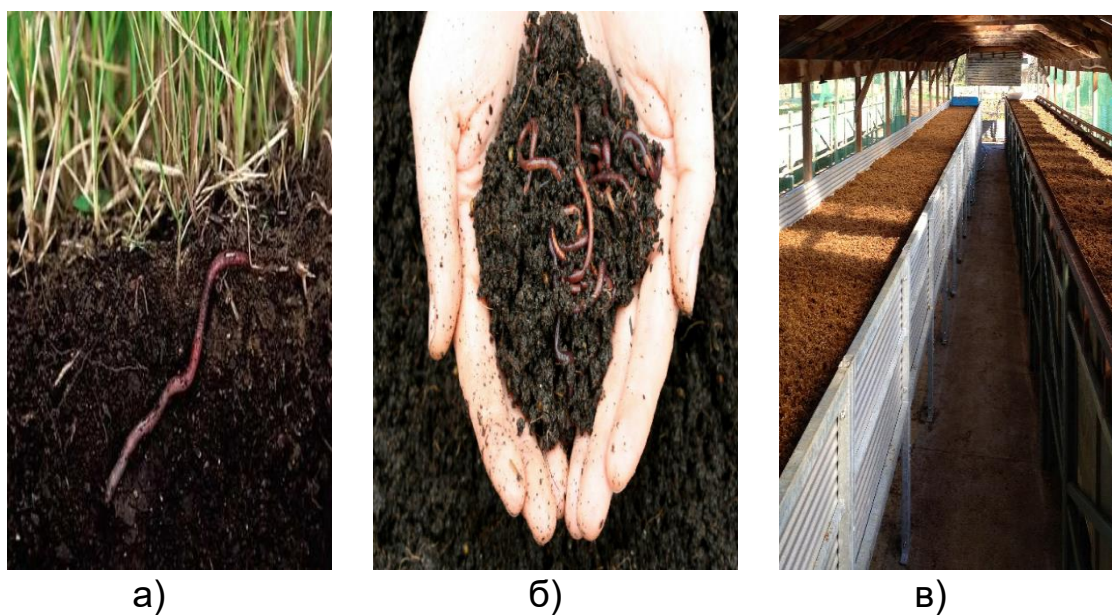


Рисунок 1. Процесс вермикомпостирования

Сегодня вермикомпостирование набирает популярность и является способом эффективной переработки навоза.

Острая и актуальная проблема — это то что вместо традиционного метода в сельском хозяйстве применяет химические препараты для быстрого и объемного роста культур. Которые в свою очередь плохо сказываются на потребителе в плане здоровья.

В результате переработки отходов животноводческих ферм можно получить не только качественное удобрение, но и провести поддержание санитарных норм на территории животноводческих комплексов [5].

Основные особенности и характеристика биогумуса:

- контролируемая влажность;
- технология использования позволяет применять это удобрение в любой климатической зоне;
- он положительно влияет на почву, в результате чего образуются полезные штаммы микроорганизмов;
- биогумус содержит большое количество азота биологического происхождения;

- биогумус уникален своим гумусовым компонентом, содержание которого составляет не менее 6%;
- содержит фульвокислоту в достаточном количестве;
- биогумус содержит большое количество микроэлементов (азот, фосфор, калий), которые растворимы в воде. [6]

Применяя органические удобрения можно получить качественную продукцию. В результате применения биогумуса улучшается структура почвы, влагоудержание, уменьшается эрозия почвы.

На землях где бедное содержание питательных элементов, при внесении биогумуса урожайность может увеличиться на 200% уже в первый год.

Активно также сегодня идет применение вермикомпоста в разных странах, одними из них являются Япония, США поскольку органические удобрения относятся по стандарту класса "А".

Биогумус также применяется для освоения пустынных территорий, благодаря искусственному слою биогумуса и песка.

Одной из особенностей работы дождевых червей в переработке почвы является то, что черви также являются индикаторами качества почвы. На полях, где применяются химическая обработка, черви практически отсутствуют. [7]

Выбрасывая на поверхность переработанную землю, дождевые черви способствуют сохранению и восстановлению плодородия почвы, обогащению ее кислородом и созданию благоприятных условий для роста растений. Это, в свою очередь, ведет к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур и поддержанию экологического баланса в природе.

Сегодня в Республике Татарстан в животноводческих фермах скапливается большое количество отходов животноводства, одним из решений проблемы их утилизации может стать развитие производства биогумуса. Биогумус - это экологически чистое и эффективное удобрение, которое может значительно повысить плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Кроме того, использование биогумуса позволяет снизить затраты на минеральные удобрения и пестициды, что делает его экономически выгодным решением.

Следует иметь в виду что органические отходы, выброшенные на поля без должного контроля, могут привести к распространению семян сорняков и ухудшению качества почвы. Чтобы избежать этого, необходимо проводить контроль за утилизацией отходов и использовать методы обработки почвы, которые помогут предотвратить распространение сорняков, превращающих сельскохозяйственные угодья в сорную плантацию. Фермеры предпочитают бороться с подобными проблемами самым простым и легким способом с помощью гербицидов. В результате происходит еще большее отравление окружающей нас среды. [8]

Если подсчитать, то из одной тонны органических отходов получается 0,6 тонны биогумуса и 100 граммов червей. Один килограмм удобрения стоит 10 рублей, 1 Червь-30 копеек, община из 1,5 тысячи "калифорнийцев" общим весом около одного килограмма стоит 525 рублей. Один гектар вермиплантации в присутствии 3-4 рабочих дает 350-400 тонн вермикомпоста.

Стоит отметить, что калифорнийские черви прибыли в нашу республику благодаря Набережночелнинским фермерам, которые захотели организовать производство биогумуса на своей ферме.

Таким образом, дождевые черви являются важным звеном в круговороте веществ и энергии в экосистемах, обеспечивая стабильность и продуктивность. Если сравнивать дождевых червей фигурально, то можно сказать, что черви представляют собой как бы один цех того огромного производства, каким является почвообразование. [9]

Внедрение технологии производства биогумуса в хозяйствах Республики Татарстан могло бы осуществить переход на безотходное производство и получение прибыли, как это уже давно применяется на Западе.

Литература

1. Ботуз, Н. И. Использование биогумуса для защиты растений от вредных организмов / Н. И. Ботуз // Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора Александра Филипповича Тимофеева, Киров, 26–27 февраля 2019 года. Том Часть 2. – Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 28-32.

2. Внутрихозяйственное землеустройство - основа органического земледелия / Н. А. Логинов, А. М. Сабирзянов, Н. Р. Галиев, М. В. Панасюк // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № S4-1(55). – С. 64-68.

3. Вермитехнологии как основа экологического земледелия / И. Б. Фахруденова, А. С. Хамитова, С. М. Сергазина, Ш. А. Мустафина // Международный вестник ветеринарии. – 2020. – № 4. – С. 106-110.

4. Вермитехнология и ее потенциал в решении проблемы отходов в республике Мордовия / С. В. Ковшов, В. П. Ковшов, И. Г. Ларионова [и др.] // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. – 2008. – Т. 5, № 2. – С. 64-65.

5. Загорская, Е. П. О системе переработки органических отходов посредством использования вермикультуры / Е. П. Загорская, А. А. Иванов // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем. – 2018. – № 15. – С. 98-104.

6. Садовикова, Н. А. Переработка отходов животноводческих ферм способом вермикультивирования / Н. А. Садовикова, О. Г. Позднякова //

Сборник материалов III Молодежного Экологического Форума, Кемерово, 06–08 октября 2015 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2015. – С. 66.

7. Использование технологии вермикомпостирования в сельском хозяйстве / М. А. Выгузова, А. С. Линкевич, В. В. Касаткин, Н. Ю. Литвинюк // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 7. – С. 11-13.

8. Климова, Е. В. Вермикультивирование - многоцелевое рентабельное производство / Е. В. Климова // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 1999. – № 4. – С. 782.

9. Козенко, З. Н. Вермикультура и производство биогумуса как новое направление малого и среднего предпринимательства в АПК / З. Н. Козенко, Ю. В. Труженикова // Приоритетные научные исследования и инновационные технологии в АПК: наука - производству: материалы Национальной научно-практической конференции, Волгоград, 29 октября 2019 года. Том 2. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2019. – С. 127-133.

10. Ковальский, К. Ю. Перспективы использования и производства вермикомпоста в Пензенской области / К. Ю. Ковальский // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 23–24 октября 2014 года. Том I. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – С. 129-131.

11. Ковшов, С. В. Отходы животноводства и вермитехнология / С. В. Ковшов, А. Н. Никулин // Сборник научных трудов SWorld. – 2011. – Т. 24, № 2. – С. 84-85.

12. Логинов, Н. А. Современные проблемы внутрихозяйственного землеустройства / Н. А. Логинов, Р. В. Миникаев // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции агрономического факультета Казанского государственного аграрного университета, Казань, 06 апреля 2016 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2016. – С.

13. Лопаева, Н. Л. Применение вермикультуры в современном сельскохозяйственном производстве / Н. Л. Лопаева // Актуальные проблемы развития агропромышленного комплекса России: Сборник тезисов, подготовленный в рамках круглого стола, Екатеринбург, 15 ноября 2022 года. Том 1. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2022. – С. 241-243.

14. Мустафаев, Б. А. Результаты биоконверсий органических отходов посредством дождевых червей и получения биогумуса / Б. А. Мустафаев, З. Е. Какежанова // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : IV международная научная экологическая конференция (с участием экологов Азербайджана, Армении, Беларуси, Германии, Грузии,

Казахстана, Киргизии, Латвии, Ливана, Молдовы, Приднестровья, России, Словакии, Узбекистана и Украины), Краснодар, 24–25 марта 2015 года. Том 2. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2015. – С. 27-31.

15. Миронов, В. В. Экобиотехнологии переработки органических отходов / В. В. Миронов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2018. – № 1(29). – С. 60-65.

16. Мустафаев, Б. А. Особенности переработки отходов с помощью дождевых червей разных видов в условиях Павлодарской области / Б. А. Мустафаев, З. Е. Какежанова, И. С. Белюченко // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2013. – Т. 9, № 4. – С. 50-63.

17. Некрасов, С. И. Вермитехнология как эффективный метод обеспечения устойчивости местных агроэкосистем / С. И. Некрасов, Ю. А. Некрасова, П. Ф. Рулев // Таврический научный обозреватель. – 2016. – № 1-1(6). – С. 140-151.

18. Султанаева, Л. Д. Анализ эффективности производства и использования биогумуса в Республике Марий Эл / Л. Д. Султанаева, А. С. Лень // Современные тенденции в науке и образовании: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: В 6 частях, Москва, 03 марта 2014 года / ООО "Ар-Консалт". Том Часть III. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "АР-Консалт", 2014. – С. 17-19.

19. Технология вермикомпостирования как одно из решений экологических проблем / И. М. Суханова, Р. Р. Газизов, Л. М. Х. Биккинина, И. А. Яппаров // Агрехимический вестник. – 2015. – № 6. – С. 26-28.

20. Чачина, С. Б. Использование вермикультуры трех видов дождевых червей: навозный червь (*E. fetida*) и калифорнийский червь (*E. andrei*) для переработки целлюлозосодержащих отходов, кислотного лигнина и получения биогумуса / С. Б. Чачина // Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки: Материалы международной научно-практической конференции: электронный ресурс, Омск, 15–16 декабря 2014 года. Том Книга 3. – Омск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)", 2014. – С. 376-379.

© *Логинов Н.А.* 2023

Мустафина Айсылу Билаловна
Кандидат географических наук, старший преподаватель
Казанский государственный аграрный университет,
Казань
ayslu_mustafina@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА БИОЛОГИЗАЦИЮ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Аннотация. Рассмотрены темпы изменения среднемесячной и среднегодовой температур воздуха и количества осадков на территории Республики Татарстан (РТ) в период 1972-2021 гг. (50 лет). Установлено, что наиболее быстрыми темпами температура воздуха повышается в январе. Изучены пространственные распределения скоростей изменения температуры воздуха и количества осадков по территории РТ. Выявлено, что на северо-западе изучаемой территории наблюдается потепление с более высокими темпами. Изменение атмосферных осадков имеет неоднородный характер: на некоторых станциях наблюдается увеличение их количества, на других – уменьшение.

Ключевые слова: биологизация, погодные условия, современное земледелие

Ayslyu B. Mustafina
Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer
Kazan State Agrarian University,
Kazan
ayslu_mustafina@mail.ru

IMPACT OF WEATHER CONDITIONS ON THE BIOLOGIZATION OF MODERN AGRICULTURE

Abstract. The rates of change in the average monthly and average annual air temperatures and precipitation in the Republic of Tatarstan (RT) in the period 1972-2021 were considered. (50 years). It was found that the fastest rate of air temperature rises in January. Spatial distributions of air temperature and precipitation rates over the territory of the Republic of Tatarstan have been studied. It was revealed that in the northwest of the studied area there is warming at a higher rate. The change in atmospheric precipitation is heterogeneous: at some stations there is an increase in their number, at others - a decrease.

Keywords: biologization, weather conditions, modern agriculture

Введение. Одной из основных задач сельского хозяйства XXI века является планомерная работа по сохранению плодородия почв [1,2]. Практически бесконтрольное использование средств защиты растений (СЗР) и интенсивное землепользование приводят к повышению пестицидной нагрузки, уменьшению урожайности культур, ухудшению качества готовой продукции.

Вопрос о влиянии погодных условий на современное земледелие становится всё более актуальным в свете изменения климата [3, 4]. Погодные аномалии, такие как засухи, наводнения, град и экстремальные температуры, могут значительно повлиять на урожайность сельскохозяйственных культур и, следовательно, на обеспечение продовольственной безопасности. Однако, эти факторы также оказывают существенное влияние на процессы биологизации в сельском хозяйстве - интеграции биологических методов и технологий в традиционную систему обработки почвы и возделывания растений [5,6].

Справиться с влиянием погодных условий на биологизацию современного земледелия представляется сложной, но неотложной задачей. Дальнейшие исследования, разработка новых технологий и подходов к приспособлению биологических методов к изменяющемуся климату представляются перспективными направлениями в этой области [7,8].

Современная аграрная наука активно занимается изучением взаимоотношений между погодными условиями и процессами биологизации в сельском хозяйстве [9]. Если ранее основной акцент делался на повышении урожайности и снижении использования пестицидов, то сейчас актуальной темой становится оценка влияния погодных условий на эффективность биологизации.

Основными проблемами, связанными с влиянием погоды на биологизацию, являются:

1. Погодные аномалии и их влияние на работу биологических препаратов. Некоторые биологические препараты могут быть менее эффективными при неблагоприятных погодных условиях, что может привести к ухудшению состояния посевов и увеличению заболеваемости растений.

2. Ограниченная адаптация некоторых биологических методов к климатическим условиям. В районах с экстремальными климатическими условиями, некоторые биологические методы могут быть менее эффективными или не применимыми вовсе.

3. Воздействие погоды на биоразнообразие. Погодные аномалии могут негативно сказываться на микроорганизмах и других организмах, которые выполняют важные функции в процессе биологизации. Это может привести к нарушению баланса в почве и снижению ее плодородия.

По расчетам климатологов [10-12], на территории России отчетливо выражено современное глобальное потепление: скорость потепления в

два раза выше, чем суши в целом. Однако современное изменение климата проявляется не только в повышении температуры воздуха, но и в изменении других климатических характеристик. Некоторые из них связаны с повышением температуры, как, например, изменение теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, продолжительности вегетационного периода, условий перезимовки озимых культур [13,14].

В свете продолжающегося потепления, наблюдается увеличение засушливых условий на преобладающей части земледельческой зоны России, особенно в регионах, где производят зерновые сельскохозяйственные культуры [15, 16].

В России из-за климатической составляющей - в известной степени влияния погоды на продуктивность сельскохозяйственных культур - наблюдаются резкие перепады в урожайности. В ранее опубликованных работах [17, 18] указано, что в Республике Татарстан умеренно-устойчивые урожаи.

Условия, материалы и методы исследований. Исходные метеорологические данные по Республике Татарстан (РТ) (13 метеостанций) за 1972-2021 гг. предоставлены ВНИИГМИ-МЦД (г. Обнинск).

В данной статье рассматриваются изменения температурного режима и режима атмосферных осадков в РТ за 1972-2021 гг., которые определялись по среднемесячным данным температуры воздуха и сумме осадков за месяц.

Анализ пространственного распределения указанных характеристик проводился с помощью карт, построенных в программе Surfer.

Анализ и обсуждение результатов. Рассматривались межгодовые изменения температуры воздуха и суммы осадков в период 1972-2021 гг. С этой целью рассчитывались коэффициенты наклона линейного тренда для 13 метеостанции РТ и построены карты их пространственного распределения по исследуемой территории, которые представлены на рис. 1 и 2.

Среднемесячные температуры января и июля за 1972-2021 гг. составляет $-11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно. Среднегодовая температура за исследуемый период равна $4,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Рассмотрим 1972-2021 гг. по десятилетиям. В табл. 1 представлены среднегодовые температуры по десятилетиям.

Из табл. 1 следует, что каждое последующее десятилетие теплее предыдущего. В 1972-1981 гг. среднегодовая температура была равна $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, в 1982-1991 гг. – $3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Если между 1972-1981 гг. и 1982-1991 гг. разница всего лишь $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, то уже разница между последующими десятилетиями увеличивается и доходит до $0,3\text{--}0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура 1992-2001 гг. составляет $3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2002-2011 гг. – $4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2012-2021 гг. равна $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, что на $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше, чем первого исследуемого

десятилетия. По данным [19, 20], период 2011-2020 гг. был самым теплым десятилетием за всю историю наблюдений.

Таблица 1 - Среднегодовая температура воздуха по десятилетиям

Десятилетия, гг.	среднегодовая температура воздуха, °С
1972-1981	3,5
1982-1991	3,6
1992-2001	3,9
2002-2011	4,6
2012-2021	5,0

В табл. 2 представлены КНЛТ среднегодовой температуры воздуха нескольких станций РТ. Средние темпы потепления в течение 1972-2021 гг. составляют 0,38°С/10 лет. Особенно быстро температура повышается в Казани и Арске, где линейный рост среднегодовой температуры составляет 0,48-0,49 °С /10 лет.

Таблица 2 - КНЛТ среднегодовой температуры воздуха, °С /10 лет

Станция	КНЛТ
Азнакаево	0,33
Арск	0,48
Казань, ЦГМС	0,49

Для анализа скорости изменения температуры воздуха в зимний и летний месяцы, находились коэффициенты наклона линейного тренда для января и июля. Расчеты показали, что КНЛТ положительные для всех станций, что говорит о повышении температуры и в январе, и в июле.

Температура воздуха января на территории Республики Татарстан повышается со скоростью от 0,63 °С/10 лет до 1,33 °С/10 лет. Малые скорости наблюдаются в южных районах исследуемой территории, большие скорости - на северо-западе. Самая большая скорость повышения наблюдается на станции Казань, опорная и равна 1,33°С/10 лет, самая малая – на станции Дрожжаное – 0,63°С/10 лет.

Пространственное распределение КНЛТ июльской температуры (рис. 1) показывает, что повышение температуры также идет с большими скоростями, на северо-западе составляет 0,40-0,49°С/10 лет, на востоке скорости потепления послабее, чем на западе, 0,28-0,34 °С/10 лет.

Таким образом, показано, что и в январе, и в июле на всей территории Республики Татарстан наблюдается повышение температуры. Однако, в июле потепление выражено заметно слабее: скорости потепления на 0,3-0,9 °С/10 лет ниже, чем в январе.

КНЛТ были рассчитаны и для количества осадков. В январе по линейному тренду количество осадков в РТ так же увеличивается. Только на метеостанциях Чулпаново и Дрожжаное наблюдаются слабые отрицательные значения КНЛТ.

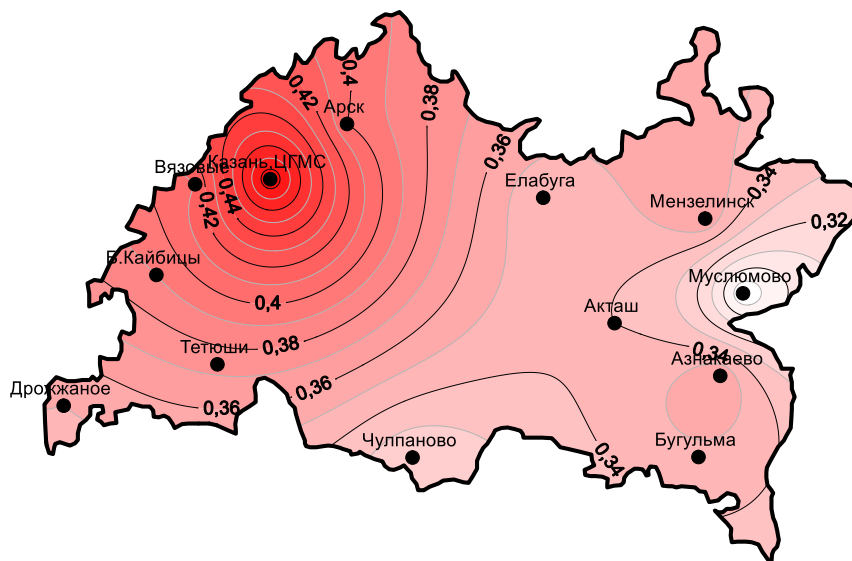


Рисунок 1. Пространственное распределение КНЛТ температуры воздуха июля в период 1972-2021 гг., °С/10 лет

Пространственные распределения изменений количества осадков в июле демонстрируют существенные районные различия. Как видно из рис. 2, на западе республики наблюдается повышение количества осадков с темпами 0,5-1,5 мм/10 лет, на востоке – уменьшение со скоростями -2,5 - -3,5 мм/10 лет, где наблюдается в большей степени влияние Сибирского антициклона.

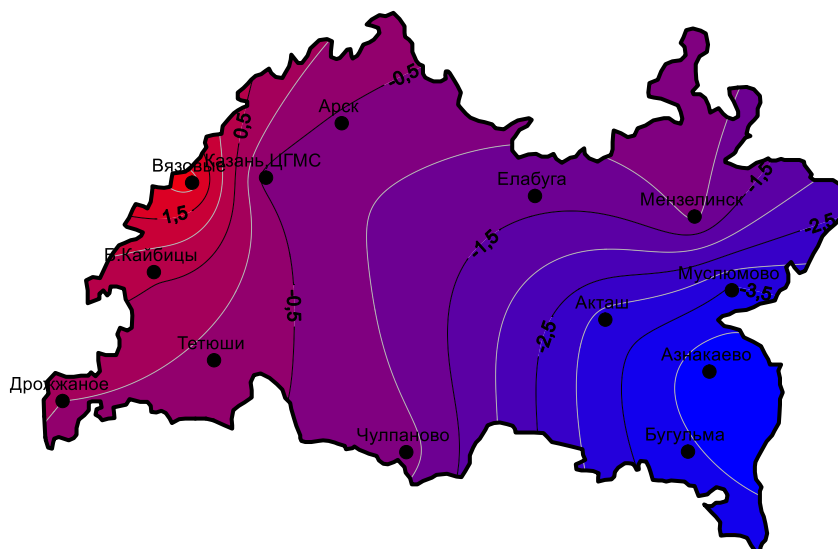


Рисунок 2. Пространственное распределение КНЛТ количества осадков июля в период 1972-2021 гг., мм/10 лет

Выводы. Таким образом, в результате выполненной работы получены новые данные об изменчивости основных климатических показателей в Республике Татарстан за длительный период:

1. Средние темпы повышения среднегодовой температуры воздуха на рассматриваемой территории в 1972-2021 гг. составляют 0,38°C/10 лет.

2. С наибольшими темпами повышается температура воздуха января, где скорости достигают значений 1,33 °C/10 лет.

3. Повышение температуры в июле составляет в среднем по республике 0,35°C/10 лет. На северо-западе изучаемой территории скорости составляют 0,40-0,49°C/10 лет, на востоке скорости – 0,28-0,34 °C/10 лет.

4. Сумма количества осадков меняется неоднородно. По данным одних станций суммы осадков уменьшаются, а по другим растут.

Литература

1. Sharma, R. C. Integrated wheat crop management manual for cold winter deserts / R. C. Sharma, A. Akramkhanov, S. Amanov, H. Boboev. Tashkent, FAO, 2023. - 32 p.

2. Fradgley, N. Effects of breeding history and crop management on the root architecture of wheat / N. Fradgley, G. Evans, J. Biernaskie et al. // Plant Soil. 2020. Vol. 452. P. 587-600.

3. Rezaei, E. E. Climate change effect on wheat phenology depends on cultivar change / E. E. Rezaei, S. Siebert, H. Hüging, F. Ewert // Sci. Rep. – 2018. – Vol.8. – P. 1–10.

4. Жеребцов, Г.А. Закономерности климатических изменений в XX в. и основные физические процессы, ответственные за эти изменения / Г.А. Жеребцов, В.А. Коваленко, С.И. Молодых, О.А. Рубцова // Известия Иркутского государственного университета. Серия "Науки о Земле", 2011. - Т. 4. - № 1. - С. 87-108. EDN: NUMWVB

5. Сафин, Р. И. Современное состояние и перспективы развития углеродного земледелия в Республике Татарстан / Р.И. Сафин, А.Р. Валиев, В.А. Колесар // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 7-13. DOI 10.12737/2073-0462-2021-7-13. EDN ZVZFMX

6. 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. DOI 10.12737/2073-0462-2021-160-166.

7. Особенности влияния некорневой подкормки жидкими удобрениями на минеральное питание, урожайность и качество семян озимой пшеницы / И. Х. Вафин, Р. И. Сафин, Р. В. Миникаев [и др.] //

Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 2(70). С. 13-18. DOI 10.12737/2073-0462-2023-13-18.

8. Изменение урожайности и качества зерна озимой пшеницы в зависимости от сортов и доз минеральных удобрений / А.А. Емельянова, Д.В. Дубовик, А.Я. Айдиев и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 11. С. 26-30. EDN: OQKKWP

9. Диабанкана, Р. Ж. К. Оценка влияния применения биопрепаратов в период вегетации на микробиом семян яровой пшеницы / Р. Ж. К. Диабанкана, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. - № 1(5). - С. 22-26. DOI 10.12737/2782-490X-2023-22-26.

10. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Наукоемкие технологии, 2022. - 124 с.

11. Шерстюков, Б. Г. Глобальное потепление и его возможные причины / Б. Г. Шерстюков // Гидрометеорология и экология, 2023. - № 70. - С. 7-37. DOI 10.33933/2713-3001-2023-70-7-37. EDN UVNHGQ.

12. IPCC 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Н.-О. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lössche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 3056 p. doi: 10.1017/9781009325844.

13. Ксенофонтов, М. Ю. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России в долгосрочной перспективе / М. Ю. Ксенофонтов, Д. А. Ползиков // Проблемы прогнозирования, 2020. - № 3(180). - С. 82-92. EDN FSISNB.

14. Павлова, В. Н. Агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России при реализации новых климатических сценариев в XXI веке / В.Н. Павлов // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, 2013. - № 569. - С. 20-37. EDN QBGWAQ.

15. Катцов, В. М. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу (резюме доклада) / В. М. Катцов, Б. Н. Порфирьев // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, 2011. - № 563. - С. 7-59. EDN PGOTUZ.

16. Кадырова, Ф. З. О некоторых приемах оптимизации возделывания гречихи в засушливых условиях / Ф.З. Кадырова, Л.Р. Климова, Л.Р. Кадырова // Достижения науки и техники АПК, 2019. - Т. 33. - № 5. - С. 30-33. DOI 10.24411/0235-2451-2019-10507.

17. Мустафина, А. Б. Агроклиматические условия Республики Татарстан / А. Б. Мустафина // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле, 2018. - Т. 28 - № 3. - С. 298-307. EDN UZFFOA.

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

19. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, et al. (eds.)], Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press. 2021. - PP. 2913.

20. Paris Agreement (accepted by the UN FCCC 21st session on 12 December 2015): [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/FCCC_CP_2015_10_Add.1.pdf. Дата обращения: 20.11.2023.

© Мустафина Айсылу Билаловна, 2023

Никифорова Лилия Амировна

Аспирант

Lia_greendoctor@mail.ru

Гаффарова Лилия Габдулбаровна

Кандидат биологических наук, доцент

gaffarovalylya@mail.ru

Матвеева Анастасия Игоревна

Студент

Казанский государственный аграрный университет,

Казань

anastasia.matveeva02@mail.ru

СООТНОШЕНИЕ АГРОНОМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АГРОПРИЕМОВ

Аннотация. В статье приведены промежуточные результаты проведенных исследований с использованием агроприемов и посева многолетних трав на микробиологическую активность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. В вариантах опыта применяли торф, доломитовую муку и высевали смешанную посадку многолетних трав (эспарцет, люцерна, тимофеевка). Максимальная численность бактерий была зафиксирована в июле месяце при температуре воздуха 20-30 градусов и в сентябре, когда температура достигла 12-18 градусов, влажность 70-80 %. Учет урожайности многолетних трав по вариантам опыта с применением мелиорантов и торфа показал не одинаковый вклад в ее формирование. По первому году проведенных опытов увеличение урожайности наблюдалось в варианте с совместным применением, и составила 4,317 т/га. При сочетании внесения торфа, доломитовой муки в вариантах опыта и повышения урожайности многолетних культур привело к увеличению органического вещества почвы с 2,56 -3,39%, однако не привело к существенному увеличению аммонификаторов и азотфиксирующих бактерий по отношению к контролю (контроль показал относительно высокую активность микроорганизмов). Наибольшая подвижность азотфиксирующих бактерий зафиксирована в варианте контроля и составила 7,4 КОЕ*10⁶/г. Нитрифицирующая способность почвы, независимо от вариантов опыта изменялась от очень низких до средних показателей. Наибольшая азотфиксирующая активность (7,4 КОЕ*10⁶/г) зафиксирована в варианте с контролем при значении рН_{KCl} 6,25.

Ключевые слова: многолетние травы, торф, доломитовая мука, дерново-подзолистая почва, микроорганизм, азотфиксирующие бактерии, актиномицеты, нитрифицирующие бактерии, урожайность.

Lilia A. Nikiforova

PhD student

Lia_greendoctor@mail.ru

Liliya G. Gaffarova

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

gaffarovalylya@mail.ru

Anastasia I. Matveeva

Student

Kazan State Agrarian University,

Kazan

anastasia.matveeva02@mail.ru

THE RATIO OF AGRONOMICALLY SIGNIFICANT GROUPS OF MICROORGANISMS OF AGRODERNUM-PODZOLIC SOIL UNDER THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL PRACTICES

Abstract: The article presents the intermediate results of the conducted studies using agricultural techniques and sowing of perennial grasses on the microbiological activity of sod-podzolic medium loamy soil. In the experimental variants, peat, dolomite flour were used and a mixed planting of perennial grasses (esparcet, alfalfa, timofeevka) was sown. The maximum number of bacteria was recorded in July at an air temperature of 20-30 degrees and in September, when the temperature reached 12-18 degrees, humidity was 70-80%. Taking into account the yield of perennial grasses according to the variants of the experiment with the use of meliorant and peat showed not the same contribution to its formation. In the first year of the experiments, an increase in yield was observed in the variant with joint use, and amounted to 4.317 t /ha. When combined with the introduction of peat, dolomite flour in the experimental variants and an increase in the yield of perennial crops, it led to an increase in soil organic matter from 2.56 -3.39%, but did not lead to a significant increase in ammonifiers and nitrogen-fixing bacteria relative to the control (the control showed a relatively high activity of microorganisms). The highest mobility of nitrogen-fixing bacteria was recorded in the control variant and amounted to 7.4 CFU*10⁶/g. The nitrifying ability of the soil, regardless of the variants of the experiment, varied from very low to average values. The highest nitrogen-fixing activity (7.4 CFU*10⁶/g) was recorded in the controlled version at pH_{KCl}6.25 acidity.

Keywords: perennial grasses, peat, dolomite flour, sod-podzolic soil, microorganism, nitrogen-fixing bacteria, actinomycetes, nitrifying bacteria, yield.

Традиционное сельскохозяйственные использование земель сосредоточено, как правило, на выращивании монокультур в пределах

одного поля, что приводит к потере разнообразия почвенного пула микроорганизмов и мезофауны [1, 2, 3]. В результате потенциальный вклад микробных симбионтов в продуктивность сельскохозяйственных угодий был сильно недооценен [4, 5, 6]. Каждое растение выделяет свою собственную уникальную смесь сахаров, ферментов, фенолов, аминокислот, ауксинов, гиббереллинов и других биологических соединений, многие из которых действуют как сигналы для почвенных микробов [7, 8, 9]. Количество корневого экссудата постоянно меняется с течением времени, в зависимости от непосредственных потребностей растения. Повышение уровня биоразнообразия в почве повышает продуктивность сельскохозяйственных культур, восстанавливает экологические функции почв и устойчивость к изменениям климата, уменьшает воздействие антропогенных выбросов [7].

Обладая значительными биологическими и хозяйственными преимуществами, многолетние травы возделываются в условиях земледелия Среднего Поволжья. Смешанные посадки многолетних трав могут представлять интерес как взаимовыгодное сотрудничество для эффективного совместного улучшения физических, химических свойств почв, расширения биоразнообразия, привлечения полезной энтофауны, приводящей к продуктивности агрофитоценозов [10, 11, 12].

Полевые опыты (2023 год) закладывались на агродерново-подзолистой среднесуглинистой почве с показателями: рН_{KCl} 6,6; органическое вещество 1,7 %. Опыты проводятся в Учебном саду ФГБОУ Казанский ГАУ. Схема опыта рассматривается из 4-х вариантов, одна делянка – 1 м², в четырехкратной повторности. Контроль, торф, доломитовая мука, доломитовая мука и торф. Во всех вариантах опыта высевали смесь из многолетних трав: эспарцет (2 гр.), люцерна (0,6 гр.), тимофеевка (0,5 гр.) на 1 м². Посев проводили на глубину 3 см, ширина междурядий 20-30 см.

Первый год посадки наблюдались замедленные темпы роста многолетних трав по вариантам опыта. Лето 2023 года оказалось засушливым по этой причине многолетние травы плохо всходили, за исключением эспарцета. Быстрый прирост эспарцета тормозил развитие тимофеевки и люцерны в смешанном посеве. Для бактериологического анализа почвенные образцы отбирались с глубины 0-20 см согласно нормативным требованиям методикам [13, 14, 15].

В таблице 1 отображено количество микроорганизмов, на момент отбора проб, соответствующие периоду развития растений. Целинная дерново-подзолистая почва под лесом в основном представлена невысокими показателями содержания микроорганизмов [16,17], численность *Pseudomonas* sp. и *Bacillus* sp, в разы ниже, чем в вариантах опыта. Посев многолетних бобовых трав привел к увеличению поступления органических веществ в почву, что в свою очередь усилило активизацию микробиологической активности. Например, только

контроль с многолетними травами *Pseudomonas* sp. составил 50 КОЕ*10⁶/г в почвенном образце, варианты с доломитовой мукой увеличил содержание *Pseudomonas* sp. 20 КОЕ*10⁶/г.

Таблица 1 - Соотношение микроорганизмов после проведения агроприемов дерново-подзолистой среднесуглинистой почве

Вариант опыта	Bacillus sp.		Pseudomonas sp.		Streptococcus sp.		Азотфиксирующие		Нитрифицирующие		Актиномицеты	
	Коли-во, КОЕ*10 ⁶ /г почвы		Коли-во, КОЕ*10 ⁶ /г почвы		Коли-во, КОЕ*10 ⁶ /г почвы		Коли-во, КОЕ*10 ⁶ /г почвы		Коли-во, КОЕ*10 ⁶ /г почвы		Коли-во, КОЕ*10 ⁶ /г почвы	
Месяц 2023 г.	06.23	09.23	06.23	09.23	06.23	09.23	06.23	09.23	06.23	09.23	06.23	09.23
Целина лес	0,7	0,9	2,6	2,6	1,5	1,5	1,0	1,0	5,8	6,2	1,0	0,8
Контроль	0,3	0,3	40	50,0	1,9	1,9	6,8	7,4	2,7	2,7	1,8	1,8
Доломитовая мука	4,0	4,0	20	20	0,3	0,3	1,0	1,0	9,9	9,9	1,5	1,8
Торф	0,3	0,3	3,2	3,2	0,3	0,3	-	-	0,7	0,7	0,8	1,0
Доломитовая мука+ торф	0,3	0,3	3,0	3,0	2,0	2,0	0,9	1,3	1,0	0,7	0,5	0,8

Из агрономически значимой пользы *Pseudomonas* sp, стоит отметить способность бактерии пополнять ресурсы почвы доступным азотом для растений, что в свою очередь благотворно сказывается на общем росте и развитии растений [18, 19, 20]. Вариант опыта с многолетними травами изменили картину изначального микробиома почвы, посадка многолетних трав повысила количество азотфиксирующих бактерий, урожайность варианта контроля составила 1,74 т/га (табл. 2).

В варианте опыта с внесением доломитовой муки и торфа наблюдалась наибольшая урожайность и составила 4,32 т/га, однако в этом варианте количество *Pseudomonas* sp значительно снизилось и составило 3,0 КОЕ*10⁶/г. Содержание органического вещества почвы в вариантах с контролем увеличилось до 2,56%, с доломитовой мукой и торфом – 3,39%.

Таблица 2 - Урожайность многолетних трав в смешанных посевах, т/га сухого вещества (за 2023 г.)

Варианты опыта	Гумус %	РН _{KCl}	Урожайность, т/га
Целина, смешанный лес	1,72	5,88	-
1. Контроль	2,56	6,25	1,74
2. Доломитовая мука	2,31	7,20	1,13
3. Торф	2,98	5,71	1,67
4. Доломитовая мука + торф	3,39	7,12	4,32
НСР			0,37

Существенное повышение органического вещества выявлено в вариантах опыта с добавлением торфа при внесении с дозой 18 кг и доломитовой муки 2 кг на 1 м².

В результате проведенных комплексных мероприятий направленных на улучшение свойств дерново-подзолистой почвы с посевом многолетних трав существенно меняет количество микроорганизмов, увеличивая количество аммонификаторов, азотфиксаторов, что свидетельствует о благоприятных условиях жизнедеятельности микроорганизмов. Внесение торфа и доломитовой муки привело к резкой смене реакции почвенного раствора и возможно попадания остаточного количества закисных форм железа содержащихся в торфе, что временно снизило активность микроорганизмов почвенной микрофлоры в первый год исследований.

Литература

1. Миникаев, Р.В. Минимализация основной обработки в севообороте на серой лесной почве Предкамья Республики Татарстан / Р.В. Миникаев, Ф.Ш. Шайхутдинов, Г.С. Сайфиева, И.Г. Манюкова // В сборнике: Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры. Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье, 2019. - С. 140-146.

2. Михайлова, М.Ю. Динамика макроэлементов в серой лесной почве под посевами кукурузы на зеленую массу в условиях Предволжья Республики Татарстан при внесении повышенных доз минеральных удобрений / М.Ю. Михайлова, Р.В. Миникаев // Плодородие, 2020. - № 3 (114). - С. 12-14.

3. Фасхутдинов, Ф.Ш. Изменение свойств светло-серой лесной почвы на различных агроценозах в условиях предкамья РТ / Ф.Ш. Фасхутдинов, Р.В. Миникаев // В сборнике: Эволюция и деградация

почвенного покрова. Сборник научных статей по материалам V Международной научной конференции, 2017. - С. 304-305.

4. Mycorrhizal Symbiosis, 3rd Edition. Academic Press. 27. Jones, C.E. (2014). Nitrogen: the double-edged sword. WANTFA New Frontiers in Agriculture. Winter 2014. - pp 58-61.

5. Никифорова, Л.А. Эффективность препарата «Organitn» при возделывании картофеля сорта «редСкарлет» / Л.А. Никифорова, Л.Г. Гаффарова // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 222-227.

6. Продуктивность сельскохозяйственных культур при применении биопрепаратов на основе ризосферных бактерий (PGPR) / Каримова Л.З., Нижегородцева Л.С., Колесар В.А., Климова Л. Р., Кадырова Ф.З., Сафин Р.И. // Вестник Казанского ГАУ, 2019. - № 4 (55). - С. 53-58.

7. The mineral depletion of foods available to us as a nation (1940-2002) a review of the 6th Edition of McCance and Widdowson. Nutrition and Health, 19: 21-55. 7. Latham, J. (2016).

8. Действие минеральных и бактериальных удобрений на урожайность ячменя в условиях серой лесной почвы / Низамов Р.Р., Романов Н.В., Тарасова Ю.С., Гилязов М.Ю. // Студенческая наука – аграрному производству: Материалы 77-ой студенческой (региональной) научной конференции. Том 4 [Электронный ресурс]. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2019. - С. 113-114.

9. Minikayev R. The effect of bacterial preparations on the growth, development and quality indicators of sugar beet yield / R. Minikayev, L. Gaffarova // BIO Web of Conferences 17, 00250 (2020).

10. Why the food movement is unstoppable. Independent Science News.https://www.independentsciencenews.org/health/why-the-food-movement-is-unstoppable / Rasse, D.P., Rumpel C. and Dignac M-F. (2005).

11. Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. Biogeosciences, 6: 1695-1706, doi:10.5194/bg-6-1695-2009 16.

12. Дегтярева, И.А. Роль ассоциативной азотфиксации в повышении продуктивности небобовых культур, биологической активности почв и их плодородия / И.А. Дегтярева, И.А. Чернов // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов. – М., 2001. – С. 183–186.

13. Методические указания МУ 2.1.7 730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 7 февраля 1999 г.

14. Байбеков, Р.Ф. Микробиологическая оценка загрязнения почв парков тяжелыми металлами /Р.Ф. Байбеков, В.И. Савич, Л.В. Мосина // Плодородие, 2017. - № 2. - С. 51-53.

15. Котенко, М.Е. Функциональное биоразнообразие микробных сообществ засоленных почв полупустынной зоны / М.Е. Котенко, Т.А. Зубкова, М.А. Горленко // Вестник МГУ. Серия 17 — Почвоведение. 2009. - № 2. - С. 37-40.

16. Алферов А.А. Ассоциативный азот, урожай и устойчивость агроэкосистемы / А.А. Алферов. – М.: РАН, 2020. – 184 с. ISBN 978-5-907036-87-1.

17. Мосина Л.В. Антропогенное изменение лесных экосистем в условиях мегаполиса (г. Москвы): автореф. дис. ... д-ра наук. / Л.В. Мосина. - М.: РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, 2003. - 48 с.

18. Weisser, W. W. et al. (2017). Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: Patterns, mechanisms and open questions. Basic and Applied Ecology, 23:1-73. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.06.002>

19. OECD Environmental Performance Reviews: New Zealand 2017. OECD Publishing, 20 March 2017 - 252 pages

20. Кечайкина И.О. Постагрогенная трансформация органического вещества дерново-подзолистых почв / И.О. Кечайкина // Почвоведение, 2011. - № 10. - С. 1178-1192.

© Никифорова Л.А., Гаффарова Л.Г., Матвеева А.И., 2023

Сержанов Игорь Михайлович

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

igor.serzhanov@kazan.com

Шайхутдинов Фарит Шарипович

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

faritshay@kazgau.com

Гареев Разиль Ильсурович

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

rass112@mail.ru

*Казанский государственный аграрный университет,
Казань*

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОНОВ ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ПОЛБА СОРТА РУНО

Аннотация. С целью оптимизации количества внесения различных доз минеральных удобрений на расчетный уровень урожая пшеницы полбы на базе опытного поля Казанского ГАУ (ООО «Агробιοтехнопарк») в 2022 году были проведены полевые опыты на темно-серых лесных почвах Республики Татарстан. Агрометеорологические условия во время вегетации полбы были весьма благоприятными, что способствовало полноценно использовать внесенные нормы минеральных удобрений для формирования сравнительного высокого урожая по сравнению с естественным фоном (контроль). Полевая всхожесть независимо от фона питания варьировала на уровне 83,0...84,0 %, а биологическая стойкость растений была лучше при внесении удобрений, разница с контролем составила 4,7...6,6 %. Внесение удобрений на расчетном фоне 2,5 т зерна с 1 га дало прибавку 0,4 т, 3,0 т – 0,97 т зерна с 1 га. Этот же вариант опыта выделялся наибольшим сбором белка с 1 га – 486,2 кг, что на 195,9 кг больше, чем на контроле.

Ключевые слова: фон питания пшеница полба, урожайность, качество зерна, белок.

Igor M. Serzhanov

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

igor.serzhanov@kazan.com

Farit Sh. Shaikhutdinov

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

faritshay@kazgau.com

Razil I. Garayev

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

rass112@mail.ru

YIELD AND QUALITY OF WHEAT GRAIN, SPELLED VARIETY FLEECE, DEPENDING ON THE BACKGROUND NUTRITION ON THE GRAY FOREST SOIL OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Abstract. In order to optimize the amount of application of various doses of mineral fertilizers to the calculated level of spelled wheat yield, field experiments were conducted in 2022 on dark gray forest soils of the Republic of Tatarstan on the basis of the experimental field of the Kazan State Agrarian University (Agrobiotechnopark LLC). Agrometeorological conditions during the spelt growing season were very favorable, which contributed to the full use of the applied mineral fertilizers to form a relatively high yield compared to the natural background (control). Field germination, regardless of the nutritional background, varied at the level of 83,0...84,0%, and the biological resistance of plants was better when applying fertilizers, the difference with the control was 4,7...6,6%. The application of fertilizers against the calculated background of 2.5 tons of grain per 1 hectare gave an increase of 0,4 tons, 3,0 tons – 0,97 tons of grain per 1 hectare. The same variant of the experiment was distinguished by the highest protein collection from 1 ha – 486,2 kg, which is 195,9 kg more than in the control.

Keywords: nutritional background spelled wheat, yield, grain quality, protein.

Введение. В государственные ресурсы страны все еще поступает большое количество зерна яровой мягкой, а также пшеницы полбы с отступлением от установленных требований. Поэтому улучшение качества урожая пшеницы, в том числе и технологических свойств зерна, определяющих его пищевые достоинства исключительно важная и актуальная проблема [1, 2, 3].

Установлена перспективность применения для этих целей минеральных удобрений, широко используемого в качестве улучшителя качество зерна пшеницы полбы культивируемой в Предкамье на территории Республики Татарстан [4, 5, 6].

Цель исследований – изучить действие расчетных доз минеральных удобрений на продуктивность и качество зерна пшеницы двузернянки (полба).

Условия, материалы и методы. В 2022 году нами проведены исследования на опытном поле института агrobiотехнологий и землепользования Казанского ГАУ. Почва темно серая лесная, среднесуглинистая и слабокислая. За вегетационный период выпало 160 мм осадков, наблюдалось сильное уплотнение почвы. Пшеница полба сорта руно высевали сплошным рядовым способом с нормой посева 6

млн. всхожих семян на 1 га и убирали в фазу полной спелости зерна. Аммиачную селитру, двойной суперфосфат, 40 %-ную калийную соль вносили под предпосевную культивацию.

Учетная площадь делянок – 50 м², повторность четырехкратная. Планировали во всех вариантах, кроме первого, получить 2,5 и 3,0 т зерна с гектара.

Дозы удобрений для вариантов рассчитывали балансовым методом (N₃₉P₂₈K₂₄ и N₆₂P₄₄K₄₀ кг в д.в.). Посев был проведен в первую декаду мая. Предшественник – озимая рожь.

Статистическую обработку урожайных данных проводили по Б.А. Доспехову (2012) с использованием программ для Microsoft Excel [7].

Результаты и обсуждение. Гидротермические условия (ГТК-1,35) вегетации 2022 года были весьма благоприятными для роста и развития пшеницы двузернянки (полба) [8;9].

Независимо от фона питания полноценные дружные всходы были отмечены на одиннадцатый день после посева – 21 мая, однако различия в наступлениях последующих фаз пшеницы полбы на удобренных вариантах опыта были существенными, на 4-5 день удлинились межфазные периоды до полной спелости. Полная спелость зерна у полбы на неудобренном фоне составил 78 дней, а на удобренных фонах 82-83 дня [10; 11; 12].

Формирование агроценоза пшеницы полбы определялась полнотой всходов и сохранностью растений во время вегетации (табл. 1).

Таблица 1 - Густота стояния растений после всходов и сохранность к уборке (2022 г.)

Вариант	Всходы на 1 м ² , шт.	Всхожесть в полевых условиях, %	Показатели биологической стойкости к полной спелости		
			число растений на 1 м ² , шт.	% от числа всходов	% от числа высеянного семя, %
Безудобренный фон (контроль)	497	82,8	432	86,4	72,0
Удобрительный фон на 2,5 т зерна с 1 га	502	83,7	469	93,0	78,1
Удобрительный фон на 3,0 т зерна с 1 га	504	84,0	465	91,1	77,5

Изучаемые фона не оказали существенного влияния на показатель полевой всхожести, она варьировала в пределах 83,0...84,0 %. Лучшая биологическая стойкость в течении вегетации был отмечен на удобренных

вариантах опыта [13]. По сравнению с контролем сохранность растений при использовании минеральных удобрений превышал на 4,7...6,6 %.

Внесение расчетных доз удобрений положительно воздействовало на формирование урожая зерна пшеницы полбы (табл. 2).

Таблица 2 - Влияние фона питания на продуктивность пшеницы двузернянки (полба)

Фон питания	Урожайность, т/га		Прибавка к контролю		Окупаемость 1 кг д.в. удобрений, кг зерна
	фактическая	после вычета высеянных семян	кг/га	%	
Естественный фон (контроль)	2,25	2,03	-	100	-
НРК расчет на 2,5 т зерна с 1 га	2,65	2,43	400	117,8	4,4
НРК расчет на 3,0 т зерна с 1 га	3,22	3,0	970	143,1	6,6
НСР ₀₅	0,21				

Внесение удобрений на планируемую урожайность 2,5 т зерна с га дало прибавку 0,4 тонны по сравнению с контролем, расчетный уровень на 3 т – 0,97 т зерна с гектара[14]. В условиях вегетации 2022 года окупаемость 1 кг д.в. удобрений составила 4,4 кг зерна на втором фоне питания, при внесении НРК на 3 т зерна с га. - 6,6 кг [15; 16; 17].

Изменение фона питания оказало значительное влияние на технологические качества зерна пшеницы двузернянки (полба) [18; 19; 20]. На расчетных фонах удобрения увеличивали массу зерна на 18,0...21 г/л, массу 1000 зерен – 1,3...1,6 г, содержание белка – 1,4...2,2 г, что способствовало увеличению сбора белка с единицы площади – 88,7...195,9 кг по сравнению с контролем (табл. 3).

Таблица 3 - Влияние фона питания на показатели качества зерна полбы

Фон питания	Натура, г/л	Вес 1000 зерен, г	Содержание белка, %	Сбор белка с 1 га, кг
Естественный фон (контроль)	509	30,6	12,9	290,3
НРК расчет на 2,5 т зерна с 1 га	529	32,0	14,8	389,0
НРК расчет на 3,0 т зерна с 1 га	534	32,8	15,7	493,5

Заключение. В условиях вегетации 2022 года на серой лесной почве Предкамья Республики Татарстан расчетные дозы внесенных удобрений пшеница двузернянка (полба) использовала эффективно, величина планируемого уровня урожая на обоих фонах была достигнута – 2,65...3,22 т зерна с 1 га.

Литература

1. Система земледелия Республики Татарстан / А. Р. Валиев, И. Х. Габдрахманов, Р. И. Сафин, Б. Г. Зиганшин. Том Часть 3. – Казань: ООО "Центр инновационных технологий", 2014. – 280 с.

2. Особенности фотосинтетической деятельности растений пшеницы *dicossum* (полба) при различных сроках посева, предшественников и фона питания / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. В. Миникаев, Д. Х. Зиннатуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. - № 1(52). – С. 58-64.

3. Амиров М. Ф. Формирование урожая яровой пшеницы в зависимости от использования минеральных удобрений, микроэлементов и гербицида в условиях республики Татарстан / М. Ф. Амиров, Д. И. Толочков // Плодородие. – 2020. – № 3(114). – С. 6-9.

4. Адаптивные технологии возделывания полевых культур: монография / М.Ф. Амиров, В.П. Владимиров, И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов. – Казань: Бриг, 2018.-123 с.

5. Петров С. В. Формирование урожая яровой пшеницы *DICOSCUM* (полба) в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / С. В. Петров, И. М. Сержанов, Ф. Ш. Шайхутдинов // Зерновое хозяйство России. – 2014. – № 6. – С. 31-38.

6. Муслимов М. Г. Полба - ценная зерновая культура / М. Г. Муслимов, А. Б. Исмаилов // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 3. – С. 40-42.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. - М.: Книга по Требованию. 2013. -349 с.

8. Амиров, М. Ф. Оценка влияния биологических препаратов и минеральных удобрений на продуктивность яровой твердой пшеницы / М. Ф. Амиров, А. М. Амиров // Вестник Казанского ГАУ, 2015. - №1 (35) - С. 98-102.

9. Гараев, Р.И. Урожайные свойства и качество семян яровой пшеницы в зависимости от фона питания в условиях Республики Татарстан / И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов, А.Р. Сержанова, Р.И. Гараев // Вестник Казанского ГАУ, 2019. - № 2 (53). - С. 52-57.

10. Карпова, Л.В. Модификационное воздействие агротехнических приемов на качество семян зерновых культур и прогнозирование их потенциальных возможностей в условиях Среднего Поволжья / Л.В. Карпова // Известия Оренбургского ГАУ. –2009. – Т.1.– С.13-15.

11. Ганиев, А.М. Влияние предпосевной обработки семян на формирование урожайности зерна и качество семян яровой пшеницы в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / А.М. Ганиев, И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов // Зерновое хозяйство России, 2017. - № 2(50). - С.12-17.

12. Сабирзянов, А.М. Влияние фона минерального питания и приемов основной обработки почвы при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны среднего Поволжья / А М Сабирзянов, Н А Логинов, И П Таланов, М В Панасюк, Т Г Хадеев // Конференция по инновациям в развитии сельского хозяйства и сельских территорий IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 341 (2019) 01202.7doi:10.1088/1755-1315/341/1/012027

13. Гилязов, М.Ю. Изменение агрофизических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении его товарной нефтью в Республике Татарстан / М.Ю. Гилязов // Евразийское почвоведение, 2002. - 35(12). - С. 1341-1345.

14. Safin, R.I. The evaluation of various sources of endophytic microorganisms for new biofungicides / R.I. Safin, L.Z. Karimova, S.Z. Validov // INTER-NATIONAL FORUM "BIOTECHNOLOGY: STATE OF THE ART AND PERSPECTIVES" The proceedings of International forum "Biotechnology: state of the art and perspectives" MAY 23-25, 2018. - P. 34-35.

15. Шайхутдинов, Ф.Ш. Влияние отдельных факторов интенсификации на урожайные свойства и измененные посевных качеств семян яровой пшеницы в условиях Предкамья Республика Татарстан / Ф.Ш. Шайхутдинов, И.М. Сержанов, Р.И. Гараев // Материалы научно-практической конференции. Устойчивое развитие сельского хозяйства издательство Казанского ГАУ. - Казань, 2016. - С. 115-120.

16. Гараев, Р.И. Посевные качества семян яровой пшеницы выращенных в условиях Предкамья Республика Татарстан / Р.И. Гараев, И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов // Материалы международной научно-практической конференции Казанского ГАУ, посвященной памяти профессора А.А. Зиганшина «Биологические и экологические проблемы совершенного земледелия и роль аграрной науки в его развитии». - Казань, 2016. - С.19-25.

17. Петров, С. В. Формирование урожая яровой пшеницы DICOCUM (полба) в условиях предкамской зоны Республики Татарстан / С.В. Петров, И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов // Зерновое хозяйство России. 2014. - № 6. - С. 31-38.

18. Влияние приемов агротехники на урожай и качество зерна пшеницы полбы (двузернянка) в условиях Предкамья Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Ибяттов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2018. - Т. 13. - № 4(51). - С. 103- 108.

19. Пахомова В.М. Действие антиоксидантов на рост растений / В.М. Пахомова, А.И. Даминова // Достижения науки и техники АПК, 2019. - Т. 33. - № 11. - С. 26-28.

20. Шайхутдинов Ф. Ш. Продуктивность пшеницы полбы сорта руно при различных уровнях минерального питания, нормы высева и глубины заделки семян в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Ибятв [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2017. - Т. 12. - № 4-2(47). - С. 62-66.

©Сержанов И.М., Шайхутдинов Ф.Ш., Гараев Р.И., 2023

Фасхутдинов Фаннур Шаукатович
Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
ditto1961@mail.ru

Михайлова Марина Юрьевна
Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет,
Казань
marisha.m.u@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ АТНИНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Аннотация. В статье приведена агрономическая оценка применения органических удобрений на посевах озимой пшеницы в условиях Атнинского муниципального района за последние восемь лет (2015-2022 гг.). Определена формула зависимости урожайности озимой пшеницы от количества внесенных органических удобрений.

Ключевые слова: органические удобрения, урожайность озимой пшеницы, регрессионный анализ, коэффициенты корреляции шкала Чеддока.

Fannur S. Faskhutdinov
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
ditto1961@mail.ru

Marina Y. Mikhailova
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Kazan State Agrarian University,
Kazan
marisha.m.u@mail.ru

THE USE OF ORGANIC FERTILIZERS AND THE YIELD OF WINTER WHEAT IN THE CONDITIONS OF THE ATNINSKY MUNICIPAL DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Abstract. The article presents an agronomic assessment of the use of organic fertilizers on winter wheat crops in the conditions of the Atninsky municipal district over the past eight years (2015-2022). The formula for the dependence of winter wheat yield on the amount of organic fertilizers applied is determined.

Keywords: organic fertilizers, winter wheat yield, regression analysis, correlation coefficients, Cheddock scale.

Введение. Озимая пшеница — важнейшая сельскохозяйственная культура, которая относится к числу наиболее ценных и высокоурожайных

зерновых культур, дающих сырьё для пищевой промышленности в особенности в хлебопечении производстве круп, макарон, вермишелей и кондитерских изделий [1, 2]. Для достижения продовольственной безопасности страны, в настоящее время очень важно достичь получения высоких устойчивых урожаев озимой пшеницы [3, 4, 5]. Безусловно, одним из главных факторов увеличения урожайности озимой пшеницы является применение органических и минеральных удобрений [6, 7, 8]. Атнинский муниципальный район Республики Татарстан на сегодняшний день является лидером по применению органических удобрений на зерновых культурах [9]. Следует отметить, что в последние десятилетия произошло резкое сокращение применения органических удобрений на посевах озимых культур из-за больших затрат на их внесение [10, 11]. В связи с чем очень важно учитывать использование органических удобрений на основе анализа общения практических результатов [12,13]. Такой анализ позволит выработать правильную стратегию использования органических удобрений применительно конкретного муниципального района [14, 15].

Условия, материалы и методы. Объектом наших исследований были: статистические данные урожайности озимой пшеницы и количество внесённых органических удобрений под эту культуру за последние восемь лет (2015-2022 гг.) в Атнинском муниципальном районе. Все статистические данные были взяты из открытых источников сайта Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан. Математическая обработка фактических данных проводилась методом корреляционного и регрессионного анализа по приложению пакет анализа Microsoft Office Excel 2016.

Результаты и обсуждения. Большинство пахотных земель Атнинского района имеют низкое и очень низкое содержание гумуса. Лишь 4,2 % от всей площади пашни почвы имеют среднее содержание гумуса (рис. 1).

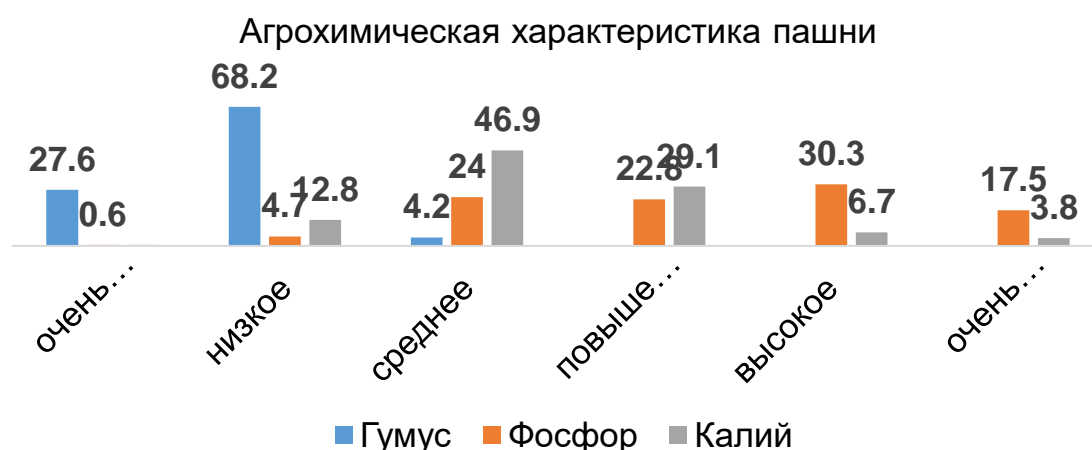


Рисунок 1. Распределение пахотных почв по группировки обеспеченности агрохимическими показателями в % от всей площади пашни

Средневзвешенное содержание гумуса составляет 2,5%. Относительно хорошо пахотные почвы обеспечены фосфором, где на долю обеспеченности выше средней приходится более 70% пашни. Средневзвешенное содержание подвижного фосфора составляет 138,9 мг/кг. По сравнению с подвижным фосфором пахотные почвы Атнинского района заметно менее обеспечены подвижным калием средневзвешенное содержание которого составляет 120,5 мг/кг.

В таблице 1 приводятся расчеты по определению возможных урожаев за счет почвенного плодородия. При расчетах были взяты максимальные коэффициенты использования из почвы: азот – 0,7 фосфор – 0,1, калий – 0,25. Расчеты проводились в соответствии с методическими указаниями кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ [16].

Таблица 1 - Потенциал пашни Атнинского муниципального района по озимой пшенице

Элементы питания	Доступны в почве, кг	Хозяйственный вынос на 1 ц продукции, кг	Возможный урожай за счет почвенного плодородия, ц/га
Азот	45,1	3,7	12,1
Фосфор	35,6	1,3	27,3
Калий	65,6	2,5	26,2

Естественный уровень плодородия пахотных почв района по средневзвешенным агрохимическим показателям достаточно для получения урожайности озимой пшеницы на уровне 12,1 ц/га. Лимитирующим элементом является азот. Общеизвестно, что гумус является основным источником минерального азота которую, используют растения в процессе своей жизнедеятельности [17,18,19]. Для сохранения запасов гумуса в почве следует в первую очередь вносить органические удобрения [20]. В течении последних восьми лет в Атнинском районе под озимую пшеницу органические удобрения вносились крайне неравномерно. Динамика внесения органических удобрений под озимую пшеницу по анализируемым годам представлены на рисунке 2. Максимальное количество органических удобрений было внесено в количестве 13,1 т/га под урожай 2020 года. В среднем за восемь последних лет по озимую пшеницу было внесено 5,5 т/га Согласно зональным рекомендациям для бездефицитного баланса гумуса на нечерноземных почвах следует вносить ежегодно 10-17 т/га органических удобрений. Не смотря на скудность внесенных органических удобрений (примерно 50% от рекомендуемых) и низкий естественный потенциал почвы по озимой пшенице (12,1ц/га) в Атнинском муниципальном районе Республики Татарстан за последние восемь лет

(2015-2022 гг.) с каждого гектара посевов собрали в среднем 30,8 ц/га зерна.

Динамика внесения органических удобрений т/га

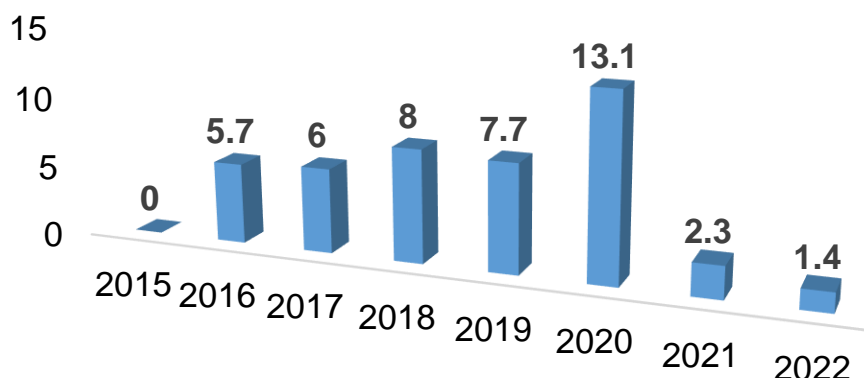


Рисунок 2. Внесение органических удобрений под урожай озимой пшеницы 2015-2022 гг. по Атнинскому муниципальному району Республики Татарстан

Данные статистических отчетов по посевным площадям и валовому сбору зерна озимой пшеницы в динамике за последние восемь лет приводятся в таблице 2. Урожайности В отдельные годы урожайность зерна озимой пшеницы достигала значения более 40 ц/га, 2019 году-42,6 ц/га, 2020 году-43,4 ц/га(таб.2). Самый большой валовый сбор озимой пшеницы был собран в 2017 году, когда урожайность зерна составила лишь 29,5 ц/га, однако и за максимальной площади пахотных земель, отведенных под эту культуру за последние восемь лет, обеспечило получению максимальной валовки. Минимальные площади пашни, отведенные под посевы озимой пшеницы в Атнинском районе, были отмечены в 2019 году всего лишь 188 га и в этом же году был отмечен самый низкий валовый сбор озимой пшеницы по району 8009 ц.

Таблица 2 - Урожайность и площади посевов озимой пшеницы по Атнинскому муниципальному району за 2015-2022 гг.

Годы	Урожайность т/га	Площади посевов га	Валовый сбор ц
2015	21,4	1043	22320
2016	32,7	1041	34041
2017	29,5	1492	44014
2018	34,4	1206	41486
2019	42,6	188	8009
2020	43,4	990	42966
2021	19,7	1093	21532
2022	34,3	974	33408
В среднем	30,8	1003	30972

Для установления степени влияния внесения органических удобрений на урожайность озимой пшеницы был проведен регрессионный анализ. Полученные значения регрессионной статистики между количеством внесенных органических удобрений и урожайности озимой пшеницы приводятся в таблице 3. Как видим из таблицы 3 коэффициент корреляции (множественный R) составил значение – 0,78 это соответствует сильной тесноте зависимости по шкале Чеддока. Коэффициент детерминации или квадрат коэффициента корреляции составил 0,62 это значит уровень урожайности озимой пшеницы в Атнинском муниципальном районе в течении последних восьми лет на 62% зависела от уровня применения органических удобрений.

Таблица 3 – Регрессионная статистика

Множественный R	0,789346686
R-квадрат	0,62306819
Нормированный R-квадрат	0,560246222
Стандартная ошибка	5,733430312
Наблюдения	8

Характер зависимости урожайности от количества внесенных органических удобрений определяется формулой линейной регрессии, которая имеет следующий вид;

$$Y = 1,60X + 0,75$$

где Y – урожайность сахарной свеклы;

X – количество внесенных органических удобрений под урожай озимой пшеницы.

284,2 и 0,75 – коэффициенты регрессии, полученные при проведении статистической обработке фактических данных.

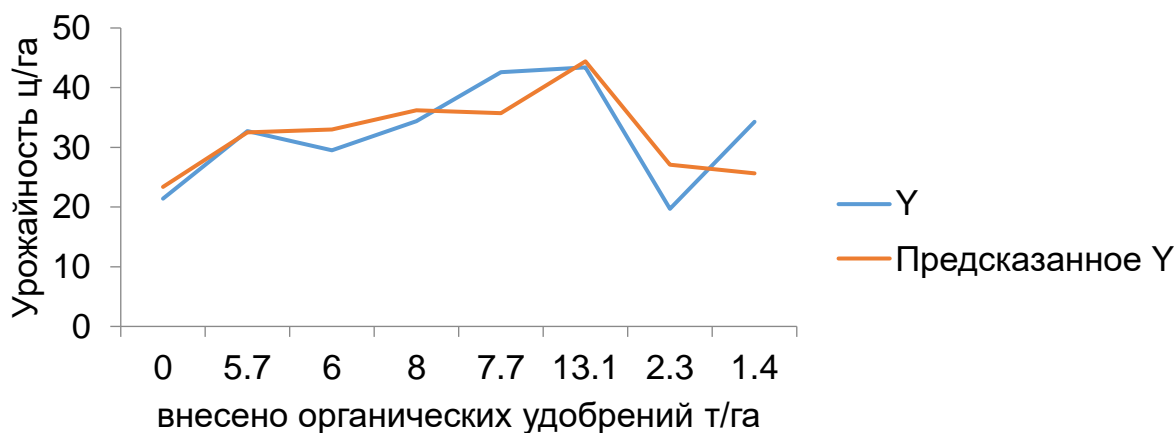


Рисунок 3. Зависимость урожайности озимой пшеницы от количества внесенных органических удобрений

О точности предсказания и степени различий между предсказанными данными по указанной формуле и фактическими данными можно судить по графику подбора, представленных на рисунке 3.

Выводы. Имеющийся уровень естественного плодородия исследуемых почв Атнинского муниципального района по основным средневзвешенным агрохимическим показателям подвижных форм фосфора, обменного калия и гумуса позволяет получать в среднем до 12,1 ц/га озимой пшеницы без внесения удобрений и улучшения условий питания. Применение приемов интенсификации (внесение органических и минеральных удобрений, совершенствование технологии возделывания) позволяет в среднем за период с 2015 по 2022 г достичь уровня урожайности озимой пшеницы в пределах до 30,8 ц/га. Урожайность зерна увеличилась в 2,5 раза. Обнаружена тесная корреляционная взаимосвязь между нормой органических удобрений и уровнем урожайности зерна озимой пшеницы при проведении математической обработки полученных результатов.

Литература

1. Озимая пшеница: особенности биологии и технология возделывания / В. Н. Фомин, Р. Г. Хуснутдинов, И. И. Мардиев, А. М. Козин. – Казань: ООО «45», 2023. – 74 с.

2. Шайкова, Т. В. Влияние минеральных и новых комплексных удобрений на плодородие дерново-подзолистых почв при возделывании озимой пшеницы / Т. В. Шайкова, М. В. Дятлова, Е. С. Волкова // Плодородие. – 2021. – № 5(122). – С. 19-22.

3. Амиров, М. Ф. Отзывчивость озимой пшеницы на подкормки комплексным концентрированным удобрением в условиях Предкамья Республики Татарстан / М. Ф. Амиров, Т. С. Цветков // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 4(4). – С. 12-18.

4. Влияние органической, органо-минеральной и минеральной систем удобрения на свойства почвы и урожайность озимой пшеницы в Среднем Поволжье / А. Х. Куликова, Е. А. Яшин, А. Е. Яшин, Е. С. Волкова // Агрохимия. – 2022. – № 2. – С. 13-21.

5. Миникаев, Р. В. Применение минеральных удобрений и урожайность зерновых культур в условиях Предволжья Республики Татарстан / Р. В. Миникаев, Ф. Ш. Фасхутдинов // Эволюция и деградация почвенного покрова : Сборник научных статей по материалам VI Международной научной конференции, Ставрополь, 19–22 сентября 2022 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2022. – С. 135-137.

6. Михайлова, М. Ю. Экономическая эффективность возделывания культур зернового клина при улучшении режима питания / М. Ю. Михайлова, Х. Х. Мухамадиева // Современные достижения аграрной

науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 309-314.

7. Бакаева, Н. П. Агротехнология возделывания озимой пшеницы при применении новых органических удобрений на высокую продуктивность и белковость / Н. П. Бакаева, Л. В. Запрометова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2. – С. 30-37.

8. Велиева, С. Р. Влияние дозы и соотношения органических и минеральных удобрений на усвоение азота и урожай озимой пшеницы в неувлажненной почве Горного Ширвана / С. Р. Велиева // Бюллетень науки и практики. – 2020. – Т. 6, № 4. – С. 198-204.

9. Комелин, А. М. Влияние способов внесения жидкого органического удобрения на основе свиного навоза на урожайность и химический состав зерна озимой пшеницы / А. М. Комелин, С. И. Новоселов // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2(25). – С. 41-45.

10. Титова, В. И. Влияние биоудобрения Гумат+7 и биофунгицида Алирин-б на зерновые культуры в начальные фазы их развития / В. И. Титова, Е. Г. Белоусова, Н. В. Ерастова // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2023. – Т. 19, № 3. – С. 42-48.

11. Козлова, С. А. Гумусное состояние и биологическая активность чернозема выщелоченного при возделывании озимой пшеницы в учхозе "Кубань" города Краснодара / С. А. Козлова, А. А. Акимова, Т. В. Швец // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2017 год, Краснодар, 25 апреля 2018 года / Ответственный за выпуск А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 79-82.

12. Сабирова, Р. М. Эффективность применения гранулированного куриного помета как основного удобрения на серых лесных почвах Республики Татарстан / Р. М. Сабирова, Ф. Ф. Хисамиев, Р. С. Шакиров // Плодородие. – 2020. – № 3(114). – С. 29-32.

13. Гаффарова, Л. Г. Динамика запасов гумуса и прогноз углеродсеквестрирующего потенциала зональных почв Республики Татарстан / Л. Г. Гаффарова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 3(63). – С. 27-31.

14. Сабирова, Р. М. Влияние органических удобрений на продуктивность овощных культур / Р. М. Сабирова // Воспроизводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных

условиях : Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, Казань, 17 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 170-175.

15. Швец, Т. В. Роль органического вещества в восстановлении плодородия почв на основе программы «умного» земледелия / Т. В. Швец, И. А. Поздеев // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 92-14.

16. Гаффарова, Л. Г. Устойчивость почв к антропогенному воздействию: Учебное пособие для практических занятий и самостоятельной работы магистров / Л. Г. Гаффарова, Р. В. Миникаев. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – 90 с.

17. Михайлова, М. Ю. Динамика показателей серых лесных почв в Республике Татарстан / М. Ю. Михайлова // 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. 302-307.

18. Сафиоллин, Ф. Н. Технология применения навозных стоков животноводческих комплексов на сельскохозяйственных полях орошения и ее экономическая эффективность / Ф. Н. Сафиоллин, М. М. Хисматуллин, С. Р. Сулейманов // Казанский Международный конгресс евразийской интеграции - 2022 : Материалы конгресса, Казань, 09–10 июня 2022 года / Сост. Р.А. Шагеева. – Казань: Казань "Медицина", 2022. – С. 191-204.

19. Особенности управления земельными ресурсами Республики Татарстан и приёмы повышения плодородия почв: Учебное пособие / С. Р. Сулейманов, Н. А. Логинов, С. В. Сочнева [и др.]. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – 64 с.

20. Миникаев, Р. В. Управление факторами почвенного плодородия в условиях Республики Татарстан / Р. В. Миникаев, Ф. Ш. Фасхутдинов, М. Ю. Михайлова // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 4(4). – С. 34-39.

© Фасхутдинов Ф.Ш., Михайлова М.Ю., 2023

Шайхутдинов Фарит Шарипович
Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
faritshay@kazgau.com
Сержанов Игорь Михайлович
Доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
igor.serzhanov@kazan.com
Гареев Разиль Ильсурович
Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
rass112@mail.ru
Казанский Государственный аграрный университет,
Казань

УРОЖАЙНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Аннотация Основные производственные площади, одной из ключевых продовольственных культур северной части Среднего Поволжья (яровая пшеница) возделывается в условиях недостаточного водного режима во время вегетации. Сравнительно высокий тепловой режим воздуха и почвы в сочетании с крайне недостаточным и неравномерным выпадением осадков в критические периоды не смогли обеспечить даже удовлетворительного смачивания пахотного слоя почвы. Среднесуточная температура воздуха превысила среднесуточный уровень в мае на $2,7^{\circ}\text{C}$, июне $2,7^{\circ}\text{C}$ и июле – $2,1^{\circ}\text{C}$.

Урожайность у разных сортов яровой пшеницы была различной. Наиболее высокоурожайным выделился сорт Тулайковская Надежда (Самарский НИИСХ) – 3,12 т/га.

Ключевые слова: яровая пшеница, сорт, срок посева, урожайность.

Farit Sh. Shaikhutdinov
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
faritshay@kazgau.com
Igor M. Serzhanov
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
igor.serzhanov@kazan.com
Razil I. Garayev
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
rass112@mail.ru
Kazan State Agrarian University,
Kazan

Annotation. The main production areas, one of the key food crops of the northern part of the Middle Volga region (spring wheat) is cultivated in conditions of insufficient water regime during the growing season. The relatively high thermal regime of air and soil, combined with extremely insufficient and uneven precipitation during critical periods, could not even provide satisfactory wetting of the arable soil layer. The average daily air temperature exceeded the average daily level in May by 2,7⁰C, June 2,7⁰C and July – 2.1⁰C.

The yield of different varieties of spring wheat was different. The highest-yielding variety was Tulaykovskaya Nadezhda (Samara Research Institute) - 3.12 t/ ha.

Keywords: spring wheat, variety, sowing period, yield.

Введение. Продуктивность яровых зерновых культур, в том числе пшеницы напрямую зависит от нормального хода физиологических процессов во время роста и развития. Однако нередко в первой половине вегетационного периода наблюдаются засушливые условия, что в свою очередь отражается на формировании будущего урожая, что является основной причиной значительных колебаний валовых сборов зерна в РФ и РТ [1; 2; 3].

В этих условиях, наиболее рациональный путь получения стабильных урожаев, создание засухоустойчивых, максимально приспособленных к конкретным условиям сортов.

Создание и включение в госреестр наиболее адаптированных к засушливым условиям сортов является одним из путей решения получения стабильно высоких урожаев [4; 5; 6].

За счет дифференцированного подхода к срокам посева в зависимости от погодных условий можно регулировать урожайность ранних яровых зерновых культур [7;8].

Целью исследований являлось выявить влияние сроков посева на продуктивность изучаемых сортов яровой пшеницы.

Объект, условия и методы исследований. В условиях Предкамской зоны Республики Татарстан в 2023 году проводились полевые опыты на серой лесной почве опытного поля Казанского ГАУ. Агрохимическая характеристика приведена в таблице 1.

Изучали три срока посева: первый – оптимальный ранний срок – 4 мая, 2 через 6 дней после первого срока 10 мая, 3 через 12 дней после первого срока 16 мая. Объектом исследований служили три сорта яровой мягкой пшеницы различных селекционных школ. Это Тулайковская Надежда сорт Самарский НИИСХ, Ульяновская 105 сорт Ульяновской НИИСХ и Йолдыз сорт Татарской НИИСХ.

Таблица 1 - Агрохимическая характеристика почвы опытного участка (2023 г.)

Содержание легкогидролизуемого азота	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ph солевая	Содержание гумуса, %
117 мг/кг	198 мг/кг	103 мг/кг	5,6	4,0

Опыты заложены в звене севооборота: чистый пар, озимая рожь, яровая пшеница. Под предпосевную культивацию вносились удобрения из расчета на 3 т зерна с 1 га (N₉₈ P₂₆ R₄₂). Расположение вариантов в опыте систематическое, повторность вариантов 4-х кратная. Размер учетных делянок 40 м².

Статистическую обработку урожайных данных проводили по Б. А. Доспехову с использованием программы Microsoft Excel [9].

Результаты и их обсуждение. Рост и развитие изучаемых сортов яровой пшеницы во время вегетации 2023 года проходили в условиях жесткой засухи, что негативно отразилось на урожайности.

Как показали наблюдения, сроки посева оказали сильное влияние на интенсивность ростовых процессов растений яровой пшеницы, особенно в первоначальный период их развития (таблица 2).

Таблица 2 - Зависимость длины межфазных периодов развития яровой пшеницы от сроков посева, дни

Межфазный период	Сорт	Сроки посева		
		Оптимально-ранний	обычный	поздний
Посев-всходы	Тулайковская Надежда	13	11	8
	Ульяновская 105	13	11	8
	Йолдыз	13	11	8
Всходы-кущение	Тулайковская Надежда	15	13	11
	Ульяновская 105	15	13	11
	Йолдыз	15	13	11
Кущение-колошение	Тулайковская Надежда	27	25	22
	Ульяновская 105	27	25	22
	Йолдыз	28	27	24
Колошение-созревание	Тулайковская Надежда	43	41	38

	Ульяновская 105	43	41	38
	Йолдыз	45	43	40
Посев- полная спелость	Тулайковская Надежда	98	90	79
	Ульяновская 105	98	90	79
	Йолдыз	101	94	83
Всходы- полная спелость	Тулайковская Надежда	85	79	71
	Ульяновская 105	85	79	71
	Йолдыз	88	83	78

Откладывание сроков посева от оптимально ранних до обычных сроков сократило период прорастания семян на 2 суток, а до поздних на 5 суток. Перемещение сроков посева сократило период всходы-кущение с 13 суток при оптимально раннем до 8 при позднем посеве. В условиях засушливой вегетации откладывание посева на более поздний срок наблюдалось и сокращение межфазных периодов кущение-колошение и колошение-созревание. Но на эти периоды развития растений более сильное влияние, чем сроки посева, оказали складывающиеся погодные условия второй половины вегетации. Величина урожайности в сильной степени зависела от сроков посева (табл. 3).

Таблица 3 - Влияние сроков посева на урожайность яровой пшеницы, т/га (2023 г.)

Сроки посева (А)	Сорт (В)		
	Тулайковская Надежда	Ульяновская 105	Йолдыз
Оптимально-ранний (контроль)	3,80	3,64	3,55
Обычный	3,27	3,17	3,20
Поздний	2,90	2,79	2,36
НСР ₀₅ для (А) 0,044 для (В), (АВ) 0,019			

Как видно из 3 данных таблицы, откладывание сроков посева приводит к снижению продуктивности у всех изучаемых сортов пшеницы.

По сравнению с оптимально-ранним сроком недобор урожая при обычном сроке посева по сорту Тулайковская Надежда, составил 13,9%, позднем 23,7%. По сорту Ульяновская 105 - 12,9; 23,4% и Йолдыз - 8,9; 19,4 процента соответственно. Наиболее высокопродуктивным среди

изучаемых сортов оказался сорт Тулайковская Надежда селекционной школы Самарская НИИСХ.

Выводы. Сроки посева в условиях Предкамья Республики Татарстан оказали существенное влияние на рост, развитие и продуктивность яровой пшеницы различных сортов. Наивысшая урожайность у всех трех сортов формируется при посеве в оптимально ранние сроки.

Литература

1. Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанов И.М., Зиннатуллин Д.К. и др. Формирование стеблестоя, рост корневой системы и урожайность агроценоза полбы в зависимости от агротехнических приемов / Ф.Ш. Шайхутдинов, И.М. Сержанов, Д.К. Зиннатуллин и др. // Достижения науки и техники АПК, 2019. - Т.33. - №5. -С. 21-23.

2. Митрофанов, Ю.И. Влияние технологических приемов на структуру урожая овса / Ю.И. Митрофанов, Л.В. Пугачева, Н.А. Смирнова и др. //Достижения науки и техники АПК. 2019. т.33. №5. с.26-30.

3. Блохин, В.М. Отзывчивость сорта ярового ячменя Камашевский на норму высева / В.М. Блохин, И.М. Сержанов, М.А. Ланочкина и др. // Достижения науки и техники АПК, 2019. - Т.33. - №5. - С. 39-42.

4. Технология интенсивного зернопроизводства и защита растений / С.С. Санин, Б.И. Сандухадзе, Р.З. Мамедов и др. // Защита и карантин растений, 2021. - №5. - С.9-16. doi: 10. 47528/1026-8634_2021_5_9.

5. Gilyazov M.Yu. Changes in agrophysical properties of leached chernozem upon its contamination by commercial oil in the Republic of Tatarstan / M.Yu. Gilyazov // Eurasian Soli Science. 2002.Vol, 35. No 12/ P/1341-1345.

6. Система земледелия Республики Татарстан / А.Р. Валиев, И.Х. Габдрахманов, Р.И. Сафин и др. – Казань: ООО «Центр инновационных технологий», 2014. - 280 с.

7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - М.: Книга по требованию. 2012. - 352 с.

8. Амиров, М. Ф. Оценка влияния биологических препаратов и минеральных удобрений на продуктивность яровой твердой пшеницы / М. Ф. Амиров, А. М. Амиров // Вестник Казанского ГАУ, 2015. - №1 (35) - С. 98-102.

9. Амиров, М. Ф. Формирование урожая яровой мягкой пшеницы при использовании биологических препаратов и минеральных удобрений/ М. Ф. Амиров // Вестник Казанского ГАУ, 2017. - №2 (44) - С. 5-8.

10. Адаптивные технологии возделывания полевых культур / М.Ф. Амиров, В.П. Владимиров, И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов // Казань: Изд-во «Бриг», 2018.-124 с.
11. Гараев, Р.И. Урожайные свойства и качество семян яровой пшеницы в зависимости от фона питания в условиях Республики Татарстан / И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов, А.Р. Сержанова, Р.И. Гараев // Вестник Казанского ГАУ, 2019. - № 2 (53). - С. 52-57.
12. Карпова, Л.В. Модификационное воздействие агротехнических приемов на качество семян зерновых культур и прогнозирование их потенциальных возможностей в условиях Среднего Поволжья / Л.В. Карпова // Известия Оренбургского ГАУ. –2009. – Т.1.– С.13-15.
13. Ганиев, А.М. Влияние предпосевной обработки семян на формирование урожайности зерна и качество семян яровой пшеницы в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / А.М. Ганиев, И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов // Зерновое хозяйство России, 2017. - № 2(50). - С.12-17.
14. Сабирзянов, А.М. Влияние фона минерального питания и приемов основной обработки почвы при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны среднего Поволжья / А М Сабирзянов, Н А Логинов, И П Таланов, М В Панасюк, Т Г Хадеев // Конференция по инновациям в развитии сельского хозяйства и сельских территорий IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 341 (2019) 01202.7doi:10.1088/1755-1315/341/1/012027
15. Гилязов, М.Ю. Изменение агрофизических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении его товарной нефтью в Республике Татарстан / М.Ю. Гилязов // Евразийское почвоведение, 2002. - 35(12). - С. 1341-1345.
16. Safin, R.I. The evaluation of vari-ous sources of endophytic microorganisms for new biofungicides / R.I. Safin, L.Z. Karimova, S.Z. Validov // INTER-NATIONAL FORUM "BIOTECHNOLOGY: STATE OF THE ART AND PERSPECTIVES" The proceedings of International forum "Biotechnology: state of the art and perspectives" MAY 23-25, 2018. - P. 34-35.
17. Доспехов, Б. А. Методология полевого опыта (с базисами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - Москва: Колос, 1985. - 416 с.
18. Шайхутдинов, Ф.Ш. Влияние отдельных факторов интенсификации на урожайные свойства и измененные посевных качеств семян яровой пшеницы в условиях Предкамья Республика Татарстан / Ф.Ш. Шайхутдинов, И.М. Сержанов, Р.И. Гараев // Материалы научно-практической конференции. Устойчивое развитие сельского хозяйства издательство Казанского ГАУ. - Казань, 2016. - С. 115-120.
19. Гараев, Р.И. Посевные качества семян яровой пшеницы выращенных в условиях Предкамья Республика Татарстан / Р.И. Гараев,

И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов // Материалы международной научно-практической конференции Казанского ГАУ, посвященной памяти профессора А.А. Зиганшина «Биологические и экологические проблемы совершенного земледелия и роль аграрной науки в его развитии». - Казань, 2016. - С.19-25.

20. Петров, С. В. Формирование урожая яровой пшеницы DICOSSUM (полба) в условиях предкамской зоны Республики Татарстан / С.В. Петров, И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов // Зерновое хозяйство России. 2014. - № 6. - С. 31-38.

© Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанов И.М., Гараев Р.И., 2023

Яхин Ильдар Фаритович
Аспирант
Казанский государственный аграрный
Университет,
Казань
ildarsuper97@bk.ru

Габитов Ранис Харисович
Соискатель
Ульяновский государственный аграрный
университет имени П. А. Столыпина,
г. Ульяновск
ranis.gabitov@tatar.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ОРОШЕНИЕ ГИБРИДНОЙ КУКУРУЗЫ РОСС 140 СВ НА СЕРЫХ-ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Реферат. В настоящей работе рассмотрена эффективность использования расчетных норм минеральных удобрений и орошения гибридной кукурузы Росс 140 СВ на серых-лесных почвах Республики Татарстан.

Результаты 3-х летних исследований показали высокую эффективность применения расчетных норм минеральных удобрений орошения объекта исследований. На каждый килограмм внесенных азотно-фосфорно-калийных удобрений без полива обеспечили получение 25,0-31,2 кг зеленой массы, тогда на орошение окупаемость НРК составила 32,0-39,8 кг зеленой массы.

Ключевые слова: кукуруза, минеральные удобрения, влагообеспеченность, орошение, биомасса, урожайность.

Ildar F. Yakhin
Graduate student
Kazan State Agrarian University,
Kazan
e-mail: ildarsuper97@bk.ru

Ranis K. Gabitov
Applicant
Ulyanovsk State Agrarian
University named after P. A. Stolypin,
Ulyanovsk
e-mail: ranis.gabitov@tatar.ru

EFFICIENCY OF APPLYING ESTIMATED STANDARDS OF MINERAL FERTILIZERS AND IRRIGATION OF HYBRID CORN ROSS 140 SV ON GRAY FOREST SOILS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Abstract. This paper examines the effectiveness of using calculated norms of mineral fertilizers and irrigation of hybrid corn Ross 140 SV on gray forest soils of the Republic of Tatarstan.

The results of 3 years of research showed the high efficiency of using the calculated norms of mineral fertilizers for irrigating the research object. For every kilogram of nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers applied without irrigation, 25.0-31.2 kg of green mass were obtained, while the NPK payback for irrigation was 32.0-39.8 kg of green mass.

Keywords: corn, mineral fertilizers, moisture supply, irrigation, biomass, productivity.

Введение. В Настольной книге ученых Татарстана «Кукуруза в Татарстане» (2019) авторы отметили, что урожайность и продуктивность кукурузы превосходят все остальные сельскохозяйственные культуры.

Поскольку это универсальное растение, которое можно использовать для питания животных и человека. Послепосевное и междрядное боронование исключают применение гербицида для борьбы со сорняками [1,2,3].

Цели и задачи исследования. Цель работы – показать, что применение расчетных норм минеральных удобрений и орошения гибридной кукурузы Росс 140 способствует повышению урожайности и качества продукции на серых лесных почвах Республики Татарстан, что в свою очередь повышает урожайность, производительность и качество продукции.

Методы и методология. Два факторных полевых опыта были проведены в Казанском государственном аграрном университете, координаты которых находятся на широте 55.543236 и долготе 49.261067. Опыт проводился на типично серых лесных почвах.

Повторение опыта 4-х кратная, посадка и выращивание кукурузы было стандартным (осенью дискование на глубинах 24-24 см, подкормка минеральными удобрениями, прикатывание 18 мая). Нормы высева составили 85 тысяч шт. на 1 га кукурузного зерна Росс 140 СВ.

Учет, анализ и наблюдение велись по методу ВНИИ КРС им. Вильямс [4,5,6].

Агроклиматические условия сезона 2021-23 г. существенно отличались от среднегодовых (рис.1) [7,8,9].

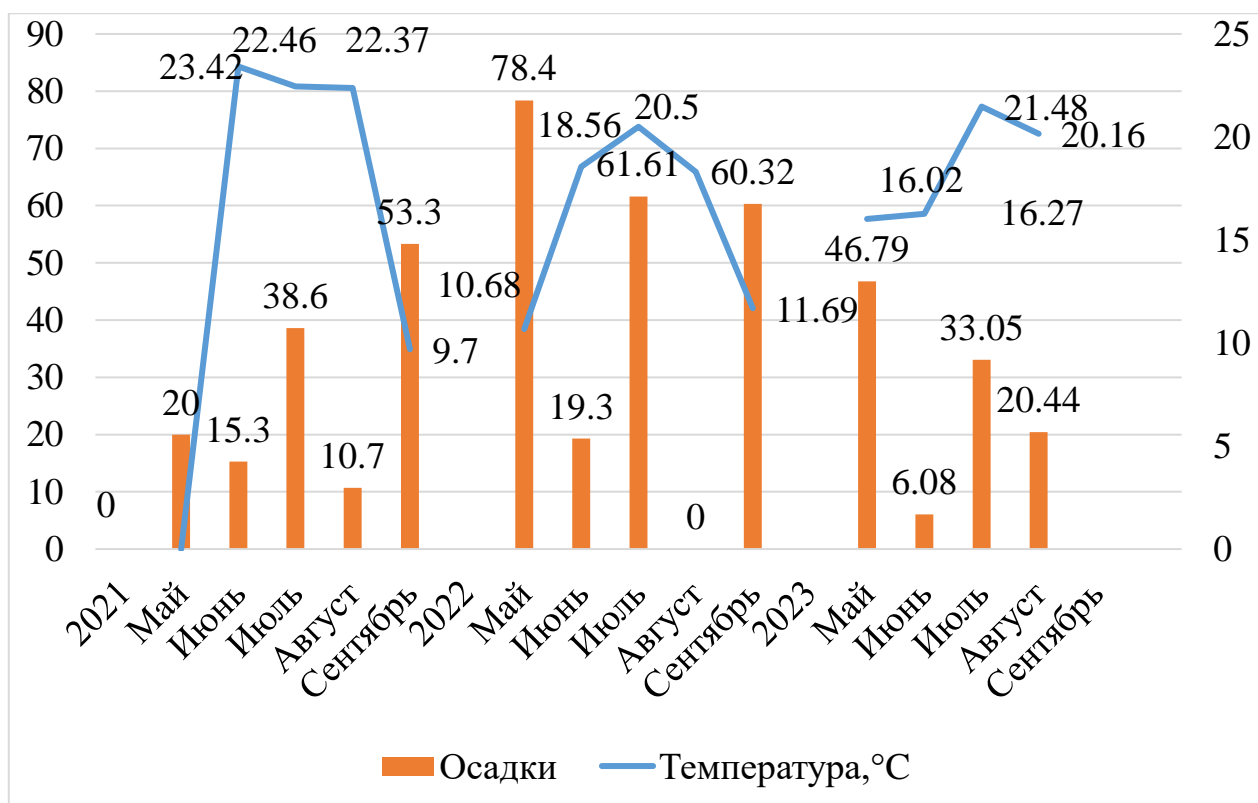


Рисунок 1. Метеоданные за вегетационные периоды 2021 - 2023 годы

В мае осадков выпало в два раза больше положенной нормы (78,6 мм) [10,11,12]. Июль выдался жарким и засушливым (33 % от нормы), что привело к необходимости проведения полива на площади 300 м² с расходом воды в 350 м³/га [13,14,15]. Июль отличается от среднегодовых показателей большим количеством осадков, достаточной влажностью и низкими температурами воздуха. Средняя месячная температура воздуха в августе была выше нормы на 4,2 градуса по сравнению с нормой [15,16,17].

В августе был проведен засушливый период с расходом воды 400-450 м³/сек [19,20].

Результаты и обсуждение. Урожайность орошаемой кукурузы.

На контроле урожайность без орошения составила 26,2 тонны на гектаре, а с поливом 29,9 тонны на гектар. При урожайности зеленой массы с поливом на 40 тонн увеличилась больше, чем на контрольном варианте. Прибавка составила 13,0 процента. Окупаемость минеральных удобрений без полива получилась (25,0) меньше, чем у варианта на орошении (32,0) (табл. 1).

Таблица 1 - Урожайность зеленой массы (2021-2023)

Фактор А (режим влагообес- печенно- сти)	Фактор В (расчетные нормы NPK на планируемую урожайность зеленой массы, т/га)	Урожайно- сть зеленой массы, т/га	Прибавка, т/га		Окупаемость NPK, %
			от удобрений	от орошения	
Без полива	Контроль (без удобрений)	26,2	-	-	-
	N ₁₃₈ P ₄₈ K ₁₈₄ на 40 т/га	35,4	9,2	-	25,0
	N ₁₇₂ P ₅₇ K ₁₈₄ на 50 т/га	39,1	12,9	-	31,2
	N ₂₀₇ P ₆₉ K ₂₅₅ на 60 т/га	41,3	15,1	-	29,4
На орошении	Контроль (без удобрений)	29,9	-	3,7	-
	N ₁₃₈ P ₄₈ K ₁₈₄ на 40 т/га биомассы	41,7	11,8	6,3	32,0
	N ₁₇₂ P ₅₇ K ₁₈₄ на 50 т/га	54,6	24,7	15, 5	59,8
	N ₂₀₇ P ₆₉ K ₂₅₅ на 60 т/га	57,2	27,3	15, 9	51,4
NCP ₀₅	А	0,21			
	В	0,26			
	АВ	0,32			

Действительно, фоновый режим влажности имеет большое влияние, так как семена кукурузы содержат энергетические резервы для их прорастания, что доказано рассмотрением двух изученных факторов гибрида Росс 140 СВ.

Таким образом, в режиме влагообеспеченности и урожайности зеленой массы учитываются два фактора: биологические особенности гибридов кукурузы и их питательный фон, который можно легко регулировать в нужном направлении.

Снижение урожайности в результате формирования плотного высокорослого агроценоза кукурузы, сформированного из двух крупных початков на каждое растение в период с 2021 по 2023 гг. Получено рекордное количество зеленой массы кукурузы, полученной в результате орошения (фото 1,2). Так, например, в варианте контроля без удобрений (без полива) было обнаружено содержание сырой протеиновой массы на уровне 8,1 процента, а при поливе 9,6 процента. Так, валовой сбор сырой протеиновой продукции увеличился с 212,2 килограмма на тонну и достиг 466,6 тонн/га при увеличении минеральных удобрений. Более высокие результаты дает орошение: от 287 до 686,4 г/г соответственно (табл. 2).



Фото 1. Высота гибридной кукурузы Росс 140 СВ перед уборкой



Фото 2. Початки кукурузы Росс 140 СВ перед уборкой

Таблица 2 - Содержание и валовый сбор сырого протеина по вариантам опыта

Фактор А (режим влагообес- печенност и)	Фактор В (расчетные нормы НРК на планируемую урожайность зеленой массы, т/га)	Содер- жание сырого протеи на. %	Валовый сбор сырого протеина, кг/га	Прибавка	
				т/га	%
Без полива	Контроль (без удобрений)	8,1	212,2	-	-
	N ₁₃₈ P ₄₈ K ₁₈₄ на 40 т/га	9,6	339,8	127,6	16,0
	N ₁₇₂ P ₅₇ K ₁₈₄ на 50 т/га	11,2	437,9	225,7	20,0
	N ₂₀₇ P ₆₉ K ₂₅₅ на 60 т/га	11,3	466,6	254,4	21,0
На орошении	Контроль (без удобрений)	9,6	287,0	-	-
	N ₁₃₈ P ₄₈ K ₁₈₄ на 40 т/га биомассы	10,3	429,5	142,0	14,0
	N ₁₇₂ P ₅₇ K ₁₈₄ на 50 т/га	12,4	667,0	380,0	23,0
	N ₂₀₇ P ₆₉ K ₂₅₅ на 60 т/га	12,0	686,4	399,0	24,0

Заключение. В ходе исследований оценена эффективность применения расчетных норм и орошения гибридной кукурузы Росс 140 СВ на серых лесных почвах Республики Татарстан, феномен применения расчетных норм минеральных удобрений и орошения гибридной кукурузы Росс. 140 способствует повышению урожайности и качества продукции на серых лесных почвах республики. Татарстан, в свою очередь, повышает экономическую эффективность сельскохозяйственного производства в странах региона.

Литература

1. Таланов, И.П. Влияние расчетных норм минеральных удобрений на формирование зеленой массы гибридов кукурузы в условиях Предволжья РТ / И.П. Таланов., М.Ю. Михайлова // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2015. - Т. 10. - № 1(35). - С. 137-140.

2. Крупин, Е.О. Тенденции изменения энергетической и протеиновой питательности силоса кукурузного в Республике Татарстан / Е.О. Крупин, Ш.К. Шакиров, Н.А. Казеева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, 2021. - Т. 246. - № 2. – С. 107-111.

3. Ганиева, Р. М. Теоретические основы и практические приемы устройства земледельческого поля орошения (на примере СХПК им. Вахитова Кукморского муниципального района Республики Татарстан) / Р. М. Ганиева // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 79 студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 26 марта 2021 года. Том 1. – КАЗАНЬ: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 46-52.

4. Вафин, Ф.Р. Эффективность применения различных биологических препаратов при силосовании кукурузы / Ф.Р. Вафин, И. Т. Бикчантаев, Ш. К. Шакиров, Н. А. Балакирев // Ветеринария, зоотехния и биотехнология, 2018. – № 10. - С. 77-83.

5. Сотченко, Ю.В. Промежуточные итоги испытаний перспективных селекционных образцов кукурузы для условий Республики Татарстан, 2012-14 гг / Ю. В. Сотченко, В. С. Сотченко, О. Л. Шайтанов, М. И. Хуснуллин // Нива Татарстана, 2017. - № 1-2. - С. 33-36.

6. Сотченко, Ю.В. Заключительное звено селекции кукурузы для северных районов возделывания / Ю. В. Сотченко, Е. Ф. Сотченко, О. Л. Шайтанов, М. И. Хуснуллин // Достижения науки и техники АПК, 2016. - Т. 30. - № 11. - С. 49-53.

7. Сафиоллин, Ф.Н. Цифровые технологии в орошаемом земледелии / М.М. Хисматуллин, М.М. Хисматуллин // Профессия бухгалтера – важнейший инструмент эффективного управления сельскохозяйственным производством: Сборник научных трудов по материалам X Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора В.П. Петрова, Казань, 15–16 марта 2022

года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. - С. 766-776.

8. Шайтанов, О.Л. Итоги экологических испытаний новых гибридов кукурузы в экстремальных условиях 2017 г / О.Л. Шайтанов, М.Ш. Тагиров, Х.З. Каримов // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2018. - Т. 13. - № 4(51). - С. 96-102.

9. Михайлова, М. Ю. Роль листовых подкормок в формировании зеленой массы кукурузы / М. Ю. Михайлова // Восприимчивость плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях: Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, Казань, 17 марта 2021 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. - С. 153-159.

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

11. Михайлова, М.Ю. Особенности потребления макроэлементов кукурузой на черноземе обыкновенном при внесении минеральных удобрений / М.Ю. Михайлова, М.М. Маркова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. - С. 304-308.

12. Чекмарев, П.А. Влияние сорта и удобрений на урожайность кукурузы при возделывании на зерно / П.А. Чекмарев, В.Н. Фомин, С.Д. Турнин // Достижения науки и техники АПК, 2017. - Т. 31. - № 9. - С. 22-24.

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

14. Хисматуллин, М.М. Агроэнергетическая и экономическая эффективность поверхностного улучшения пойменных лугов / М.М. Хисматуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2010. Т. 5, № 1(15). - С. 120-122.

15. Хисматуллин, М.М. Противоэрозийная мелиорация в Республике Татарстан / М.М. Хисматуллин, А.Р. Валиев, М.М. Хисматуллин, Ф.Р. Мухаметгалиев, Н.М. Асадуллин., Р. Уллах // Вестник

Казанского государственного аграрного университета. 2022. - Т. 17. - № 2(66). - С. 47–54.

16. Хисматуллин, М.М. Практические приемы частичной замены минеральных удобрений листовой подкормкой многолетних трав на серых лесных почвах Среднего Поволжья / М.М. Хисматуллин, М.М. Хисматуллин, Ф.Н. Сафиоллин // Кормопроизводство, 2019. -№ 7. - С. 12–18.

17. Чекмарев, П.А. Влияние сорта и удобрений на урожайность кукурузы при возделывании на зерно / П.А. Чекмарев, В.Н. Фомин, С.Д. Турнин // Достижения науки и техники АПК, 2017. - Т. 31. - № 9. - С. 22–24.

18. Шакиров Ш.К. Кукуруза: технология выращивания, консервирования, хранения, переработки и использования в молочном скотоводстве РТ. / Ш.К. Шакиров, О.В. Шайтанов, Н.Н. Хазипов // Казань: ООО «Центринновационных технологий», 2017. - 104 с.

19. Влияние расчетных норм минеральных удобрений на урожайность орошаемой кормовой кукурузы на серых лесных почвах Республики Татарстан / И.Ф. Яхин , Р.Х. Габитов, М.М. Хисматуллин, Н.В. Трофимов // Агробиотехнологии и цифровое земледелие, 2022. - Т. 1. - № 4(4). - С. 45–50.

20. Vafina, L.T. Comparative evaluation of productivity of ryegrass and ryegrass-goatling grass stands affected by different mineral and organomineral nutrition / L.T. Vafina , F.N. Safiollin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Pric. Conf. AgroCON-2019. 2021. ID 012109.

© Яхин И.Ф., Габитов Р.Х., 2023

Яхин Ильдар Фаритович¹

Аспирант

ildarsuper97@bk.ru

Габитов Ранис Харисович²

Соискатель

Сочнева С.В.¹

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

sochneva.sv1@mail.ru

¹Казанский государственный аграрный университет,

Казань

²Ульяновский государственный аграрный

университет имени П. А. Столыпина,

Ульяновск

ОСОБЕННОСТИ ОРОШЕНИЯ КУКУРУЗЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ УРОЖАЙНОСТИ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Аннотация. В этой статье рассмотрены способы полива кукурузы, чтобы получить высокие урожаи. В соответствии к водному режиму, кукуруза относится к мезофильным культурам. В связи с тем, что кукуруза относится к тропическим культурам, ее можно назвать влаголюбивой культурой. По сравнению с зерновыми первой группы, на их образование расходуется меньше влаги. Значение транспирационного коэффициента варьируется в зависимости от региона. В связи с тем, что кукуруза формирует большое количество биомассы, она нуждается в достаточном количестве влаги. Потребление воды в сутки составляет 2-4 литра. Все дело в том, что кукуруза плохо переносит переувлажнение. Влажность почвы должна быть не менее 70%.

Ключевые слова: кукуруза, орошение, приемы поливов, урожайность, качество зеленой массы.

Ildar F. Yakhin¹

Graduate student

e-mail: ildarsuper97@bk.ru

Ranis K. Gabitov²

Applicant

e-mail: ranis.gabitov@tatar.ru

Svetlana V. Sochneva¹

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

e-mail: sochneva.sv1@mail.ru

¹Kazan State Agrarian University,

Kazan

²Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin,

Annotation. This article discusses ways to water corn to get high yields. In accordance with the water regime, corn is a mesophilic crop. Due to the fact that corn is a tropical crop, it can be called a moisture-loving crop. Compared to grains of the first group, less moisture is spent on their formation. The value of the transpiration coefficient varies depending on the region. Due to the fact that corn produces a large amount of biomass, it needs sufficient moisture. Water consumption per day is 2-4 liters. The thing is that corn does not tolerate waterlogging well. Soil moisture should be at least 70%.

Keywords: corn, irrigation, irrigation methods, productivity, quality of green mass.

Введение. Прорастание семян кукурузы зависит от того, сколько воды содержится в зерне (в зависимости от сорта). При таком показателе наличия влаги ростки всходов появляются уже через 3-4 дня после высадки (при оптимальных температурах). Для прорастания семян кукурузы требуется хорошая аэрация, поскольку зародыш очень крупный и впитывает большое количество кислорода из воздуха. Уровень содержания кислорода в почве должен быть не ниже 18-25%. При снижении содержания кислорода в почве на 5% рост корней прекращается, а затем и вовсе останавливается. Это приводит к тому, что все процессы в росте и развитии кукурузы нарушены [1,2,3].

Многочисленные опыты показали, что орошение на кукурузных полях улучшает развитие корневых систем, увеличивает их активность по поглощению воды и впитыванию питательных элементов корнями. [4,5,6]. В результате орошения увеличиваются воздушная проницаемость, количество потребляемой кукурузой воды, скорость роста и потребления элементов питания. Усиливаются обменные процессы, в том числе дыхание, транспирация питательных веществ, а также увеличивается интенсивность обмена веществ (фотосинтеза) [7,8,9].

Цель и задачи исследований. Целью исследований является разработки и внедрения высокоэффективных приемов орошения кукурузы на серых лесных почвах, которая занимают 38,4 % почвенного покрова Республики Татарстан.

Задачи:

- изучить фазы орошения кукурузы
- изучить особенности орошения гибридов кукурузы;
- определить влияние орошения на урожайность гибридов кукурузы с гектара посева, а также качество урожая.

Место, условия и методика проведения исследований. Полевой эксперимент проводился с 2022 по 2023 гг. в Казанском государственном аграрном университете. Опыты проводились на 20 рядовых делянок, площадью 140 метров. В течение вегетативного периода за гибридами кукурузы были проведены фенологические исследования, учтены

особенности морфологических параметров растений, показатели урожайности и продуктивности гибридов. Каждая гибридная комбинация определяла уборочную влажность. В разные годы климатические условия менялись. Полевые опыты проводились в течение двух лет [10,11,12]. Вредные условия для кукурузы в критических фазах развития и высокая температура воздуха наблюдались в период с 2022 по 2023 год. Климатические условия в 2022 году были благоприятными. Майская температура была ниже среднегодовой на 3,3 градуса, а количество осадков превысило 40,4 мм. На уровне среднегодового показателя температура июня была выше среднегодового значения, а осадков было мало [13,14,15]. Выпало 19 мм осадков при средней суточной температуре 18,8°C. Погода в 2023 году была умеренно засушливой. За время вегетационного периода на кукурузу выпало 108 мм осадков при средней температуре 16,7°C. Это достаточно для того, чтобы растениям было комфортно расти и развиваться. В благоприятной атмосфере проходили и критические периоды, когда влажность воздуха превышала 50%, а среднесуточная температура воздуха за июнь была на 7,1 градуса ниже многолетних значений. Засушливый июль был жарким, но запас влаги в июле позволил получить довольно высокие урожаи зерновых [16,17,18]. Условия для вегетации в 2022 году были благоприятными. Количество осадков за май-июль составило 159,31 мм, что выше среднегодовой нормы на 1,3 миллиметра. Средняя температура воздуха в мае и июне была ниже среднегодового значения на 3,7°C, что отрицательно сказалось на конечных урожаях кукурузы [19,20].

Результаты и обсуждения. Ключевые периоды по количеству влаги варьируются от 10 дней до 20 дней, когда выметаются метелки, и около 30 дней после того, как выметаются метелки. В этот период кукуруза может потреблять 40-50 % воды в течение всего периода роста. Если в это время почва и воздух засушливы, урожайность снижается на 30%, если неделя – на 50%. В первую очередь, урожайность зависит от того, как распределяется влага между фазами развития растений. Для того, чтобы получить планируемый урожай в 11,5 тонны на 1 гектар, необходимо 570 мм продуктивной влаги. В фазу 3-4 листьев формируются первые ярусы узловых корневых побегов, а в фазу 7-8 – третий. С появлением новых листьев образуются узловые корни. Подземные узлы могут достигать глубины 3-4 м и распространяться в стороны на 120-140 см. Верхние надземные корни имеют высоту до 4,5 м и обеспечивают дополнительное питание.

Фазы кукурузы:

- КФ-1 - период, когда количество зерен закладывается в начале сезона.

В это время растение особенно чувствительно к перепадам температур, воздействию химических веществ. В фазу 5-6 цветения

гербицидов использовать не рекомендуется. При перепаде температур нужно обеспечить нормальное поступление фосфора в кукурузу.

- КФ-2 - время закладки зерна в ряд зерновых культур

Этот период может длиться от 6 до 10 дней после того, как метелка будет выброшена. Также важно, чтобы культура не подвергалась стрессовым воздействиям, таким как инсектициды на фосфорорганической основе. Кроме того, необходимо обеспечить культуру необходимыми продуктами питания, так как именно в эти периоды происходит наиболее интенсивное усвоение.

- КФ3 - цветение

К этому моменту уже сформирован генетический потенциал, который позволяет выращивать большое количество зерен и зерновых культур. Через некоторое время после того, как метелка выбрасывается из горшка, на растениях появляются первые листья, и они готовы опылиться. При высоких температурах пыльца подвергается стерилизации. Длительность такого периода более недели может привести к значительным потерям урожайности.

- КФ 4 - зерновой налив

Это период, когда растения нуждаются в достаточном количестве воды и питательного вещества. Недостаток их приводит к тому, что зерновые колоски не могут насытиться. Чтобы предотвратить или уменьшить это явление, необходимо обеспечить растения всем необходимыми веществами и особенно водой.

Часто в это время наблюдается острый недостаток влаги из-за жары и высокой температуры. Последние годы характеризовались недостаточным количеством осадков и их непостоянством во время выращивания культур. Влага является основным фактором, влияющим на урожайность.

Лучшее решение в этой ситуации – орошение. На протяжении многих лет хозяйства доказали, что большинство кукурузных культур лучше других реагирует на изменение уровня воды в почве. Таким образом, выращивание кукурузы на поливе является одним из способов повышения урожайности и увеличения кормовых ресурсов для животноводов.

Для получения высоких урожаев кукурузы рекомендуется проводить поливы в первой половине лета, когда влажность почвы снижается до 70% и выше, а затем постепенно снижать ее до 80%. Особенно важно соблюдать режим полива в критические периоды развития культур, которые начинаются за десять дней до выброса метелок и заканчиваются молочно-молочным зерном (рис. 1). Вегетация кукурузы требует большого количества влаги, но избыток воды может стать причиной резкого снижения урожая, особенно если не соблюдать правила полива.

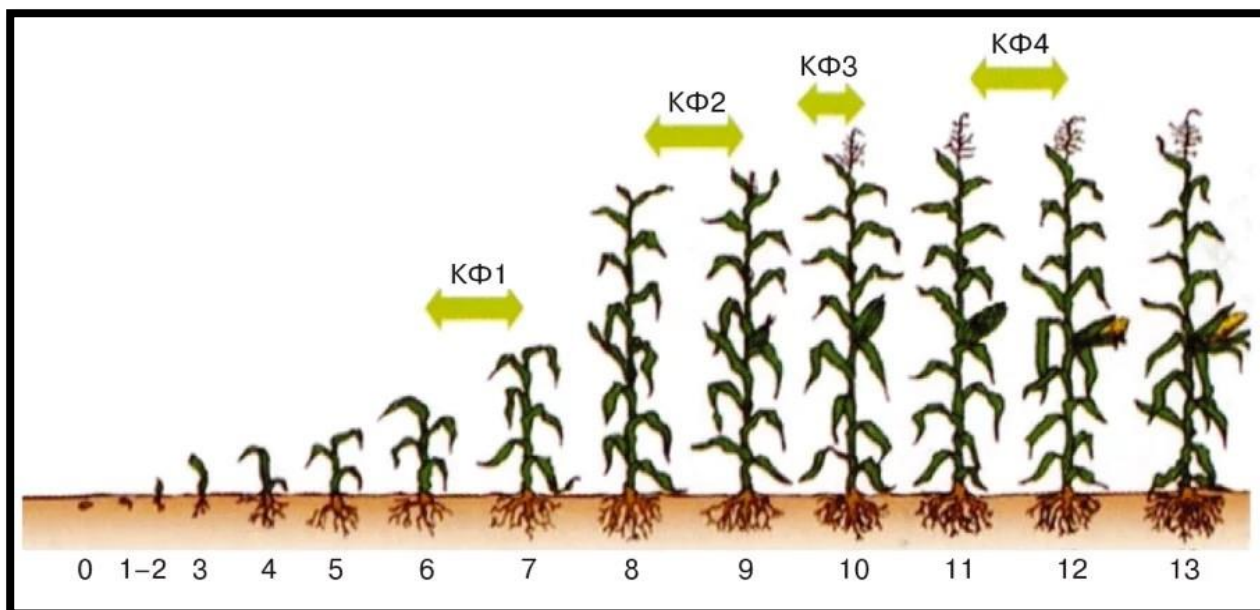


Рисунок 1. Фазы орошения кукурузы

Заключение. При низком уровне влажности, орошение является базовым условием для получения хорошего урожая. Так как дефицит осадков в Татарстане – это закономерность, которая характерна для многих районов республики уже многие десятилетия. Также рекомендуется адаптировать технологию обработки почвы для кукурузы в сторону максимального увлажнения и влагонакопления. Это позволит избежать рисков потери урожая во время аномальной жары и засухи, а также снизить риски потери урожая в случае аномальной жары и засухи.

Литература

1. Таланов, И.П. Влияние расчетных норм минеральных удобрений на формирование зеленой массы гибридов кукурузы в условиях Предволжья РТ / И.П. Таланов., М.Ю. Михайлова // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2015. - Т. 10. - № 1(35). - С. 137-140.
2. Крупин, Е.О. Тенденции изменения энергетической и протеиновой питательности силоса кукурузного в Республике Татарстан / Е.О. Крупин, Ш.К. Шакиров, Н.А. Казеева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, 2021. - Т. 246. - № 2. – С. 107-111.
3. Ганиева, Р. М. Теоретические основы и практические приемы устройства земледельческого поля орошения (на примере СХПК им. Вахитова Кукморского муниципального района Республики Татарстан) / Р. М. Ганиева // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 79 студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 26 марта 2021 года. Том 1. – КАЗАНЬ: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 46-52.

4. Вафин, Ф.Р. Эффективность применения различных биологических препаратов при силосовании кукурузы / Ф.Р. Вафин, И. Т. Бикчантаев, Ш. К. Шакиров, Н. А. Балакирев // Ветеринария, зоотехния и биотехнология, 2018. – № 10. - С. 77-83.

5. Сотченко, Ю.В. Промежуточные итоги испытаний перспективных селекционных образцов кукурузы для условий Республики Татарстан, 2012-14 гг / Ю. В. Сотченко, В. С. Сотченко, О. Л. Шайтанов, М. И. Хуснуллин // Нива Татарстана, 2017. - № 1-2. - С. 33-36.

6. Сотченко, Ю.В. Заключительное звено селекции кукурузы для северных районов возделывания / Ю. В. Сотченко, Е. Ф. Сотченко, О. Л. Шайтанов, М. И. Хуснуллин // Достижения науки и техники АПК, 2016. - Т. 30. - № 11. - С. 49-53.

7. Сафиоллин, Ф.Н. Цифровые технологии в орошаемом земледелии / М.М. Хисматуллин, М.М. Хисматуллин // Профессия бухгалтера – важнейший инструмент эффективного управления сельскохозяйственным производством: Сборник научных трудов по материалам X Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора В.П. Петрова, Казань, 15–16 марта 2022 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. - С. 766-776.

8. Шайтанов, О.Л. Итоги экологических испытаний новых гибридов кукурузы в экстремальных условиях 2017 г / О.Л. Шайтанов, М.Ш. Тагиров, Х.З. Каримов // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2018. - Т. 13. - № 4(51). - С. 96-102.

9. Михайлова, М. Ю. Роль листовых подкормок в формировании зеленой массы кукурузы / М. Ю. Михайлова // Восприимчивость плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях: Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, Казань, 17 марта 2021 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. - С. 153-159.

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

11. Михайлова, М.Ю. Особенности потребления макроэлементов кукурузой на черноземе обыкновенном при внесении минеральных удобрений / М.Ю. Михайлова, М.М. Маркова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа

Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. - С. 304-308.

12. Чекмарев, П.А. Влияние сорта и удобрений на урожайность кукурузы при возделывании на зерно / П.А. Чекмарев, В.Н. Фомин, С.Д. Турнин // Достижения науки и техники АПК, 2017. - Т. 31. - № 9. - С. 22-24.

13. Таланов, И.П. Отзывчивость гибридов кукурузы на внесения расчетных доз минеральных удобрений в условиях Предволжья РТ / И.П. Таланов, М.Ю. Михайлова, Л.З. Каримова // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2015. - Т. 10. - № 2(36). - С. 123–127.

14. Хисматуллин, М.М. Агроэнергетическая и экономическая эффективность поверхностного улучшения пойменных лугов / М.М. Хисматуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2010. Т. 5, № 1(15). - С. 120–122.

15. Хисматуллин, М.М. Противоэрозионная мелиорация в Республике Татарстан / М.М. Хисматуллин, А.Р. Валиев, М.М. Хисматуллин, Ф.Р. Мухаметгалиев, Н.М. Асадуллин., Р. Уллах // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. - Т. 17. - № 2(66). - С. 47–54.

16. Хисматуллин, М.М. Практические приемы частичной замены минеральных удобрений листовой подкормкой многолетних трав на серых лесных почвах Среднего Поволжья / М.М. Хисматуллин, М.М. Хисматуллин, Ф.Н. Сафиоллин // Кормопроизводство, 2019. - № 7. - С. 12–18.

17. Чекмарев, П.А. Влияние сорта и удобрений на урожайность кукурузы при возделывании на зерно / П.А. Чекмарев, В.Н. Фомин, С.Д. Турнин // Достижения науки и техники АПК, 2017. - Т. 31. - № 9. - С. 22–24.

18. Шакиров Ш.К. Кукуруза: технология выращивания, консервирования, хранения, переработки и использования в молочном скотоводстве РТ. / Ш.К. Шакиров, О.В. Шайтанов, Н.Н. Хазипов // Казань: ООО “Центринновационных технологий”, 2017. - 104 с.

19. Влияние расчетных норм минеральных удобрений на урожайность орошаемой кормовой кукурузы на серых лесных почвах Республики Татарстан / И.Ф. Яхин, Р.Х. Габитов, М.М. Хисматуллин, Н.В. Трофимов // Агробиотехнологии и цифровое земледелие, 2022. - Т. 1. - № 4(4). - С. 45–50.

20. Vafina, L.T. Comparative evaluation of productivity of ryegrass and ryegrass-goatling grass stands affected by different mineral and organomineral nutrition / L.T. Vafina, F.N. Safiollin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Pric. Conf. AgroCON-2019. 2021. ID 012109.

© Яхин И.Ф., Габитов Р.Х., Сочнева С.В., 2023

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

УДК 631

Абрамова Арина Алексеевна

*Руководитель Центра Агроэкологических Исследований
Казанский государственный аграрный университет,*

Казань

abramova92a@yandex.ru

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН БИОПРЕПАРАТАМИ НА ОСНОВЕ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ НА ЗАРАЖЕННОСТЬ УРОЖАЯ ПШЕНИЦЫ БОЛЕЗНЯМИ

Аннотация. В работе исследовали зараженность урожая яровой пшеницы сорта Ульяновская 105 возбудителями грибковых болезней при обработке семян пшеницы биологическими препаратами, основанными на штаммах *Bacillus mojavensis* и *Bacillus amyloliquefaciens*. Штаммы, используемые для обработки семян, являются эндофитными микроорганизмами, выделенными из корней и стеблей томата (*Bacillus amyloliquefaciens*) и семян яровой пшеницы (*Bacillus mojavensis*). По результатам исследования отмечено, что применение этих препаратов при предпосевной обработке снижает количество патогенов в зерне урожая пшеницы. При этом, наибольшую эффективность в снижении количества патогенных организмов в зерне проявляет штамм *Bacillus mojavensis* PS17, который значительно уменьшает зараженность зерен урожая такими патогенами как *Alternaria sp.*, *Bipolaris sp.*, *Fusarium sp.* и др.

Ключевые слова: эндофитные микроорганизмы, биологические фунгициды, яровая пшеница, фитопатогенные микромицеты, биологическая защита растений.

Arina A. Abramova

*Head of the Center for Agroecological Research
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia*

abramova92a@yandex.ru

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF PRE-SOWING SEED TREATMENT WITH BIOLOGICAL PREPARATIONS BASED ON ENDOPHYTIC BACTERIA ON THE INFECTION OF THE WHEAT CROP BY DISEASES

Abstract. The reaserch investigated the contamination of the spring wheat crop of the Ulyanovskaya 105 variety with pathogens of fungal diseases when treating wheat seeds with biological preparations based on strains of

Bacillus mojavensis and *Bacillus amyloliquefaciens*. The strains used for seed treatment are endophytic microorganisms isolated from the roots and stems of tomato (*Bacillus amyloliquefaciens*) and spring wheat seeds (*Bacillus mojavensis*). According to the results of the study, it was noted that the use of these drugs during pre-sowing treatment reduces the number of pathogens in the grain of the wheat crop. At the same time, the greatest efficiency in reducing the number of pathogenic organisms in grain is demonstrated by the strain *Bacillus mojavensis* PS17, which significantly reduces the contamination of crop grains with pathogens such as *Alternaria sp.*, *Bipolaris sp.*, *Fusarium sp.* and etc.

Keywords: endophytic microorganisms, biological fungicides, spring wheat, phytopathogenic micromycetes, biological plant protection.

В последние годы все больше изучается вопрос применения эндофитных бактерий в качестве экологически безопасных средств защиты растений [1, 2]. Эндофитные микроорганизмы широко распространены в растениях, поэтому их давно стали изучать на предмет защитных свойств от вредоносных и болезнетворных организмов, способных нанести вред сельскохозяйственным растениям [3]. Обитая внутри организма растений, эндофитные микроорганизмы способны защищать растение-хозяина, становясь неотъемлемой частью его иммунной системы [4]. В настоящее время существует множество исследований, которые указывают на способность у эндофитных микроорганизмов вырабатывать вещества, которые не наносят вреда растительному организму, но способны убивать, или сдерживать болезнетворные организмы, в особенности – микромицеты [5, 6, 7].

Поскольку эндофитные микроорганизмы в настоящий момент являются достаточно перспективными агентами для средств биологической защиты сельскохозяйственных растений [8], при создании биологических препаратов на их основе важно рассмотреть их способность проявлять фунгицидные свойства [9, 10].

Бактерии *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* RECВ95 в ряде исследований последних лет показали себя, как штаммы, перспективные для применения их при возделывании полевых культур. Также, были выявлены фунгицидные свойства этих микроорганизмов [11, 12]. Оба штамма являются факультативными эндофитами сельскохозяйственных культур: первый был выделен из семян яровой пшеницы; второй – из корней и стеблей томатов [13, 14].

Целью данной работы является изучение способности этих штаммов защищать растения пшеницы при предпосевной обработке вплоть до получения урожая.

Яровая пшеница сорта Ульяновская 105 возделывалась в течение 3-х сезонов в Лаишевском районе республики Татарстан. Исследования проводились в летние периоды с 2020 по 2022 год. В качестве

фунгицидных средств при возделывании пшеницы применялись биопрепараты, основанные на бактериальных штаммах *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* RECB95. Предпосевная обработка производилась при помощи замачивания семян в суспензии биопрепарата из расчета 1,0 л на тонну семян.

После возделывания растений пшеницы полученный урожай исследовали на зараженность зерен болезнями, в сравнении с урожаем контрольного варианта, не подвергавшегося обработке.

Зерна для исследования отбирались согласно стандартной методике [15]. В лабораторных условиях изучали зараженность зерен основными грибковыми патогенами, а также, количество этих организмов внутри зерен пшеницы. В обоих случаях использовали методики выращивания патогенных организмов на твердой питательной среде Сабуро и Чапека в 4-х кратной повторности.

Для определения зараженности зерен болезнями их промывали проточной водой, затем стерильным фосфатным буфером PBS, и в целом виде выкладывали на поверхность питательной среды [16]. Материал инкубировали при температуре 25°C в течение 7 суток. Зараженность определяли, подсчитывая средний процент зараженных зерен от общего количества.

Для определения количества патогенов внутри зерен, их поверхностно стерилизовали при помощи 70% раствора этилового спирта, затем промывали стерильной дистиллированной водой, размалывали до кашицеобразного состояния при помощи пестика и ступки в стерильных условиях, после чего готовили суспензию в стерильном фосфатном буфере в соотношении 1:10. Далее из полученной суспензии делали серию последовательных разведений, которые высевали на поверхность питательных сред. Материал инкубировали при температуре 25°C в течение 10 суток, после чего, подсчитывали среднее количество полученных колоний каждого микроорганизма, а также определяли их родовую принадлежность при помощи микроскопирования с использованием определительных таблиц [17]. Количество патогенов выражали в КОЕ.

В таблицах 1 и 2 приведены данные по зараженности зерен урожая пшеницы и количеству патогенных организмов внутри зерен в течение всех сезонов возделывания пшеницы.

Проанализировав таблицы по зараженности зерен урожая болезнями и количеству патогенов у них внутри, можно отметить, что основными патогенными организмами, находящимися внутри зерен урожая, являются микромицеты родов *Alternaria*, *Bipolaris*, *Fusarium*. Данные организмы достаточно широко распространены на полях [18]. Содержание внутри зерен урожая большого количества этих организмов ($1 \cdot 10^4$ КОЕ и более) способно вызвать их вредоносное развитие, которое приведет к потере товарных качеств урожая. В данных исследованиях эти

организмы в редких случаях достигают таких количеств в зернах, как правило, в большинстве случаев количество этих возбудителей не превышает $9 \cdot 10^3$ КОЕ. Лишь в 2021 году, в контрольном варианте патогенный организм *Bipolaris sp.* присутствует в зернах в большом количестве ($31,84 \pm 3,10 \cdot 10^3$ КОЕ). Но при предпосевной обработке растений биопрепаратами, количество этого патогена урожая в этом же году было значительно ниже.

Таблица 1 – Зараженность зерен урожая пшеницы болезнями в течение трех сезонов возделывания

Вариант	2020 г.	2021 г.	2022 г.
	Возбудитель, зараженность, %	Возбудитель, зараженность, %	Возбудитель, зараженность, %
Контроль	<i>Alternaria sp.</i> , 28	<i>Alternaria sp.</i> , 16	<i>Alternaria sp.</i> , 22
	<i>Aspergillus sp.</i> , 16	<i>Aspergillus sp.</i> , 14	<i>Bipolaris sp.</i> , 28
	<i>Fusarium sp.</i> , 4	<i>Fusarium sp.</i> , 4	<i>Fusarium sp.</i> , 2
	<i>Verticillium sp.</i> , 4	<i>Botrytis sp.</i> , 60	<i>Mucor sp.</i> , 62
	<i>Bipolaris sp.</i> , 2	<i>Bipolaris sp.</i> , 58	
	<i>Mucor sp.</i> , 50	<i>Mucor sp.</i> , 54	
Обработка штаммом PS17	<i>Alternaria sp.</i> , 12	<i>Alternaria sp.</i> , 4	<i>Alternaria sp.</i> , 6
	<i>Aspergillus sp.</i> , 4	<i>Ascochyta sp.</i> , 18	<i>Bipolaris sp.</i> , 12
	<i>Fusarium sp.</i> , 2	<i>Bipolaris sp.</i> , 16	<i>Mucor sp.</i> , 58
	<i>Verticillium sp.</i> , 2	<i>Mucor sp.</i> , 52	
	<i>Bipolaris sp.</i> , 8		
	<i>Mucor sp.</i> , 34		
Обработка штаммом RECB95B	<i>Alternaria sp.</i> , 28	<i>Alternaria sp.</i> , 16	<i>Alternaria sp.</i> , 10
	<i>Aspergillus sp.</i> , 26	<i>Aspergillus sp.</i> , 10	<i>Fusarium sp.</i> , 2
	<i>Ascochyta sp.</i> , 10	<i>Verticillium sp.</i> , 2	<i>Bipolaris sp.</i> , 20
	<i>Fusarium sp.</i> , 2	<i>Fusarium sp.</i> , 2	<i>Mucor sp.</i> , 58
	<i>Bipolaris sp.</i> , 2	<i>Bipolaris sp.</i> , 48	
	<i>Mucor sp.</i> , 10	<i>Mucor sp.</i> , 50	

Так же можно отметить, что все без исключения варианты зерна обсеменены плесневыми грибами рода *Mucor*, что является неизбежным при возделывании культуры в полевых условиях, уборке урожая сельскохозяйственной техникой и хранении зерна в складских помещениях, но также является проблемой [19]. В данных исследованиях, в ряде случаев количество этого микроорганизма является значительным (более $1 \cdot 10^5$ КОЕ, при зараженности более 50 % зерен), что может привести к дальнейшей порче зерна [20].

Таблица 2 – Количество патогенных микромицетов внутри зерен пшеницы в течение трех сезонов возделывания

Вариант	2020 г.	2021 г.	2022 г.
	Патоген	Патоген	Патоген
	кол-во, КОЕ*10 ³	кол-во, КОЕ*10 ³	кол-во, КОЕ*10 ³
Контроль	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>
	8,51±0,67	4,15±0,30	2,85±0,03
	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Bipolaris sp.</i>
	3,50±0,10	3,90±0,24	1,20±0,06
	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>
	2,54±0,04	5,00±0,02	2,60±0,10
	<i>Verticillium sp.</i>	<i>Botrytis sp.</i>	<i>Mucor sp.</i>
	1,10±0,10	5,10±0,05	>100
	<i>Bipolaris sp.</i>	<i>Bipolaris sp.</i>	
	0,93±0,05	31,84±3,10	
<i>Mucor sp.</i>	<i>Mucor sp.</i>		
>100	>100		
Обработка штаммом PS17	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>
	4,66±0,09	0,95±0,03	1,87±0,05
	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Ascochyta sp.</i>	<i>Bipolaris sp.</i>
	1,10±0,05	3,30±0,11	1,10±0,03
	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Bipolaris sp.</i>	<i>Mucor sp.</i>
	2,10±0,02	1,21±0,07	>100
	<i>Verticillium sp.</i>	<i>Mucor sp.</i>	
	1,00±0,10	>100	
	<i>Bipolaris sp.</i>		
	6,71±0,79		
<i>Mucor sp.</i>			
17,71±0,94			
Обработка штаммом RECB95B	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>
	4,44±0,08	1,33±0,03	4,08±0,09
	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>
	5,10±0,10	2,10±0,10	1,72±0,08
	<i>Ascochyta sp.</i>	<i>Verticillium sp.</i>	<i>Bipolaris sp.</i>
	11,00±0,07	4,00±0,36	2,40±0,01
	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Mucor sp.</i>
	1,40±0,03	2,49±0,09	>100
	<i>Bipolaris sp.</i>	<i>Bipolaris sp.</i>	
	0,94±0,04	1,10±0,01	
<i>Mucor sp.</i>	<i>Mucor sp.</i>		
8,41±0,49	>100		

Гораздо реже в материале встречаются такие возбудители болезней растений как *Ascochyta sp.*, *Aspergillus sp.*, *Botrytis sp.*, *Verticillium sp.*, встречаются они в небольших количествах, не достигающих $1 \cdot 10^4$ КОЕ.

Что касается воздействия препаратов на количество патогенных грибов, то в большинстве случаев, биологические препараты снижают количество патогенов в зерне. Особенно это характерно для вариантов, обработанных штаммом PS17, в которых в целом меньше, не только количество самих микроорганизмов, но также, снижено и количество их видов. При сравнении двух биологических препаратов можно также сказать, что обработка штаммом PS17, в большинстве случаев более эффективно сказывалась на снижении количества патогенных организмов в зерне, чем обработка штаммом RECB95. При применении штамма PS17, снижались как количество большинства патогенных организмов в зерне, так и процент зараженности зерна этими патогенами.

Таким образом, можно сказать, что из двух применяемых биопрепаратов, препарат, основанный на бактерии *Bacillus mojavensis* PS17 способен проявлять фунгицидные свойства с момента посева семени растения и до момента получения урожая. Учитывая это, препараты на основе данного штамма могут быть рекомендованы к применению в качестве средств защиты зерновых культур от грибковых болезней.

Литература

1. Максимов, И. В. Эндوفитные микроорганизмы в комплексной защите растений от патогенов и вредителей / И. В. Максимов // Современные подходы и методы в защите растений: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2018. – С. 8-11.

2. Tshikhudo, P. P. Sustainable Applications of Endophytic Bacteria and Their Physiological/Biochemical Roles on Medicinal and Herbal Plants: Review / P. P. Tshikhudo, K. Ntushelo, F. N. Mudau // Microorganisms. – 2023. – 11(2):453. – doi:10.3390/microorganisms11020453

3. Fadiji, A. E. Elucidating mechanisms of endophytes used in plant protection and other bioactivities with multifunctional prospect / A. E. Fadiji, O. O. Babalola // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2020. – V8. – 20 p.

4. Luzmaria R. Plant growth-promoting bacterial endophytes as biocontrol agents of pre- and post-harvest diseases: Fundamentals, methods of application and future perspectives / R. Luzmaria, M. C. Orozco-Mosqueda, P. D. Loeza-Lara, F. I. Parra-Cota, S. Santos-Villalobos, G. Santoyo // Microbiological Research. – 2021. – V242.

5. Yang L. Role of endophytic bacteria in improving plant stress resistance / M. Morelli, J. J. Koskimaki, Q. Sheng, Y. H. Zhu, X. X. Zhang // Frontiers in Plant Science. – 2022. – V13. – 4p.

6. Kamel N. Bacterial endophytes: The hidden actor in plant immune responses against biotic stress // N. Kamel, A. P. Victoria. – 2021. – V1. – 10.20944.

7. Ерошин, А. И. Эндوفитные микроорганизмы: перспектива повышения доброкачественности кормов / А. И. Ерошин, И. И. Идиятов, А. М. Тремасова // VII международная конференция молодых ученых: биофизиков, биотехнологов, молекулярных биологов. – 2020. – С. 56-57.

8. Афанасьева, Д. С. Оценка различных сортов ячменя по эндوفитной микрофлоре семян / Д. С. Афанасьева, А. А. Абрамова, П. А. Дмитриева [и др.] // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 1(1). – С. 12-17.

9. Такаева, И. Н. Эндوفитные бактерии и их рибонуклеазная активность / И. Н. Такаева, Е. А. Черепанова, Е. Р. Сарварова, И. В. Максимов // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2020. – 2(55). – С. 54-59.

10. Gayathri S. Fungicidal and growth-promoting traits of *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, an endophyte from *Andrographis paniculata* / S. Gayathri, M. Sathivelu // Frontiers in Plant Science. – 2023. – V14. – doi: 10.3389/fpls.2023.1125630.

11. Диабанкана, Р. Ж. К. Оценка применения биопрепаратов как элемента углеродного (органического) земледелия / Р. Ж. К. Диабанкана, А. А. Абрамова, Р. И. Сафин // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 156-163.

12. Диабанкана, Р. Ж. К. Совместимость штамма PS17 *Bacillus mojavensis* с различных сортов яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) / Р. Ж. К. Диабанкана // Защита растений от вредных организмов: Материалы XI международной научно-практической конференции, Краснодар, 19–23 июня 2023 года. Том Выпуск 11. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 120-123.

13. Патент RU № 2737208 С1 Штамм бактерий *Bacillus mojavensis* PS17 для повышения урожайности и защиты сельскохозяйственных растений от фитопатогенных грибов // Патент РФ №2019141759 С1. 2020/ Р. И. Сафин, Л. З. Каримова, Ш. З. Валидов.

14. Патент RU №2736424 С1 Штамм бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* RECB-95 для производства биопрепарата защиты сельскохозяйственных растений от стрессов, стимуляции их роста и повышения урожайности // Патент РФ №2736424 С1. 2020 Бюл. №32. / Р. И. Сафин, Л. З. Каримова, Ш. З. Валидов.

15. ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. Утвержден и введен в действие

постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 4 марта 1985 г. N 454 дата введения установлена 01.07.86.

16. ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. Утвержден Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 21.10.93.

17. Благовещенская Е.Ю. Фитопатогенные микромицеты. Учебный определитель. М.: ЛЕНАНД, 2015. – 240с.

18. Peng, Y. Research progress on phytopathogenic fungi and their role as biocontrol agents / Y. Peng, S. J. Li, J. Yan, Y. Tang, J. P. Cheng, A. J. Gao, X. Yao, J. J. Ruan, B. L. Xu // *Frontiers in Microbiology*. – 2021. – V12. – doi: 10.3389/fmicb.2021.670135

19. Dagnas, S. Predicting and preventing mold spoilage of food products / S. Dagnas, J. M. Membre // *Journal of Food Protection*. – 2013. – V76. – Is3. – P. 538-551.

20. Schmidt M. Impact of fungal contamination of wheat on grain quality criteria / M. Schmidt, S. Horstmann, L. De Colli, M. Danaher, K. Speer, E. Zannini, E. K. Arendt // *Journal of Cereal Science*. – 2016. – V69. – P. 95-103.

© *Абрамова А.А., 2023*

Акенсаева Айканыш Жусупбековна

Аспирант

Казанский государственный аграрный университет, Казань

akenshaevaaikanysh@gmail.com

Сабирова Разина Мавлетгараевна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

razina.sabirova.1975@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ У РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ НУТА

Аннотация. Оценка биометрических показателей и продуктивности сортов нута проводили в условиях Предкамья Республики Татарстан. Для проведения данного исследования были выбраны отечественные сорта нута – Приво 1, Триумф, Волжанин, Зоовит и Донской. Биометрические показатели у изучаемых сортов были неодинаковы. По длине стебля растения и высоте прикрепления нижнего боба выделился сорт Зоовит. По показателю максимальной длины корня, а также по среднему количеству листьев и ветвей преимущество имел сорт Донской. Максимальная величина воздушно-сухой массы надземных органов и корня была у сортов Приво 1. Наибольшая урожайность в условиях засушливого 2023 года была у сорта Триумф (1,9 т/га).

Ключевые слова: сорта, биометрические показатели, продуктивность, нут.

Aikanysh Zh. Akenshaeva

Post-graduate student

Kazan State Agrarian University, Kazan

akenshaevaaikanysh@gmail.com

Razina M. Sabirova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan

razina.sabirova.1975@mail.ru

FEATURES OF HARVEST FORMATION IN DIFFERENT CHICKPEA VARIETIES

Abstract. The assessment of biometric indicators and productivity of chickpea varieties was carried out in the conditions of the Predkamye region of the Republic of Tatarstan. To conduct this study, domestic chickpea varieties were selected - Privo 1, Triumph, Volzhanin, Zoovit and Donskoy. The biometric

indicators of the studied varieties were not the same. Based on the length of the plant stem and the height of attachment of the lower bean, the Zoovit variety stood out. In terms of maximum root length, as well as the average number of leaves and branches, the Donskoy variety had an advantage. The maximum value of the air-dry mass of above-ground organs and roots was in the Privo 1 variety. The highest yield in the dry conditions of 2023 was in the Triumph variety (1.9 t/ha).

Keywords: varieties, biometric indicators, productivity, chickpeas

Введение. В современном мире перед сельским хозяйством стоит несколько важных задач, важнейшей из которых является сохранение здоровья почвы. Поддержание плодородия и богатства почвы — это ключ для предотвращения экологической катастрофы [1, 2, 3]. Следующими задачами являются биологизация сельского хозяйства и получение продукции сельского хозяйства с высокими пищевыми показателями [4, 5, 6, 7].

Для получения хороших урожаев сельскохозяйственных культур в разных почвенно-климатических условиях применяется современные технологии их возделывания [8, 9, 10].

Для разработки эффективных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, учитывают их особенности выращивания [11].

В технологии производства зернобобовых культур важным положительным моментом является их благоприятное влияние на состояние и структуру почвы путем обогащения почвы азотом. Следующим положительным моментом является улучшение технологического качества пищевых и кормовых продуктов. Путем многочисленных исследований было доказано, что нут содержит высококачественный белок, клетчатку, витамины, минеральные вещества [12, 13, 14].

В агробиоценозах для повышения иммунитета растений, в том числе и бобовых, применяются разные средства защиты растений [15, 16, 17].

Кроме того, нут хорошо адаптируется к разным климатическим условиям, так как обладает высокой стрессоустойчивостью, фиксирует азот, засухоустойчив, и дает высокие урожаи даже при неблагоприятных агроклиматических условиях [18, 19, 20].

В связи с этим, изучение особенностей формирования урожая у различных сортов нута в условиях Республики Татарстан является актуальной.

Условия, материалы и методы исследований. Исследование проводилось в Предкамской Агропроизводственной зоне Республике Татарстан, где находится ООО «Агробιοтехнопарк» Казанского ГАУ.

Площадь опытной делянки – 30 м², учетная - 25 м². Повторность в опыте – трехкратная. Посев был произведен 29 апреля, уборка состоялась 5 сентября. Норма высева – 1 млн. шт. в.с./га.

Почва участка, на котором располагался опыт – серо-лесная, содержание в пахотном слое гумуса повышенное (4,4 %), подвижного фосфора (> 377 мг/кг) очень высокое, обменного калия (124 мг/кг) повышенное, рН - 5,4.

Погодные условия в Предкамье Республики Татарстан в 2023 году были засушливыми. Начиная с фазы ветвления, и до полного созревания погода была жаркая и засушливая.

Оценку хозяйственно-биологических признаков сортов нута проводили согласно методике сортоиспытания (ГОСТ10842-64), структурный анализ зерна делали в соответствии с методическими указаниями Госсортокмиссии (1968; 1971 гг.), биологическую урожайность оценили – сноповым анализом растений, взятых с 1 м², математическую обработку урожайных данных делали по Доспехову.

Результаты исследований. При фенологических наблюдениях отмечали даты наступления фаз всходы, бутонизация, цветение, созревание. В целом, у сортов Триумф, Приво 1, Зоовит, Волжанин, вегетационный период в 2023 году составил 133 дней, у сорта Донской 140 дней.

Анализ биометрических показателей растений показал следующее. В фазе бутонизации наблюдалось отличие между растениями, длина стебля растений варьировалась от 11,3 см до 21,3 см. По этому показателю хорошие результаты показали сорта Приво 1 (16,3 см) и Донской (21,3 см).

По показателям среднего количество листьев и ветвей, сформировавшихся на одном растении высокие результаты показали сорта Приво 1 (81,8 шт.) и Донской (73,4 шт.).

Длина корней у растений разных сортов нута во всех фазах развития по всем вариантам опыта была разная, но в фазе полного созревания показатели были от 8,6 см до 15,2 см. Максимальная длина корней была у сорта Приво 1 (15,2 см), следующим по этому показателю был сорт Триумф (14,4 см).

Показатели воздушно-сухой массы корней в фазе бутонизации были примерно одинаковые (0,8-1,3 г), большой разницы по сортам не наблюдалось, уже к концу фазы полного созревания эти показатели изменились (0,12-1,5 г), с преимуществом сорта Приво 1 (1,5 г), остальные сорта сохранили свои показатели примерно на одном уровне.

Мониторинг среднего количества бобов на 1 растении проводили в двух фазах. Первый мониторинг был проведен в фазе налива бобов, количество бобов соответствовало от 5-16 штук, следующий мониторинг был проведен в фазе полного созревания. На фазе созревания

показатели количество бобов составило от 8-22 штук. Высокие показатели были у сортов Приво 1 (20 шт.), Триумф (22 шт.) и Зоовит (23 шт.).

Оценка высоты прикрепления нижнего боба было осуществлено в фазе полного созревания, что составило 19-25 см, в зависимости от сорта. Самое высокое расположение нижнего боба было у сорта Волжанин (25 см), за ним следует сорт Приво 1 (23 см), так же сорт выделился Триумф (21,8 см).

Таблица 1 – Структура урожая и биологическая урожайность различных сортов нута, 2023 г

Сорт	Урожайность, т/га	Число растений, шт./м ²	Число зерен в растении, шт.	Масса зерен с растения, г	Масса 1000 семян, г
1. Приво 1	1,0	49,0	22,5	5,1	230,4
2. Триумф	1,91	42,0	21,8	4,5	206,6
3. Волжанин	1,23	48,0	20,8	4,5	220,2
4. Зоовит	1,32	36,0	26,1	7,2	279,5
5. Донской	1,24	42,0	21,7	4,6	212,6
НСР ₀₅	0,028				

Количество продуктивных стеблей, озерненность колоса и масса 1000 зерен определяют величину биологической урожайности (табл. 1). Наибольшее количество сохранившихся растений к уборке было у сорта Приво1 (49 шт./м²), число зерен в растении у сорта Зоовит (26,1 шт.), масса зерен с растения у сорта Зоовит (7,2 г).

По показателю урожайности выделялся сорт Триумф.

Заключение. Проводя оценку хозяйственно-биологических признаков сортов нута в условиях Предкамья Республики Татарстан, можно прийти к выводу, что в зависимости от показателя биометрических данных каждый сорт проявлял себя хорошо. Наибольшая урожайность была у сорта Триумф (1,9 т/га).

Литература

1. Гарафутдинова, К.Р. 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.

2. Михайлова, М.Ю. Динамика макроэлементов в серой лесной почве под посевами кукурузы на зеленую массу в условиях Предволжья

Республики Татарстан при внесении повышенных норм минеральных удобрений. М.Ю. Михайлова, Р.В. Миникаев. // Плодородие. – 2020. – № 3 (144). – С. 12-14.

3. Сабирова, Р.М. Комплексная оценка состояния почвы после различных сельскохозяйственных культур / Р.М. Сабирова, И.Х. Вафин, А.А. Абрамова, Р.И. Сафин. // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 4(4). – С. 40-44.

4. Диабанкана, Р.Ж.К. Оценка приемов биологизации земледелия в Республике Татарстан. / Р.Ж.К. Диабанкана, Р.М. Сабирова, Р.И. Сафин. // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 3(3). – С. 26-32.

5. Сафин, Р.И. Современное состояние и перспективы развития углеродного земледелия в Республике Татарстан. / Р.И. Сафин, А.Р. Валиев, В.А. Колесар. // Вестник Казанского ГАУ. – 2021. – Т. 16. – № 3(63). – С. 7-13.

6. Кадырова, Ф.З. Влияние биологически активных препаратов на формирование продуктивности растений гречихи. / Ф.З. Кадырова, Л.Р. Климова. // Плодородие. – 2020. – № 3 (114). – С 44-47.

7. Каримова, Л.З. Биологическая защита растений от стрессов. / Л.З. Каримова, В.А. Колесар, Р.И. Сафин, Г.К. Хузина. – Казань. – 2020. – 128 с.

8. Трофимов, Н. В. Методика разделения территории Республики Татарстан на агроландшафтные районы на основе зонирования природно-климатических ее условий. / Н. В. Трофимов, С. В. Сочнева, М. В. Панасюк // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № S4-1(55). – С.127-131.

9. Сабирова, Р. М. Эффективность применения гранулированного куриного помета как основного удобрения на серых лесных почвах Республики Татарстан. / Р. М. Сабирова, Ф. Ф. Хисамиев, Р. С. Шакиров // Плодородие. – 2020. – № 3(114). – С. 29-32.

10. Сержанов, И.М. Урожайные свойства и качество семян яровой пшеницы в зависимости от фона питания в условиях Республики Татарстан / И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов, А.Р. Сержанова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 2 (53). С. 52-57.

11. Сафиоллин, Ф.Н. Экономические показатели биологической системы защиты подсолнечника от корзиночных гнилей в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан. / Ф.Н. Сафиоллин, М.М. Хисматуллин, Г.С. Миннуллин и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 18. – № 1 (69). – С. 147-154.

12. Шарипова, Г.Ф. Эффективность применения удобрений с микроэлементами на различных сортах сои. / Г.Ф. Шарипова, В.А. Колесар, Р.И. Сафин. // Плодородие. – 2020. – №3 (114). – С. 9-11.

13. Сабирова, Р.М. Перспективы возделывания нута в Республики Татарстан / Р.М. Сабирова, Р.Р. Бахтияров, Н.Р. Гатауллин. // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий : Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 26–27 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 234-240.

14. Николаев, С.И. Использование зерна нута сорта "Приво 1" в кормлении сельскохозяйственной птицы / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, М.А. Шерстюгина – 1-е изд. – Волгоград, 2016. – С. 293-297.

15. Зотиков, В.И. Болезни гороха и основные приемы защиты культуры в условиях средней полосы России / В.И. Зотиков, Г.А. Бадурин // Защита и карантин растений. - №5. – 2015. – С. 11-15.

16. Сергеева, С.А. Болезни, передающиеся с семенами гороха / С.А. Сергеева, А.В. Вьюник, И.Н. Порсев // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи. Сборник статей по материалам X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 75-летию Курганской ГСХА имени Т.С. Мальцева / под общей редакцией С.Ф. Сухановой – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. – 487 с.

17. Филиппова, Г.С. Агроэкологические аспекты применения химических и биологических средств защиты гороха от болезней и вредителей: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Филиппова Г.С. – Курск, 2008. – 23 с.

18. Германцева, Н.И. Ресурсосберегающая технология производства нута. /Н.И. Германцева, А.В. Балашов, В.И. Зотиков, М.В. Донская, Т.С. Наумкина, А.В. Глазков, В.В. Наумкин, Е.Л. Ревякин. – Москва: ФГБНУ "Росинформагротех", 2015. – 47 с.

19. Маслова, Г.А. Водный режим посевов сортов нута в системе севооборотов. / Г.А. Маслова, В.И. Жужукин, М.Г. Сучкова. – Саратов, 2019. – С. 137-139.

20. Шевцова, Л.П. Приемы адаптивной ресурсосберегающей технологии возделывания нута в степном засушливом Поволжье. / Л.П. Шевцова, Н.А. Шьюрова, О.С. Башинская, С.В. Фартуков. //Аграрный научный журнал. – 2017. – № 2. – С.39-43.7.

© Акеншаева А.Ж., Сабирова Р.М., 2023.

Егорова Ольга Алексеевна

аспирант

Казанский государственный аграрный университет,

Казань

egorova.615@mail.ru

Егоров Леонид Михайлович

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет,

Казань

leon-1978.1978@mail.ru

Сафин Радик Ильясович

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Казанский государственный аграрный университет,

Казань

radiksaf2@mail.ru

ОТЗЫВЧИВОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ НА ВНЕСЕНИЕ КАЛИЙНО-КРЕМНИЕВОГО УДОБРЕНИЯ

Аннотация. В данной статье рассматривается отзывчивость различных сортов яровой тритикале на внесение калийно-кремниевых удобрений. Критериями отзывчивости выбраны биометрические показатели растений, а также количество белка в зерне.

Ключевые слова: яровая тритикале, удобрения, сорта, белок, качество.

Olga A. Egorova

postgraduate student

Kazan State Agrarian University,

Kazan

egorova.615@mail.ru

Leonid M. Egorov

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University,

Kazan

leon-1978.1978@mail.ru

Radik I. Safin

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Kazan State Agrarian University,

Kazan

radiksaf2@mail.ru

RESPONSIVENESS OF VARIOUS VARIETIES OF SPRING TRITICALE TO THE APPLICATION OF POTASSIUM-SILICON FERTILIZER

Abstract. This article examines the responsiveness of various varieties of spring triticale to the application of potassium-silicon fertilizers. The criteria of responsiveness were selected biometric indicators of plants, as well as the amount of protein in the grain.

Keywords: spring triticale, fertilizers, varieties, protein, quality.

Яровая тритикале представляет собой сравнительно новую зерновую культуру. Однако несмотря на это яровая тритикале обладает высокой продуктивностью, а также обладает пластичностью по отношению к почвенно-климатическим условиям [1]. Высокая экологическая пластичность обусловлена наличием генома ржи. Кроме этого, тритикале проявляет устойчивость к корневым гнилям, в следствии чего способна давать высокие урожаи по всем предшественникам, в том числе по пшеницу и ячменю. Данный фактор особенно важен при условии использования значительного количества зерновых культур в севообороте [2,3].

Основным показателем качества зерновых культур в сельском хозяйстве является содержание белка, его питательная ценность и усвояемость [4]. Содержание белка в тритикале на 2-3 % выше по сравнению с пшеницей, а также на 4 % выше, чем у ржи [5]. Кроме этого, тритикале содержит высокий процент содержания клейковины, однако за счет генома ржи имеет низкие реологические свойства, такие как эластичность и растяжимость [6,7]. Несмотря на низкое качество клейковины, зерно тритикале по питательности протеина превышает зерно пшеницы на 9,5%, а ячменя и кукурузы - почти на 40% [7,8,9].

Морфометрические показатели растений также являются индикатором, по которому можно судить о дефиците элементов питания. Формирование мощного листового аппарата, является необходимым условием получения высокого урожая [10,11,16]. Листовой аппарат тритикале по мощности развития превосходит листовой аппарат пшеницы на 25-30 %. За развитие вегетативной массы, а также устойчивости к неблагоприятным условиям в период вегетации отвечают также макроэлементы и микроэлементы [12,13,16]. Некорневые подкормки в фазу кущения являются эффективным методом борьбы с дефицитом питания растений как по макроэлементам, так и по микроэлементам [14].

Кремний является одним из элементов, способствующих улучшению водного обмена растений, способствует повышению устойчивости растений к засухе [15,16]. Из литературных источников известно, что кремний поступает в растения в форме монокремниевой кислоты. Накопленная монокремниевая кислота полимеризуется либо в тканях и органах растений, либо же переходит в состояние фитолитов. После того как монокремниевая кислота аккумулировалась в тканях, происходит образование двойного кутикулярного слоя, который и защищает растения

от механических повреждений, а также предотвращает избыточное испарение влаги [15,17,].

Таким образом, основной функцией кремния в растениях является повышение устойчивости к неблагоприятным условиям, выражающееся в утолщении эпидермальных тканей (механическая защита), ускорении роста и усилении корневой системы (физиологическая защита) и увеличении устойчивости к абиотическим стрессам (биохимическая защита) [18].

Роль калийных удобрений в сельском хозяйстве обусловлена способностью к повышению урожайности, а также улучшает качество сельскохозяйственной продукции [18,19]. Одной из немаловажных особенностей калия является участие в физиологической функции открытия и закрытия устьиц. Данная особенность играет важнейшую роль в период критических температур в жаркий период [15].

Для определения отзывчивости яровой тритикале на внесение калийно-кремниевое удобрения использовались сорта Тимур, Орден и УКРО. Экспериментальные делянки были заложены на территории Агробиотехнопарка Казанского ГАУ. Лабораторная деятельность проводилась в Центре агроэкологических исследований.

Обработка калийно-кремниевым удобрением проводилась путем некорневой подкормки, в фазу кущения, с нормой обработки 0,5 л/га.

Анализ биометрических данных растений проводился на протяжении всего вегетационного периода.

Для получения образца с необходимым размером частиц, проводился размол на лабораторной мельнице ЛМЦ 1 М. Данный помол позволяет использовать образец для последующих исследований.

Следующим этапом было определение сухого вещества, при высушивании в сушильном шкафу образца в течение 40 минут при 130 °С. Исследования по определению содержания общего азота и общего белка проводились в соответствии с ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. Метод заключается в озолении образца при 450 °С с последующим титрованием стандарт-титром серной кислоты 0,05 М и пересчетом на сухое вещество (табл.5).

Одним из показателей, определяющих отзывчивость растений на внесение калийно-кремниевое удобрения, является общее состояние растений, а именно его биометрические показатели.

Таблица 1. Биометрические показатели растений в фазе всходов

Вариант	Длина стебля, см	Длина корня, см	Сухая масса, г
Тимур	14,0	5,0	0,880
УКРО	16,0	4,0	0,790
Орден	16,0	5,0	1,020

Таблица 2. Биометрические показатели растений в фазе кущения

Вариант	Количество стеблей, шт.	Количество листьев, шт.	Площадь листа, см ²	Длина стебля, см	Надземная сухая масса, г
Тимур	2,0	9,0	18,0	35,0	1,330
УКРО	1,0	6,0	18,0	34,0	0,980
Орден	1,0	7,0	14,0	33,0	1,192

Таблица 3. Биометрические показатели растений в фазе колошения

Вариант	Количество стеблей, шт.	Количество листьев, шт.	Площадь листа, см ²	Длина стебля, см	Надземная сухая масса, г
Тимур контроль	2,0	8,0	24,0	79,0	3,266
УКРО контроль	1,0	6,0	26,0	93,0	2,782
Орден контроль	2,0	10,0	21,0	90,0	3,333
Тимур 0,5 л/га	2,0	10,0	27,0	85,0	4,375
УКРО 0,5 л/га	2,0	9,0	27,0	93,0	2,630
Орден 0,5 л/га	2,0	8,0	24,0	92,0	2,260

Стоит отметить, что в таблице 3 представлены данные уже после некорневой подкормки, которая проводилась в фазу кущения. Как видно из таблицы 3, в вариантах с обработкой наблюдается прирост вегетативной массы за счет увеличения длины стебля у сортов Тимур и Орден. В то время как по показателю площади листьев наибольший прирост отмечен у сортов УКРО и Тимур.

Значительная разница в показателе сухой массы наблюдается у сорта Тимур, которая в контрольном образце составляет 32,66 г, в варианте с удобрением 43,75 г (табл.3). Это свидетельствует о хорошем развитии вегетативной массы.

В фазу молочной спелости рост вегетативной массы замедляется. Тем не менее, в промежутке между фазой колошения и началом восковой спелости растение продолжает наращивание вегетативной массы, для интенсивности фотосинтеза и накопления питательных веществ. Так, стоит отметить, что наибольший прирост вегетативной массы наблюдается у сорта Орден в варианте с обработкой (табл.4). Длина стебля сорта Орден в варианте с обработкой составляет 114,0 см, в то время как у контроля 96,0 см. Кроме этого, у данного варианта наблюдается значительное увеличение площади листьев – 36,0 см². Также у сортов с обработкой УКРО и Тимур произошли увеличения в

площади листьев (табл. 4). Данный фактор свидетельствует о хорошо развитом листовом аппарате, который отвечает за дыхание и питание растений.

Таблица 4. Биометрические показатели растений в фазе молочной спелости

Вариант	Количество стеблей, шт.	Количество листьев, шт.	Площадь листа, см ²	Длина стебля, см	Надземная сухая масса, г
Тимур контроль	1,0	7,0	32,0	101,0	2,389
УКРО контроль	2,0	6,0	34,0	116,0	1,564
Орден контроль	2,0	8,0	30,0	96,0	1,122
Тимур 0,5 л/га	2,0	8,0	37,0	97,0	2,740
УКРО 0,5 л/га	1,0	8,0	38,0	105,0	1,161
Орден 0,5 л/га	2,0	9,0	36,0	114,0	1,416

Показателем отзывчивости ярового тритикале на внесение калийно-кремниевых удобрений служит содержание общего азота и общего белка в зерне (табл. 5).

Таблица 5. Содержание общего белка в различных сортах ярового тритикале

Наименование сорта	Содержание азота в зерне при фактической влажности, %	Содержание азота в зерне при пересчете на сухое вещество, %	Содержание белка в зерне при фактической влажности, %	Содержание белка в зерне при пересчете на сухое вещество, %
Тимур контроль	2,041	2,233	11,63	12,73
УКРО контроль	2,135	2,405	11,20	12,62
Орден контроль	2,310	2,327	13,17	13,90
Тимур 0,5 л/га	2,052	2,297	11,90	12,94
УКРО 0,5 л/га	2,245	2,520	11,77	13,02
Орден 0,5 л/га	2,345	2,621	13,34	14,65

Как видно из данных (табл.5), количество белка у сорта Тимур увеличилось на 0,2 %, у сорта УКРО 0,4 % и у сорта Орден на 1,0 %. Данные показатели свидетельствуют о влиянии калийно-кремниевых удобрений как одного из факторов повышения продуктивности и качества урожая.

Основными выводами данной работы являются увеличение вегетативной массы растений под влиянием внесения калийно-кремниевых удобрений (табл.3,4). Кроме этого, стоит отметить увеличение количества общего азота и общего белка в пересчете на сухое вещество (табл.5). Также в период фазы восковой спелости было отмечено незначительное полегание яровой тритикале, что также является результатом отзывчивости на присутствие кремния, особенностью которого является утолщение клеточных стенок, что способствует увеличению прочности соломы.

Литература

1. Данилов А.В. тритикале - перспективная продовольственная культура XXI века // Инновационные исследования: проблемы внедрения результатов и направления развития: материалы междунар. научн.-практ. конференции. – Самара, 26 августа 2018. – С.85-89.

2. Муратов А.А. Яровое тритикале - новая сельскохозяйственная культура в органическом земледелии // Аграрный вестник Приморья. – 2019. – № 4 (16). – С. 13-14.

3. Дабахова Е.В., Забегалов Н.В. Изучение кремнийсодержащих препаратов. Агротехнический вестник, 2011, № 2, с. 28-35.

4. Сабирова, Р. М. Влияние погодных условий на урожайность ярового тритикале / Р. М. Сабирова // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 471-475.

5. Яровая тритикале - перспективная культура / О. В. Эсенкулова, К. А. Густенева, А. И. Хамади, Т. А. Бабайцева // Актуальные проблемы эффективного использования агрохимикатов и воспроизводства плодородия почв : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного работника сельского хозяйства Удмуртской Республики, почётного работника высшей школы Российской Федерации, профессора Александра Степановича Башкова, Ижевск, 15–18 ноября 2022 года. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2022. – С. 313-319.

6. Дмитриева, И. Е. Яровая культура тритикале в условиях Среднего Поволжья / И. Е. Дмитриева // Материалы 43-й межвузовской научной

конференции студентов агрономического факультета, Пенза, 25–26 мая 2004 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2004. – С. 75-76.

7. Кшникаткина, А. Н. Эффективность некорневой подкормки микроэлементными удобрениями на урожайность и качество зерна яровой тритикале / А. Н. Кшникаткина, А. Н. Долженко // Нива Поволжья. – 2020. – № 1(54). – С. 29-34. – DOI 10.36461/NP.2020.54.1.005.

8. Александрова, А. Н. Проявление хозяйственно ценных признаков яровой тритикале в зависимости от используемых минеральных удобрений / А. Н. Александрова, Г. А. Мефодьев, М. И. Яковлева // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1(12). – С. 5-9. – DOI 10.17022/w9mb-6x97.

9. Данилов, А. В. Влияние минерального питания на формирование элементов структуры урожая яровой тритикале в условиях Республики Марий Эл / А. В. Данилов // Студенческая наука и XXI век. – 2020. – Т. 17, № 1-1(19). – С. 80-82.

10. Егорова, О. А. Перспектива использования яровой тритикале в кормопроизводстве Республики Татарстан / О. А. Егорова, Р. М. Сабирова // Воспроизводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях: СБОРНИК ТРУДОВ II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА БОРИСА ИВАНОВИЧА ГОРИЗОНТОВА, Казань, 14–15 июня 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 303-310.

11. Федюшкин, А. В. Эффективность применения минеральных удобрений при возделывании яровой тритикале / А. В. Федюшкин // Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции посвященной 100-летию со дня рождения С. И. Леонтьева, Омск, 27 февраля 2019 года / Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2019. – С. 133-137.

12. Новоселов, С. И. Влияние минеральных удобрений на урожайность и химический состав зерна сортов яровой тритикале / С. И. Новоселов, К. Р. Узорова, И. Ю. Новоселова // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2019. – № 21. – С. 6-9.

13. Александрова, А. Н. Влияние минеральных удобрений на проявление хозяйственно ценных признаков у яровой тритикале / А. Н. Александрова, Г. А. Мефодьев // Молодежь и инновации : Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Чебоксары, 14–15 марта 2019 года. – Чебоксары:

Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 3-6.

14.Ковтуненко В.Я., Дудка Л.Ф., Панченко В.В. Изучение сортов яровой тритикале в Краснодарском НИИСХ им. П.П. Лукьяненко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 14. С. 114–118.

15.Крохмаль А.В., Грабовец А.И. Формирование качества зерна тритикале // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2 (52). – С. 46–48.

16.Краснова, Е. А. Площадь листовой поверхности растений яровой тритикале и бобовых культур / Е. А. Краснова // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России : Сборник материалов научной студенческой конференции, Пенза, 12–13 марта 2009 года / ФГОУ ВПО "Пензенская государственная сельскохозяйственная академия". – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – С. 29.

17.Рожков, А. А. Параметры префлоральных междоузлий растений тритикале яровой в зависимости от норм высева и способов посева / А. А. Рожков, В. К. Пузик // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 2. – С. 58-63.

18.Морозов, С. А. Влияние минеральных удобрений на густоту стояния ярового тритикале / С. А. Морозов // Молодежь XXI века: шаг в будущее : Материалы XIX региональной научно-практической конференции. В 3-х томах, Благовещенск, 23 мая 2018 года. Том 2. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2018. – С. 132-134

19.Московкин, В. В. Минеральные удобрения, урожайность и качество сортов ярового тритикале на дерново-подзолистой почве / В. В. Московкин, А. М. Тысленко // Системы интенсификации земледелия как основа инновационной модернизации аграрного производства. – Суздаль : ИПК "ПресСто", 2016. – С. 169-172.

20.Золотарева, Р. И. Влияние нормы высева и минерального питания на показатели структуры урожая яровой тритикале / Р. И. Золотарева, Ю. А. Лапшин, В. А. Максимов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 4-1(106). – С. 113-117. – DOI 10.23670/IRJ.2021.106.4.018.

© Егорова О. А., Егоров Л. М., Сафин Р. И., 2023

Зиганшин Андрей Алексеевич

аспирант

e-mail: ziganshinandrei@mail.ru

Сафин Радик Ильясевич

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

г. Казань, Россия

e-mail: radiksaf2@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА КУКУРУЗЕ

Аннотация. В работе проведен анализ эффективности некорневой подкормки органоминеральным удобрением BATR 40N (4 л/га) в чистом виде и в смеси с BATR Zn (1,0 л/га) на кукурузе гибрида ДКС3006. Обработка проводилась в фазу 6 листьев культуры. Расход рабочей жидкости – 200 л/га. Опыты проводились на полях Агробиотехнопарка КГАУ в 2023 году на серой лесной среднесуглинистой почве, отличающейся высоким плодородием. Агроклиматические условия вегетации отличались периодическими засушливыми явлениями.

Применение некорневой подкормки органоминеральным удобрением BATR 40N привело к увеличению урожая зеленой массы на 10,3% к контролю, а при обработке смесью BATR 40N+ BATR Zn, урожайность выросла на 18,4%. Выход сухой массы кукурузы с 1 га вырос соответственно на 10% и 18,7%. При этом содержание крахмала в сухой массе увеличилось при использовании BATR 40N до 26,2% и до 27,8% при применении BATR 40N+ BATR Zn, против 24,1% в контроле.

Полученные результаты подтверждают необходимость в применении на кукурузе некорневых подкормок органоминеральными удобрениями, причем наиболее эффективным было сочетание BATR 40N+ BATR Zn.

Ключевые слова: удобрения, органоминеральные удобрения, некорневое внесение, кукуруза

Andrey A. Ziganshin

graduate student

ziganshinandrei@mail.ru

Radik I. Safin

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

e-mail: radiksaf2@mail.ru

EFFECTIVENESS OF USING ORGANOMINERAL FERTILIZERS ON CORN

Abstract. The work analyzed the effectiveness of foliar feeding with organomineral fertilizer BATR 40N (4 l/ha) in pure form and mixed with BATR Zn (1.0 l/ha) on hybrid corn DKS3006. The treatment was carried out in the 6-leaf phase of the culture. Working fluid consumption – 200 l/ha. The experiments were carried out in the fields of the Agrobiotechnopark KSAU in 2023 on gray forest medium-loamy soil, characterized by high fertility. The agroclimatic conditions of the growing season were characterized by periodic droughts.

The use of foliar fertilizing with organomineral fertilizer BATR 40N led to an increase in the yield of green mass by 10.3% compared to the control, and when treated with a mixture of BATR 40N+ BATR Zn, the yield increased by 18.4%. The yield of corn dry matter per 1 ha increased by 10% and 18.7%, respectively. At the same time, the starch content in the dry mass increased when using BATR 40N to 26.2% and to 27.8% when using BATR 40N+ BATR Zn, against 24.1% in the control.

The results obtained confirm the need to use foliar fertilizing with organomineral fertilizers on corn, and the most effective was the combination BATR 40N+ BATR Zn.

Keywords: fertilizers, organomineral fertilizers, foliar application, corn

Формирование урожая сельскохозяйственных культур, в том числе и кукурузы невозможно без обеспечения потребностей растений в элементах минерального питания, т.е. без применения удобрений [1,2,3]. При этом наряду с обеспечением потребностей кукурузы в макроэлементах, она хорошо реагирует на использование микроудобрений [4,5,6]. Известно, что кукуруза хорошо отзывается на цинковые удобрения, особенно на почвах бедных данным микроэлементом [7,8,9].

В последние годы, все большее распространение получают органоминеральные удобрения, сочетающие в своем составе как органические вещества, так и элементы минерального питания [10,11,12]. К числу органоминеральных удобрений для некорневого внесения на кукурузе относятся и жидкие их виды, в том числе на основе гуминовых веществ, которые показывают высокую эффективность в различных регионах России и Беларуси [13,14,15].

В Республике Татарстан разработаны и промышленно выпускаются жидкие органоминеральные удобрения серии BATR (Батыр), которые широко применяются на различных культурах и оказывают положительное влияние как на урожайность, так и на качественные характеристики продукции [16,17,18]. В данную серию удобрений, наряду с азотосодержащим составом BATR 40N, входит и BATR Zn, применение

которого показало высокую эффективность при некорневой подкормке на кукурузе [19,20].

Цель исследований – изучение эффективности некорневого внесения органоминеральных удобрений серии BATR (Батыр) на кукурузе.

Условия, материалы и методы исследований.

Условия проведения исследований. Полевые опыты проводились на территории Агробиотехнопарка КГАУ в Лаишевском районе Республики Татарстан.

Объект исследования – гибрид ДКС3006. Относится к группе ФАО 190. Зубовидный тип. Характеризуются повышенной холодостойкостью, засухоустойчивостью, отзывчивостью на факторы интенсификации, а также высокой динамикой влагоотдачи.

Схема опыта: 1. контроль – без подкормки; 2. BATR 40N, 4 л/га; 3. BATR 40N 4 л/га+BATR Zn 1л/га.

Общая площадь делянки – 27 м², учетная – 20 м². Повторность в опыте – трехкратная

Подкормка проводилась в фазу 6 настоящих листьев. Расход рабочей жидкости – 200 л/га.

Посев производился 5 мая. Оценка урожайности силосной массы проводили 5 сентября. Под предпосевную культивацию внесено 70 кг/га в физ. весе диаммофоски + 50 кг/га в физ. весе аммиачной селитры. Проведено 2 гербицидные обработки – 1) до всходов культуры – Симба, КЭ; 2) в фазу 4 настоящего листа – Дублон, СК + Балерина, СЭ.

Агроклиматические условия 2023 года отличались периодически засушливыми явлениями, что отразилось на формировании зеленой массы кукурузы.

Результаты опытов и их обсуждение. Урожайность зеленой массы кукурузы является одним из основных показателей оценки выращивания кукурузы на силос, т.к. от него зависит общий выход сухого вещества (СВ), клетчатки и крахмала.

Данные по урожайности зеленой массы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы кукурузы гибрида ДКС3006, т/га, 2023 г

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка, т/га	Прибавка, %
Стандарт	22,3	-	-
BATR 40N	24,6	2,3	10,3
BATR 40N+BATR Zn	26,4	4,1	18,4
НСР05	0,99		

По результатам оценки урожайности зеленой массы кукурузы, можно сделать вывод о том, что в условиях засухи 2023 года, оба варианта с некорневыми подкормками показали существенную прибавку урожайности.

Наибольшая урожайность зеленой массы достигнута на варианте с совместным внесением органоминерального удобрения с азотом и цинком. Прибавка от данного приема относительно контроля составила 18,4%.

Содержание сухого вещества (СВ) в растении является важнейшим показателем при оценке качества кукурузы при ее выращивании на силос. Оптимальное его содержание в растении кукурузы 30-38%. Более низкое содержание означает недостаточный выход СВ и повышенную влажность корма, а более высокое – пониженную переваримость, сложности в уборке, трамбовке и хранении силоса.

Результаты определения СВ в урожае кукурузы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание и выход сухого вещества кукурузы гибрида ДКС3006, 2023 г

Вариант	Содержание СВ в растении, %	Выход сухого вещества, т/га	Прибавка в выходе СВ, т/га	Прибавка в выходе СВ, %
Стандарт	35,9	8,0	-	-
BATR 40N	35,8	8,8	0,8	10
BATR 40N+BATR Zn	35,8	9,5	1,5	18,7

Оценка содержания и выхода сухого вещества с 1 гектара позволяет сделать вывод о том, что некорневые подкормки не оказывают существенного влияния на изменение содержания СВ в растении, однако, вследствие более высокой урожайности зеленой массы, выход сухого вещества увеличивается при применении вариантов с некорневой подкормкой. Прибавка выхода СВ к контролю составила 10% и 18,7 % соответственно.

Крахмал является главным источником энергии для животных. Он содержится, в основном, в зернах кукурузы. Вследствие чего, при увеличении доли початка (зерен) в общей массе растения, доля крахмала возрастает. Результаты определения приведены в таблице 3.

Результаты оценки показывают, что варианты с подкормками удобрениями BATR оказали положительное влияние на накопление крахмала в растениях кукурузы. Обработка была проведена в фазу 6 настоящих листьев, именно тогда, когда начинается закладка параметров початка. Внесение дополнительного количества питательных элементов

на фоне стрессовых внешних условий позволила получить большую долю початка в общей массе, а соответственно и большее содержание крахмала. Особенно выделялся вариант с использованием смеси BATR 40N+BATR Zn.

Таблица 3 – Оценка содержания крахмала в растениях кукурузы гибрида ДКС3006, %, 2023 г

Вариант	Содержание крахмала в СВ, %	Прибавка, % (абсолютная)	Прибавка, % (относительная)
Стандарт	24,1	-	
BATR 40N	26,2	2,1	8,7
BATR 40N+BATR Zn	27,8	3,7	15,4

Выход крахмала с гектара показывает, какое количество энергии мы получаем с урожаем (табл. 4.).

Таблица 4 – Выход крахмала с урожаем кукурузы гибрида ДКС3006, т/га, 2023 г

Вариант	Выход крахмала, т/га	Прибавка в выходе крахмала, т/га	Прибавка в выходе крахмала, %
Стандарт	1,9	-	-
BATR 40N	2,3	0,4	21,1
BATR 40N+BATR Zn	2,6	0,7	36,8

По результатам проведенной оценки выхода крахмала с 1 гектара, можно сделать вывод о том, что варианты с подкормкой показывают значительное увеличение данного показателя. Так, при использовании подкормки BATR 40N+BATR Zn увеличение выхода крахмала в сравнении с контролем было на 36,3%, что является очень существенной прибавкой.

Выводы

Результаты проведенных исследований в условиях 2023 года, позволяют сделать следующий вывод, что применение некорневых подкормок органоминеральными удобрениями в засушливых условиях позволяет существенно увеличить урожайность зеленой массы, выход сухого вещества с гектара, содержание и выход крахмала с гектара, что увеличивает эффективность выращивания кукурузы на силос.

Наибольшую отдачу от применения в условиях засушливого 2023 года обеспечила подкормка кукурузы гибрида ДКС3006 баковой смесью BATR 40N + BATR Zn.

Литература

1. Невзоров, М. А. Роль различных доз и способов внесения минеральных удобрений на урожайность и качество кукурузы на силос / М. А. Невзоров, А. И. Невзоров // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3, № 4. – С. 299.
2. Стулин, А. Ф. Влияние длительного применения удобрений на урожай и качество зерна кукурузы в условиях Центрального Черноземья / А. Ф. Стулин, В. В. Мартиросян // Кукуруза и сорго. – 2019. – № 1. – С. 3-8. – DOI 10.25715/KS.2019.1.26866.
3. Влияние разных систем удобрения на агроэкономическую эффективность возделывания кукурузы на зерно на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, С. А. Касьянчик [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 2(63). – С. 90-102.
4. Влияние микроудобрений на урожайность и качество кукурузы на дерново-подзолистой высокоокультуренной легкосуглинистой почве / М. В. Рак, Е. Н. Пукалова, Н. С. Иванова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 1(64). – С. 176-182.
5. Симатин, Д. В. Влияние системы внесения микроудобрений на урожайность кукурузы на зерно возделываемой на черноземе южном / Д. В. Симатин // Аграрная наука, творчество, рост : сборник научных трудов по материалам XIII Международной научно-практической конференции, Ставрополь, 08–10 февраля 2023 года. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2023. – С. 217-220.
6. Малышева, Е. В. Результативность микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно в условиях лесостепи Центрального Черноземья / Е. В. Малышева, Н. В. Долгополова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 46-53.
7. Ми, Г. Эффективность применения сульфата цинка под кукурузу в северной части провинции Хэйлунцзян / Г. Ми // Агронаука. – 2023. – Т. 1, № 3. – С. 58-62. – DOI 10.24412/2949-2211-2023-1-3-58-62.
8. Эффективность некорневых подкормок кукурузы цинком при различной обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы этим элементом / М. В. Рак, С. А. Титова, Т. Г. Николаева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 2(61). – С. 120-128.
9. Аристархов, А. Н. Эколого-агрохимическая оценка эффективности применения цинковых удобрений под кукурузу на основных типах почв / А. Н. Аристархов, Т. А. Яковлева // Агрохимия. – 2016. – № 10. – С. 20-37.
10. Влияние органоминеральных удобрений на урожайность родительских форм гибрида кукурузы Краснодарский 291 АМВ / А. Б. Никитенко, В. П. Малаканова, М. В. Марченко, С. А. Кирячек // Рисоводство. – 2021. – № 1(50). – С. 65-69. – DOI 10.33775/1684-2464-2021-50-1-65-69.

11. Эффективность применения органоминеральных удобрений на посевах кукурузы в условиях КБР / Т. С. Виндугов, И. М. Ханиева, З. Г. Хуцинов [и др.] // Перспективные инновационные проекты молодых ученых : Материалы IX Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Нальчик, 10–15 января 2022 года. – Нальчик: Принт Центр, 2022. – С. 163-168.

12. Михайлова, М. Ю. Возделывание кукурузы по зерновой технологии в условиях Республики Татарстан / М. Ю. Михайлова // Циркулярная экономика в сельском хозяйстве: международный опыт для Республики Татарстан : Сборник трудов по материалам круглого стола в рамках итоговой коллегии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, Казань, 24–25 февраля 2022 года. – Казань, Казанский ГАУ: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 168-177.

13. Никитенко, А. Б. Влияние внекорневой подкормки органоминеральными удобрениями на формирование пыльцевой продуктивности отцовских форм гибридов кукурузы разных групп спелости / А. Б. Никитенко // Рисоводство. – 2023. – № 3(60). – С. 44-50. – DOI 10.33775/1684-2464-2023-60-3-44-50.

14. Новичихин, А. М. Влияние гуминового удобрения Микростим-Цинк на урожайность и Качество зерна кукурузы / А. М. Новичихин, Л. А. Пискарева, Е. Г. Бочарникова // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса : Коллективная монография / Под редакцией В.В. Окоркова. – Иваново : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Верхневолжский федеральный аграрный научный центр", 2019. – С. 167-170.

15. Тимощенко, В. Г. Хозяйственная биологическая эффективность применения удобрения на посевах кукурузы / В. Г. Тимощенко, О. Г. Тимощенко // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сборник научных статей по материалам XXV Международной научно-практической конференции, Гродно, 23 марта 2022 года / Ответственный за выпуск: доцент, кандидат сельскохозяйственных наук О. В. Вертинская. – Гродно: Гродненский государственный аграрный университет, 2022. – С. 167-169.

16. Биологическое обоснование применения микроудобрений и органо-минеральных препаратов для внекорневой подкормки пшеницы / Л. Е. Колесников, С. П. Мельников, М. В. Киселев [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 1. – С. 12-15. – DOI 10.31857/S2500-26272019112-15.

17. Коткин, А. Г. Влияние препаратов Батыр на урожайность и качество разных сортов пшеницы / А. Г. Коткин, М. В. Киселев // Вестник Студенческого научного общества. – 2019. – Т. 10, № 1. – С. 30-32.

18. Киселев, М. В. Влияние микроудобрения "Batyr" на продуктивность картофеля в условиях Северо-Запада / М. В. Киселев, И.

И. Ефремов // Вестник Студенческого научного общества. – 2018. – Т. 9, № 1. – С. 47-49.

19. 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.

20. Багринцева, В. Н. Влияние некорневой подкормки микроудобрением Батр Цинк на урожайность кукурузы и кормовые качества зерна / В. Н. Багринцева, И. Н. Ивашененко, Д. Ю. Сотченко // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106, № 3. – С. 213-224. – DOI 10.33284/2658-3135-106-3-213.

© *Зиганшин А.А., Сафин Р.И., 2023*

Ибатуллина Римма Петровна,
Директор ООО «НПИ «Биопрепараты», кандидат
биологических наук, г. Казань
e-mail: biopreparaty@mail.ru

Крошечкина Ирина Юрьевна,
Заместитель директора по инновационным технологиям ООО
«НПИ «Биопрепараты», кандидат технических наук, доцент,
г. Казань
e-mail: krochetckina@mail.ru

Багаутдинова Алина Алексеевна,
Инженер – биотехнолог ООО «НПИ «Биопрепараты»,
г. Казань
e-mail: biopreparaty.bio@mail.ru

Салихзянов Ильшат Рустемович,
Агроном-консультант ООО «НПИ «Биопрепараты», г. Казань
e-mail: biopreparaty.kazan@mail.ru

КЛЮЧЕВАЯ РОЛЬ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВ

Аннотация. В настоящее время почвоутомление является одной из глобальных проблем сельскохозяйственной отрасли. В результате почвоутомления снижается биологическая активность почвы и начинается её микробиологическая деградация. Для решения данной проблемы необходимо активно внедрять все элементы биологизированной системы земледелия в комплексе, в том числе целесообразно широкое использование потенциала микробиологических препаратов. Проведенные исследования доказывают, что применение биопрепаратов производства ООО «НПИ «Биопрепараты» позволяет снизить токсичность и содержание фитопатогенных микроорганизмов в почве и обогатить ее агрономически ценной полезной микрофлорой, а также оказывает мощное положительное влияние на устойчивость растений к болезням, что позволяет значительно снизить потребность в пестицидах и уменьшить потери урожая.

Ключевые слова: биологическая активность, инокуляция, плодородие почвы, почвоутомление, биодеструктор, разложение соломы, почвенная микрофлора, экономический эффект.

Rimma P. Ibatullina,
Director of “Biopreparaty” SII LLC, PhD in Biological Sciences, Kazan
e-mail: biopreparaty@mail.ru
Irina Y. Kroshechkina,
Deputy Director for Innovative Technologies of “Biopreparaty” SII LLC,

*PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Kazan
e-mail: krochetchkina@mail.ru
Alina A. Bagautdinova,
Biotechnology Engineer of “Biopreparaty” SII LLC, Kazan
e-mail: biopreparaty.bio@mail.ru
Ilshat R. Salikhzianov,
Agricultural Consultant of “Biopreparaty” SII LLC, Kazan
e-mail: biopreparaty.kazan@mail.ru*

KEY ROLE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS FOR INCREASING THE BIOLOGICAL POTENTIAL OF SOILS.

Abstract. Currently, soil fatigue is one of the global issues in the agricultural field. Soil fatigue leads to reduced soil biological activity and start of its microbiological degradation. To solve this problem, it is advisable to widely use the potential of microbiological preparations. Studies have proved that the use of biological preparations produced by “Biopreparaty” SII LLC helps reduce the toxicity and the content of plant pathogenic microorganisms in soil and enrich it with agronomically valuable beneficial microflora, and also has a powerful positive effect on plant resistance to disease, which helps significantly reduce the need for pesticides and reduce crop losses.

Keywords: biological activity, inoculation, soil fertility, soil fatigue, degrader, straw decomposition, soil microflora, economic effect

По статистике в настоящее время доля загрязнения компонентов окружающей среды от сельскохозяйственного производства (аграрной отрасли) составляет более 50% [1], и весомую долю в данном показателе составляет загрязнение педосферы, что приводит к ее деградации, и, как следствие, потере почвенного плодородия. Почвоутомление и микробиологическая деградация являются серьезными и актуальными проблемами XXI века, с которыми сталкиваются фермеры и сельскохозяйственные производители. При этом они являются системными для всех видов сельскохозяйственных угодий, и, что немаловажно, имеют крайне негативные последствия для агропромышленного комплекса в целом. Отметим, что почва относится к не возобновляемым ресурсам нашей планеты, то есть ее деградацию и утрату полезных веществ крайне сложно приостановить.

Республика Татарстан является одним из наиболее важных сельскохозяйственных регионов России, которая за последние годы по основным макроэкономическим показателям уверенно входит в число регионов лидеров, так по итогам 2020 года по объему валового регионального продукта республика занимает 6 место среди субъектов РФ, а по сельскому хозяйству 3 место. Объемы производства сельскохозяйственной продукции на территории республики

характеризуются следующими показателями как 4,3% в целом по РФ и 18,9% по Приволжскому федеральному округу в частности. При этом в сельскохозяйственную деятельность задействовано 3,4 млн. га возделываемых земель и 1,0 млн. га кормовых угодий (пастбища и сенокосы), что способствует пропорциональному развитию отраслей сельского хозяйства [2]. Отрасль успешно развивается благодаря комплексному подходу к проблемам, эффективному использованию ресурсов и внедрению инновационных технологий, в том числе опирающихся на внутренний ресурсный потенциал.

Главный принцип успешного земледелия – земля должна быть живой, т.е. быть плодородной, в почве должно быть много агрономически полезных микроорганизмов, они - биологическое составляющее почвы. Однако в Республике Татарстан за последние 40 лет содержание гумуса в пахотном слое снизилось на 0,8 % и баланс основных элементов питания сельскохозяйственных культур в земледелии остается отрицательным [3], что приводит к потере биоразнообразия, причем с четко выраженной динамикой возрастания. Так, за последние 35 лет биоразнообразие почвы сократилось на 25-32% [4]. При этом значимым является тот факт, что деградация почвенного плодородия является актуальной и системной проблемой для всех видов сельхозугодий и может иметь крайне негативные последствия для всего АПК в целом.

Как известно, для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков аграриями регионов широко используется химический метод обработки угодий на всех этапах производства, но внесение только химических препаратов, причем в высоких дозах, усугубляют процессы оскудения почвы, приводят к ее утомляемости, повышению нежелательной патогенной биоты и, как следствие, к отрицательному явлению – токсикозу у растений. Это объясняется тем, что пестициды продуцируют фитотоксические вещества, угнетая полезные группы микроорганизмов и стимулируя размножение болезнетворных видов, токсинообразующих, к которым относятся микромицеты, злостные патогены - фитопатогенные и плесневые грибы. Наиболее сильно токсикоз почв проявляется на стадии прорастания семян до появления всходов на поверхность почвы, то есть в период развития растений в ювенильной фазе. За вышеперечисленных факторов потери урожая оцениваются в 20-25 %.

Итак, в период века прогрессивных технологий необходимо серьезно задуматься о биологической активности и сохранения плодородия почвы, включая ее размягчение и оживление, так как для восполнения и повышения почвенного плодородия в естественных условиях потребуется 120 лет, а при биологизации земледелия 30 лет [5]. Это возможно за счет широкого внедрения биологических, безопасных и экономически выгодных по своей сути методов, которые также стимулируют естественные процессы жизнедеятельности в системе почвообразования

за счет обогащения микробного населения почвы более продуктивными - агрономически полезными видами микроорганизмов, стимулирования активизации естественной почвенной микрофлоры. Необходимо широкое и максимальное применение биопрепаратов во всех стадиях производства (начиная от обработки семян, опрыскивания по вегетации, для санации почвы, и хранения продукции). Известно, что применение биопрепаратов для обработки семян (в зависимости от их зараженности) оказывает сильное влияние на видовой состав и структуру популяции бактериальной микрофлоры почвы [6]. Отметим, что если не принимать меры по биологизации земледелия, то пестицидная нагрузка к 2024 году увеличится в два раза и будет составлять 2 кг/га [4].

Снижение нагрузки на почву химическими препаратами может быть достигнуто путем внедрения интегрированной системы защиты: в зависимости от инфицирования семян использовать «химию» до 50% и «биологию» до 100% совместно в баковой смеси. Рекомендованная система параллельно позволит добиться снижения токсикоза почвы, уменьшения уплотнения токсикантов, и как следствие, ускорения их разложения за счет активизации почвенной микрофлоры [7, 8]. Итак, правильно подобранную интегрированную систему защиты можно рассматривать как переходной этап от полной химизации к получению экологически безопасной продукции, обеспечивающий при этом также и рост урожайности производимой продукции в среднем на 15-25% и экономию денежных средств сельхозпроизводителей на 25-35%. Интегрированная защита является не только продуктивным, но и самым экономически выгодным вариантом [9].

ООО «НПИ «Биопрепараты» – завод по производству биопрепаратов, который не только разрабатывает, производит и внедряет биопрепараты на основе конкретных штаммов микроорганизмов, адаптивных к разным почвенно-климатическим условиям, но и сопровождает низкзатратные агробiotехнологии для сельскохозяйственной отрасли с целью получения стабильных урожаев экологически безопасной продукции.

Целью научно-исследовательской работы компании является изучение потенциала биопрепаратов и апробация элементов агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, способствующих активизации процессов самовосстановления почвы, раскрытию потенциала сортов, производству экологически безопасной продукции с наименьшими затратами. Многолетний опыт работы доказал, что основа успешного земледелия - грамотное управление почвенном плодородием.

Продукция биоцеха - микробиологические препараты различного механизма действия и назначения. Комплексы биопрепаратов и сопутствующие агробiotехнологии без экологического риска широко применяются для оживления биологической активности, восстановления

микробиоты, увеличение биоразнообразия и снятие токсичности почвы с целью эффективной отдачи пашни (рис.1).



Рисунок 1. Комплекс биопрепаратов и сопутствующие агробiotехнологии в рамках БСЗ для получения экологически безопасной продукции.

Прогрессивные методы восстановления плодородия почв по инновационной технологии ООО «НПИ «Биопрепараты»:

- селективная инактивации отдельных групп болезнетворных микроорганизмов с помощью биопрепаратов на основе микробов - антагонистов;

- селективная инокуляция почв, органических удобрений и семян определенными группами микроорганизмов - ответственных за увеличение важнейших элементов – азота, фосфора и т.д;

- использование микроорганизмов участвующих в синтезе гумусовых соединений и подавление микроорганизмов – разрушающих гумус;

- инокуляция пожнивных остатков полезными микроорганизмами, участвующими в разложении пожнивных растительных остатков, контроле растительных патогенов;

- использование интегрированных методов защиты растений – т.е использование биопрепаратов на фоне сниженной производственной дозы пестицидов или минеральных удобрений.

Специалисты биозавода ежегодно проводят опыты по изучению эффективности применения биопрепаратов на производственных посевах различных сельскохозяйственных культур в хозяйствах Республики Татарстан и на опытных площадках. Учитывая особенности структуры и микрофлоры почвы, климатические факторы, сорта сельскохозяйственных культур, для повышения эффективности

биологических препаратов подбираются дополнительно избирательные штаммы (специфичные, активные, вирулентные), а с помощью математического моделирования проверяется степень их засухоустойчивости и морозостойкости.

Так, сравнение эффектов применения биологических препаратов с минимальными рекомендованными дозами минеральных азотных удобрений под зерновые культуры показывает, что инокуляция семенного материала препаратами ассоциативных микроорганизмов обеспечивает на яровой и озимой пшенице, озимой ржи, озимой тритикале и овсе не меньшую прибавку урожайности зерна, чем минеральные удобрения. При этом действие ассоциативных биопрепаратов позволяет заменить внесение в почву 30-45 кг минерального азота, тем самым благотворно воздействовать на свойства почвы, состав популяции почвенных микроорганизмов и экологическое состояние окружающей среды. За счет активизации деятельности ассоциативных азотфиксирующих бактерий, приводит к увеличению содержания в почве минерального азота и поступления его в растения в течение вегетации. Отмечено улучшение поступления калия и фосфора в растения по сравнению с контрольным вариантом.

Доказано положительное последствие биопрепаратов на урожайность последующих культур севооборота. В результате инокуляции семян биопрепаратами, как правило, повышается содержание азота, фосфора и калия в основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур и увеличивается вынос этих элементов с урожаем. Рост содержания азота в основной и побочной продукции происходит не только за счет азота почвы и внесенного азотного минерального удобрения, но и за счет биологического азота, фиксированного ассоциативными микроорганизмами в ризосфере злаковых культур и симбиотическими микроорганизмами на корнях бобовых культур. Применяемые в севообороте биопрепараты, наряду с азотным удобрением, улучшают показатели качества зерна – способствуют увеличению содержания белка и сырой клейковины.

В полевых исследованиях выявлено положительное действие препаратов на всхожесть семян, при этом характер их влияния определяется видом препарата, сортом культуры и погодными условиями в период прорастания. Сортотипная закономерность отзывчивости ячменя получена при улучшении условий азотного питания в результате внесения под ячмень азотного удобрения. Выявлено, что влияние биопрепаратов на концентрацию азота в растениях ячменя в период онтогенеза начинает проявляться с фазы кущения, сохраняется в трубкование и в колошение [7].

Один из таких научно-производственных опытов по изучению эффективности использования биодеструктора «Уникальный Гумус+» для ускорения разложения соломы, его влияние на урожайность и

качественные показатели зерна яровой пшеницы, а также микробиологические показатели почвы в сравнении с обработкой соломы аммиачной селитрой был поведен в 2022-2023 г на инновационной площадке «Агробиотехнопарк» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный аграрный университет».

«Уникальный Гумус+» - биодеструктор, производства ООО «НПИ «Биопрепараты», на основе консорциума нескольких видов микроорганизмов: гриба триходермы *Trichoderma M18 (Trichoderma Asperellum R2)*, актиномицетов, бацил, гуминовых кислот, азотфиксирующих и молочнокислых бактерий.

С осени 2022 г опытные делянки с соломой были обработаны биодеструктором «Уникальный Гумус+» (2,5 л/га), аммиачной селитрой и один вариант был без обработки (контроль). Степень разложения соломы при обработке биодеструктором «Уникальный Гумус +» за 2,5 месяца составила 82 %, при обработке аммиачной селитрой 73 %, а на контрольной делянке (без обработки) соответственно только 37 %.

Таблица 1 – Качественные показатели зерна озимой пшеницы сорта «Надира» в разных опытных делянках с разложением соломы (%)

Качественные показатели зерна озимой пшеницы сорта «Надира» в разных опытных делянках с разложением соломы	Контроль	Уникальный Гумус +	Аммиачная селитра
Содержание сырой клейковины	25,56	27,8	24,28
Содержание сухой клейковины	9	9,48	8,48
Белок	11,68	12,03	11,57
Жир	1,05	1,14	1,12
Зола	1,41	1,42	1,4
Клетчатка	2,3	2,37	2,33
Крахмал	55,46	54,76	55,25

Весной 2023 г эти опытные делянки были засеяна яровой пшеницей сорта «Надира». Урожайность яровой пшеницы сорта «Надира» в контрольном варианте составила 31,35 ц/га, в опыте с биодеструктором - 39,05 ц/га, а в опыте с аммиачной селитрой урожайность составила 36,41 ц/га. Прибавка урожая на делянке с биодеструктором к контролю составила 7,7 ц/га. Прибавка урожая на делянке с аммиачной селитрой к контролю составила 5,1 ц/га, что соответственно ниже на 2,6 ц/га, чем на делянке с биодеструктором.

Окупаемость затрат по уходу за растениями в период вегетации определена по формуле $(X \times Y) : Z = O$, где:

X – цена реализации пшеницы, руб./т;

Y – урожайность, т/га;

Z – затраты по уходу за растениями, руб.

O – окупаемость 1 вложенного рубля, руб.

При средней реализационной цене 10 тыс. руб. за 1 тонну окупаемость затрат на один вложенный рубль на контроле составила 11,4 рубля, на делянке с аммиачной селитрой – 9,4 рубля, а на делянке с биодеструктором – 11,6 рубля.

Основные качественные показатели зерна яровой пшеницы сорта «Надира» при использовании биодеструктора «Уникальный Гумус+» для разложения соломы лучше, чем при использовании аммиачной селитры. Содержания сырой клейковины в зерне при использовании биодеструктора составила 27,8 %, что на 2,24% выше к контролю, и на 3,2% выше в опыте с аммиачной селитрой. Содержания жира 1,14%, это выше на 0,09 % к контролю и на 0,02 % к аммиачной селитре.

Таблица 2 – Экономическая эффективность использования биодеструктора «Уникальный Гумус +» на яровой пшенице по результатам опытов в инновационных площадках, в среднем за 2020-2023 гг.

Наименование показателя	Аммиачная селитра	«Уникальный Гумус+»
Урожайность с 1 га в центнерах	46	50
Цена 1 ц. зерна в руб.	1250	1250
Выручка с 1 га в руб.	57500	62500
Прибыль с 1 га. в руб.	33827	39346

Таблица 3 – Эффективность биодеструктора «Уникальный Гумус +» для оздоровления почвы

Образцы	Патогенные микромицеты			Супрессивные микромицеты		
	Alternaria sp.	Fusarium sp.	Mucor sp.	Aspergillus sp.	Penicillium sp.	Trichoderma sp.
Контроль	7,2	21,4	7,1	28,6	35,7	0
Опыт	0	0	9,1	27,3	54,5	9,1

При использовании биодеструктора «Уникальный Гумус+» для разложения соломы в сопоставлении с аммиачной селитрой в почве исчезли патогенные плесневые грибы, как *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Mucor sp.*, и появились полезные актиномицеты и сапрофит антогонист – гриб *Trichoderma sp.*

Ведущая роль взаимосвязи растений и микробного сообщества в формировании микробиома почвы позволяет использовать потенциал

микробиологических препаратов для производства экологически чистой продукции и при этом сохранять плодородие почв. Проведенные исследования доказывают, что применение биопрепаратов производства ООО «НПИ «Биопрепараты» позволяет снизить токсичность и содержание фитопатогенных микроорганизмов в почве и обогатить ее агрономически ценной полезной микрофлорой, а также оказывает мощное положительное влияние на устойчивость растений к болезням, что позволяет значительно снизить потребность в пестицидах и уменьшить потери урожая. При этом использование биологических средств защиты растений экономически выгоднее.

Важными факторами в принятии производителем решения о применении в агропроизводстве микробиологической продукции являются: во-первых, экономический эффект от повышения урожайности с одновременным сокращением затрат на производство продукции является и во-вторых, улучшение экологической обстановки в регионах интенсивного агропроизводства. Это обеспечивается за счет того, что микробиологические удобрения и биопестициды прежде всего позволяют улучшить минеральное питание, повысить эффективность фотосинтеза и повысить иммунитет растений к экстремальным погодным условиям, обеспечить защиту от грибных и бактериальных болезней, снизить скорость возникновения резистентности к ХСЗР, улучшить фитосанитарное состояние почвы, и в итоге, получить более качественный и высокий урожай [10].

В настоящее время продолжаем работать над дальнейшим совершенствованием биопрепаратов и созданием избирательных микробно - растительных систем биозащиты для каждой культуры.

Литература

1. Почва – главный ресурс экологического равновесия и продовольственной безопасности страны. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://dzen.ru/a/ZH2OqYvIE1P3zjbN> Свободный. Проверено 27.11.2023.

2. Приоритеты развития агропромышленного комплекса и задачи аграрной науки и образования / А.Р. Валиев, Р.М. Низамов, Р.И. Сафин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т.17, №1(65). – С. 97-107. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-97-107. – EDN BFQMKV.

3. Система земледелия Республики Татарстан: Инновации на базе традиций. Часть 1. Общие аспекты системы земледелия. Казань: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, 2013. 166 с.

4. Ибатуллина Р.П., Крошечкина И.Ю. [и др.] Опыт успешного внедрения элементов биологизированной системы земледелия для повышения плодородия почвы и наращивания производства на примере

хозяйств Республики Татарстан – Казань: АО «Издательский дом «Казанская недвижимость», 2022. – 164 с.

5. Опыт Республики Татарстан: потенциал биопрепаратов в прямом посеве [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://agriecomission.com/base/opyt-respubliki-tatarstan-potencial-biopreparatov-v-pryatom-poseve>

6. Абрамова А. А. Оценка изменений в почвенном микробиоме при использовании биопрепаратов / А. А. Абрамова, Р.И. Сафин // Воспроизводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях: Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, Казань, 17 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 75-79. – EDN EYJQBW.

7. Ибатуллина Р.П., Алимова Ф.К [и др.] Перспектива будущего: низкзатратные биотехнологии. Рекомендации по применению биологических препаратов ООО «НПИ «Биопрепараты» в растениеводстве, кормопроизводстве и животноводстве – Казань: Центр инновационных технологий, 2019. – 162 с.

8. Сафин Р.И. Современное состояние и перспективы развития углеродного земледелия в Республике Татарстан / Р.И. Сафин, А.Р. Валиев, В.А. Колесар // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16. – № 3 (63). – С. 7-13.

9. Сафиоллин Ф.Н., Хисматуллин М.М., Миннуллин Г.С., Сулейманов С.Р., Колесар В.А., Хисматуллин М.М. Экономические показатели биологической системы защиты подсолнечника от корзиночных гнилей в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 18. – № 1 (69). – С. 147-154.

10. Шарипова, Г.Ф. Эффективность применения удобрений с микроэлементами на различных сортах сои / Г. Ф. Шарипова, В. А. Колесар, Р. И. Сафин // Плодородие. – 2020. – № 3(114). – С. 9-12.

© Ибатуллина Р.П., Крошечкина И.Ю., Багаутдинова А.А., Салихзянов И.Р., 2023

УДК 631.895

Малышкина Полина Андреевна
Магистр 2 года обучения, группа М121-01
Направление: Биотехнология в защите растений»

polinadmitrieva99@gmail.com

Сафин Радик Ильясович

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий
кафедрой общего земледелия, защиты растений и селекции

radiksaf2@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЭНДОФИТНЫМИ БАКТЕРИЯМИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. на сегодняшний день исследование бактерий эндофитных микроорганизмов как возможных перспективных биоагентов является очень актуальным направлением. Среди групп эндофитных микроорганизмов одним из самых малоизученных и интересных являются эндофиты из семян и корней растений. В опыте в качестве объекта исследования выступали семена шести сортов ячменя ярового и пшеницы яровой. (Тевкеч, Ергень, Раушан, Тулайковская надежда, Йолдыз, Памяти Коновалова). Целью исследования было изучение влияние обработки семян данными штаммами на качественные показатели урожая сельскохозяйственных культур. В целом, было выделено 9 изолятов, которые различались по морфологическим признакам колоний на питательных средах. При этом у некоторых изолятов наблюдали активность в отношении подавления развития фитопатогенного гриба *Fusarium sp.* и *Alternaria sp.*, корневых гнилей и снижение общего процента плесневения семян. Также установлено положительное влияние совместного применения эндофитных бактерий и минеральных удобрений на качественные показатели урожая сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: биопрепараты, штаммы, ячмень, пшеница, горох, эндофитные микроорганизмы, бактерии

Polina A. Malyshkina

Master 2 years of study, M121-01

Direction: «Biotechnology in plant protection»

polinadmitrieva99@gmail.com

Radik I. Safin

Professor, Doctor of Agriculture Sciences, head of the department of
general agriculture, plant protection and breeding

radiksaf2@mail.ru

THE INFLUENCE OF SEED TREATMENT WITH ENDOPHYTIC BACTERIA ON THE QUALITY INDICATORS OF AGRICULTURAL CROPS

Abstract. today, the study of endophytic microorganisms as possible promising bioagents is a very relevant area. Among the groups of endophytic microorganisms, one of the most poorly studied and interesting are endophytes from plant seeds and roots. In the experiment, the objects of study were seeds of six varieties of spring barley and spring wheat. (Tevkech, Ergen, Raushan, Tulaikovskaya Nadezhda, Yoldyz, In Memory of Konovalov). The purpose of the study was to study the effect of seed treatment with these strains on the quality indicators of crop yields. In total, 9 isolates were isolated, which differed in the morphological characteristics of colonies on nutrient media. At the same time, some isolates showed activity in suppressing the development of the phytopathogenic fungus *Fusarium sp.* and *Alternaria sp.*, root rot and a decrease in the overall percentage of seed molding. The positive effect of the combined use of endophytic bacteria and mineral fertilizers on the quality indicators of crop yields has also been established.

Keywords: biological products, strains, barley, wheat, peas, endophytic microorganisms, bacteria

Введение: на сегодняшний день исследование бактерий эндофитных микроорганизмов [1] как возможных перспективных биоагентов [2,3] является очень актуальным направлением. Среди групп эндофитных микроорганизмов одним из самых малоизученных и интересных являются эндофиты из семян и корней растений [4,5]. В данной статье рассматривается влияние обработки растений эндофитными бактериями [6,7] на качество продукции. Качество дает количественную оценку свойств продукта [8,9,10]. Понятия «качество» и «свойства» продукта очень тесно связаны между собой. Например, различные партии пшеницы [11,12,13] могут отличаться количественным составом белка, клейковины. Партии кукурузы – крахмала, подсолнечника – масличности. Различная степень полезности однородных потребительских свойств образует и разный уровень их качества [14,15,16] Повышение качества продукции является очень важным критерием при возделывании культур. Данные свойства формируются под действием различных внешних факторов [17], начиная от питания растений и заканчивая выбором места возделывания культуры [18,19]. В дальнейшем продукция будет классифицироваться на товарные группы в зависимости от своих свойств и качества [20].

Условия, материалы и методы:

В качестве объекта исследования были выбраны новые полученные штаммы эндофитных бактерий из семян и частей сельскохозяйственных растений.

Таблица 1 – Штаммы эндофитных бактерий

№	Название штамма	Вид бактерий	Референсный штамм в GenBank	Accession number	% сходства
1	П.2.1.(р)	<i>Bacillus licheniformis</i>	LZBL-3	JX847111.1	94
2	П.К.3.2.	<i>Priestia aryabhatai</i>	RW109	MH010160.1	99
3	М.2.5	<i>Micrococcus endophyticus</i>	190306Y24141	VN225701.1	91

Растения опрыскивались в фазу колошения специальным составом с опытными штаммами. Состав получается путем смешивания сухого растворимого минерального удобрения (solar) и особой формой биопрепарата в соотношении 1% сухого биопрепарата и 99% минерального удобрения по массе. При этом особая форма биопрепарата получается путем напыления жидкой культуры микроорганизма (биоагента) в смеси со свекловичной мелассой на измельченный диатомит, исходя из следующего соотношения – на 5 г. диатомита добавляется 1мл. мелассы и 5 мл. биопрепарата, с последующим высушиванием полученной смеси в темноте при температуре +20...+27 С° до полного высыхания.

Анализ содержания хлорофилла в листьях проводился по методике, Lichrenthaler Н. К. (1987). Результаты содержания хлорофилла в листьях ботвы картофеля сорта «Ред Скарлет» представлены в таблице 2.

Анализ определения пленчатости семян ячменя ярового сорта «Раушан» заключается в отделении пленок и вычислении их процентного содержания по отношению к массе необрушенного зерна. Метод установлен ГОСТом 10843–76. Результаты представлены в таблице 3.

Анализ определения массы 1000 зерен или массы 1000 семян заключается в определении массы 1000 зерен или массы 1000 семян. Данный метод установлен ГОСТом 10842–89. Результаты представлены в таблице 4.

Анализ определения влажности заключается в обезвоживании муки и отрубей в воздушно-тепловом шкафу при фиксированных параметрах температуры и продолжительности. Данный метод установлен ГОСТом 13586.5–2015. Результаты представлены в таблице 5.

Анализ определения белка зерна ячменя сорта «Раушан» заключается в минерализации органического вещества серной кислотой в присутствии катализатора с образованием сульфата аммония, разрушении сульфата аммония щелочью с выделением аммиака, отгонке аммиака водяным паром в раствор серной или борной кислоты с

последующим титрованием. Метод установлен ГОСТом 10846–91. Результаты представлены в таблице 6.

Анализ определения содержания нитратов в картофеле производилось с помощью нитрометра СоЭкс SOEKS. Результаты представлены в таблице 7.

Анализ определения содержания крахмала в клубнях картофеля заключается в определении крахмала в чистых, отмытых от земли клубнях картофеля с помощью весовых устройств типа весов Парова путем взвешивания пробы в воздухе и воде. Определение проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора. Результаты представлены в таблице 8.

Таблица 2 – Содержание хлорофилла в листьях ботвы картофеля сорта «Ред Скарлет», 2023г.

Вариант	Концентрация хл. а в мг на 1 сырого веса	Концентрация хл. b в мг на 1 сырого веса	Концентрация car. в мг на 1 сырого веса
Контроль	0,507±0,034	0,280±0,015	0,094±0,007
Solar	0,201± 0,016	0,143±0,012	0,040±0,003
<i>Micrococcus endophyticus</i> + SOLAR	0,328± 0,000	0,199±0,009	0,053±0,002
<i>Priestia aryabhatai</i> + SOLAR	0,493± 0,026	0,259±0,011	0,095±0,006
<i>Bacillus licheniformis</i> + SOLAR	0,163± 0,004	0,120±0,003	0,024± 0,000

По результатам опрыскивания картофеля сорта «Ред Скарлет» на варианте опрыскивания *Priestia aryabhatai*+ SOLAR наблюдалось увеличение числа каротиноидов.

Таблица 3 – Пленчатость зерна ячменя ярового «Раушан», 2023 г.

Образец	Пленчатость, %
Контроль	11.4
Solar	10.95
<i>Micrococcus endophyticus</i> + SOLAR	11,15
<i>Priestia aryabhatai</i> + SOLAR	11,4
<i>Bacillus licheniformis</i> + SOLAR	13,95

Влияние штамма *Bacillus licheniformis* + SOLAR оказало влияние на увеличение пленчатости зерна. Наименьшей показатель был достигнут при опрыскивании вариантом Solar.

Таблица 4 – Масса 1000 семян ячменя «Раушан», 2023 г.

Образец	МТС, г
Контроль	40,02
Solar	39,44
<i>Micrococcus endophyticus</i> + SOLAR	35,32
<i>Priestia aryabhatai</i> + SOLAR	39,08
<i>Bacillus licheniformis</i> + SOLAR	39,76

Наибольшая масса тысячи семян после контроля была на варианте *Bacillus licheniformis* + SOLAR и составила 39,76, что не очень сильно отличается от контрольного варианта.

Таблица 5 – Влажность зерна ячменя «Раушан», 2023 г.

Образец	Влажность, %
Контроль	11,5
Solar	10,9
<i>Micrococcus endophyticus</i> + SOLAR	10,8
<i>Priestia aryabhatai</i> + SOLAR	11,2
<i>Bacillus licheniformis</i> + SOLAR	10,6

При исследовании влажности зерна ячменя все испытываемые варианты оказались в нужных значениях, не превышая допустимые 14,5%.

Таблица 6 – Белок зерна ячменя «Раушан», 2023 г.

Образец	Содержание белка при фактической влажности, %	Содержание белка в пересчете на сухое вещество, %	Сбор белка с 1 га, т/га
Контроль	10,73	11,90	1,93
Solar	8,12	9,40	1,48
<i>Micrococcus endophyticus</i> + SOLAR	10,18	11,37	1,47
<i>Priestia aryabhatai</i> + SOLAR	9,00	10,10	1,48
<i>Bacillus licheniformis</i> + SOLAR	10,60	11,96	1,67

Наибольшее содержание белка было в зерне ячменя при опрыскивании *Bacillus licheniformis* + SOLAR, при этом за счет более низкой урожайности данный вариант опрыскивания уступает в количестве сбора белка с одного гектара.

Таблица 7 – Содержание нитратов в картофеле «Ред Скарлет», 2023 г

Образец	Содержание нитратов, мг/кг	ПДК, мг/кг
Контроль	205	250
Solar	225	250
<i>Micrococcus endophyticus</i> + SOLAR	243	250
<i>Priestia aryabhattai</i> + SOLAR	223	250
<i>Bacillus licheniformis</i> + SOLAR	233	250

При всех вариантах опрыскивания растений содержание нитратов было в пределах допустимых значений.

Таблица 8 – Содержание крахмала в клубнях картофеля «Ред Скарлет», 2023 г.

Образец	Крахмалистость, %
Контроль	17,08
Solar	18,75
<i>Micrococcus endophyticus</i> + SOLAR	14,03
<i>Priestia aryabhattai</i> + SOLAR	19,66
<i>Bacillus licheniformis</i> + SOLAR	18,37

Наилучшее значение по содержанию крахмала наблюдалось у варианта *Priestia aryabhattai* + SOLAR.

Выводы: в результате исследований было получено, что при опрыскивании картофеля сорта «Ред Скарлет» на варианте опрыскивания *Priestia aryabhattai*+ SOLAR наблюдалось увеличение числа каротиноидов, влияние штамма *Bacillus licheniformis* + SOLAR оказало влияние на увеличение пленчатости зерна. Наименьшей показатель был достигнут при опрыскивании вариантом Solar. Наибольшая масса тысячи семян после контроля была на варианте *Bacillus licheniformis* + SOLAR и

составила 39,76, что не очень сильно отличается от контрольного варианта. При исследовании влажности зерна ячменя все испытываемые варианты оказались в нужных значениях, не превышая допустимые 14,5%, а наибольшее содержание белка было в зерне ячменя при опрыскивании *Bacillus licheniformis* + SOLAR, при этом за счет более низкой урожайности данный вариант опрыскивания уступает в количестве сбора белка с одного гектара. Также при опрыскивании картофеля содержание крахмала было наивысшим у варианта *Priestia aryabhatai* + SOLAR.

Литература

1. Патент № 2664863 С2 Российская Федерация, МПК А01N 63/00, А01N 63/02, С12N 1/20. Микроорганизмы - стимуляторы роста растений и их использование : № 2014128552 : заявл. 13.12.2012 : опубл. 23.08.2018 / Д. Т. Буллис, К. Д. Грэндлик, Р. Макканн, Я. С. Керовуо ; заявитель МОНСАНТО ТЕКНОЛОДЖИ ЛЛС. – EDN VSDZFM.

2. Hardoim P.R. van Overbeek S., Berg G. et al. The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes //MMBR. 2015. Vol. 79. P.293-320.

3. Santoyo G., Moreno-Hagelsieb G., del Carmen Orozco-Mosqueda M., Glick B.R. Plant growth-promoting bacterial endophytes. //Microbiol. Res. 2016. Vol.183. P. 92–99.

4. Afzal I., Shinwari Z. K., Sikandar S., Shahzad S.Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants// Microbiological Research. 2019. Vol.221. P. 36–49

5. Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants I. Afzal, Z. K. Shinwari, S. Sikandar, et al // Microbiological Research. 2019. Vol.221. P. 36–49.

6. Газданова, К. М. Влияние способа выращивания на урожай и качественные показатели картофеля / К. М. Газданова, А. У. Газданов, М. Г. Бурнацев // Тезисы докладов 4-ой научной студенческой конференции, Владикавказ, 01 января – 31 2001 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2001. – С. 8-9. – EDN UCDLTC.

7. Вильчинская, М. В. Урожай картофеля в условиях Иркутской области и его качественные и количественные показатели / М. В. Вильчинская, Н. И. Большешапова, С. П. Бурлов // Внедрение инновационных технологий создания конкурентоспособной продукции импортозамещения в сельское хозяйство региона : материалы региональной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых, посвященной Дню российской науки, Дню аспиранта и 100-летию со дня рождения А.А.Ежевского, Иркутск, 12 февраля 2015 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2015. – С. 75-81. – EDN STZLVM.

8. Endophytic 895 bacteria: perspectives and applications in agricultural crop production. *Bacteria in Agrobiolology* / M. Senthilkumar, R. Anandham, M. Madhaiyan, et al. // *Crop 896 Ecosystems*. Springer, 2011. P. 61–96.

9. Rosenblueth M. Bacterial endophytes and their interactions with hosts // *Mol. Plant Microbe Interact.* 2006. Vol. 19. P. 827–837.

10. Каримова, Л. З. Биологическая защита растений от стрессов / Л. З. Каримова, В. А. Колесар. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 100 с. — ISBN 978-5-8114-9830-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/199505> (дата обращения: 23.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

11. Ступин, А. С. Роль ресурсосберегающих агроприемов в обеспечении стабильности урожая и качественных показателей зерна озимой и яровой пшеницы / А. С. Ступин, В. И. Перегудов // Тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции "Ресурсоэнергосберегающие приемы и технологии возделывания сельскохозяйственных культур", Рязань, 01 января – 31 1998 года. — Рязань, 1998. — С. 120-122. — EDN KNRRNC.

12. Ступин, А. С. Роль ресурсосберегающих агроприемов в обеспечении стабильности урожая и качественных показателей зерна озимой и яровой пшеницы / А. С. Ступин, В. И. Перегудов // Юбилейный сборник научных трудов студентов, аспирантов и преподавателей агроэкологического факультета РГАТУ имени П.А. Костычева, посвященный 75-летию со дня рождения профессора В.И. Перегудова : Материалы научно-практической конференции, Рязань, 05 апреля 2013 года. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2013. — С. 45-46. — EDN RXKXXD.

13. Лобков, В. Т. Эффективность влияния биогенных препаратов на структуру урожая, урожайность и качественные показатели яровой пшеницы в условиях применения минимальной обработки почвы / В. Т. Лобков, С. Ю. Сорокина, Н. Ю. Сушенкова // *Вестник аграрной науки*. — 2020. — № 4(85). — С. 16-22. — DOI 10.17238/issn2587-666X.2020.4.16. — EDN JJACJZ.

14. Митрохина, О. А. Эффективность различных удобрений при обработке семян озимой пшеницы / О. А. Митрохина // *Агротехнологические процессы в рамках импортозамещения : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы РФ, доктора с.-х. наук, профессора Ю.Г. Скрипникова, Мичуринск, 25–27 октября 2016 года*. — Мичуринск: Общество с ограниченной ответственностью "БИС", 2016. — С. 51-52. — EDN YACJJV.

15. Патент № 2624284 С Российская Федерация, МПК А01N 25/02, А01Р 21/00. Способ оценки биологической активности состава и концентрации препаратов, рекомендуемых для повышения посевных

качеств семян зерновых культур : № 2015150271 : заявл. 25.11.2015 : опубл. 03.07.2017 / Г. Н. Федотов, М. Ф. Федотова, С. А. Шоба [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана). – EDN AFWWZD.

16. Урожайность сортов озимой пшеницы в зависимости от приемов подготовки почвы и применения удобрений / Н. Н. Нецадим, А. В. Коваль, С. П. Капралов, С. А. Шевель // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 32(195). – С. 90-103. – EDN LIKTYV.

17. Штерншис, М. В. Биологическая защита растений : учебник для вузов / М. В. Штерншис, И. В. Андреева, О. Г. Томилова. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-9501-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/195535> (дата обращения: 23.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

18. Диабанкана, Р. Ж. К. Оценка влияния применения биопрепаратов в период вегетации на микробиом семян яровой пшеницы / Р. Ж. К. Диабанкана, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2023. – № 1(5). – С. 22-26. – DOI 10.12737/2782-490X-2023-22-26. – EDN OAPBUW.

19. Эндوفитные бактерии как агенты для биопестицидов нового поколения (обзор) / И. В. Максимов, Т. И. Максимова, Е. Р. Сарварова, Д. К. Благова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2018. – Т. 54, № 2. – С. 134-148. – DOI 10.7868/S0555109918020034. – EDN YTPPOJ.

20. Москвитина, Д. Г. Качество семян как фактор системы интегрированной защиты зерновых культур от болезней / Д. Г. Москвитина // Молодежь, наука, творчество - 2019 : Сборник научных статей по материалам научно-практической конференции, Ставрополь, 12–15 марта 2019 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2019. – С. 130-132. – EDN ZBQPKP.

© Малышкина П. А., Сафин Р. И., 2023

Сафина Диана Радиковна

Аспирант

safdia@mail.ru

Колесар Валерия Александровна

Кандидат биологических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

klerochka@gmail.com

ОЦЕНКА РОЛИ СОРТА В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЯ И ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ СОИ В ПРЕДКАМЬЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Аннотация. Проведен анализ реакции различных генотипов (сортов) сои на засушливые условия вегетации 2023 года. В качестве параметров использовались биометрические показатели и урожайность сортов. Объектом исследований выступали шесть сортов сои отечественной и зарубежной селекции – Миляуша, Султана, Василиса, ЕЦ Флора, Аэлита, Волжанка. Исследования проводились в полевых условиях на опытных полях Агробиотехнопарка Казанского ГАУ. Почва опытных участков – серая лесная среднесуглинистая, отличающаяся высокими уровнем плодородия. Сорта выращивались без полива.

В условиях засухи, в фазу бутонизации-цветения, наибольшая высота растений была у сортов Волжанка и Султана, а по максимальной длине корней выделялся сорт ЕЦ Флора. По количеству бутонов и листьев на одно растение преимущество имели Василиса и Аэлита.

Наименее устойчивыми к поражению корневыми гнилями оказались сорта Миляуша и Василиса.

Максимальная высота прикрепления бобов (25,6 см) была у сорта Султана, при этом у данного сорта были и наиболее крупные семена.

По урожайности сорта разделились на три группы: наиболее урожайные – Султана (2,26 т/га); среднеурожайные (урожайность – 1,20-1,26 т/га) – Василиса, ЕЦ Флора и Аэлита; сорта с минимальной урожайностью (0,64-0,67 т/га) – Миляуша, Волжанка.

Проведенные исследования подтвердили сортовые особенности в реакции сортов сои на засушливые явления.

Ключевые слова: сорта, биометрические показатели, продуктивность, соя.

Diana R. Safina

Graduate student

safdia@mail.ru

Valeria A. Kolesar

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

ASSESSMENT OF THE ROLE OF THE VARIETY IN THE FORMATION OF YIELD AND PROTECTION OF SOYBEAN PLANTS IN THE PREDKAMIE REPUBLIC OF TATARSTAN

Abstract. An analysis of the response of various soybean genotypes (varieties) to dry conditions of the 2023 growing season was carried out. Biometric indicators and yield of varieties were used as parameters. The object of research was six soybean varieties of domestic and foreign selection - Milyausha, Sultana, Vasilisa, EC Flora, Aelita, Volzhanka. The studies were carried out in field conditions on the experimental fields of the Agrobiotechnopark of the Kazan State Agrarian University. The soil of the experimental plots is gray forest medium loamy, characterized by high levels of fertility. The varieties were grown without irrigation.

Under drought conditions, during the budding-flowering phase, the Volzhanka and Sultana varieties had the greatest plant height, and the EC Flora variety stood out for the maximum root length. In terms of the number of buds and leaves per plant, Vasilisa and Aelita had an advantage.

The varieties Milyausha and Vasilisa were the least resistant to root rot.

The maximum height of bean attachment (25.6 cm) was found in the Sultana variety, while this variety also had the largest seeds.

According to the grain yield, the varieties were divided into three groups: the most productive - Sultana (2.26 t/ha); medium-yielding (yield - 1.20-1.26 t/ha) - Vasilisa, EC Flora and Aelita; varieties with minimal yield (0.64-0.67 t/ha) - Milyausha, Volzhanka.

The conducted studies confirmed varietal characteristics in the response of soybean varieties to drought conditions.

Keywords: varieties, biometric indicators, productivity, soybean

Отмечаемые глобальные климатические изменения оказывают сильное влияние на современное сельское хозяйство, в частности ведут к росту частоты проявления засух, что оказывает отрицательное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур [1,2,3]. Именно поэтому, разработка приемов повышения засухоустойчивости сельскохозяйственных культур, в том числе и для Республики Татарстан имеет важное практическое значение [4,5,6]. Особое место в повышении устойчивости растений к дефициту влаги играет селекция [7,8,9].

Соя – одна из наиболее востребованных на мировом продовольственном рынке бобовых сельскохозяйственных культур, что ведет к увеличению ее производства в нашей стране [10,11,12]. Одной из биологических особенностей сои является ее относительно высокая потребность в воде на различных фазах развития, особенно при

прорастании [13,14]. Именно поэтому соя хорошо реагирует на орошение [15,16]. Однако не во всех случаях имеется возможность в организации полива культуры, поэтому одним из наиболее доступных приемов по решению данной задачи становится селекция сои на засухоустойчивость [17,18,19]. Для Республики Татарстан соя является перспективной культурой [20], однако одним из препятствий для ее распространения стало отсутствие адаптированных для региона сортов, в том числе с высокой засухоустойчивостью.

Цель исследований – изучение сортов сои в засушливых условиях вегетации 2023 года для отбора засухоустойчивого исходного материала.

Условия, материалы и методы исследований. Исследования проводились на различных сортах сои отечественной и зарубежной селекции – Миляуша – стандарт (РФ), Султана (Франции), Василиса, ЕЦ Флора, Аэлита, Волжанка (РФ). Полевые опыты проводились на базе Агробиотехнопарка Казанского ГАУ в 2023 году, отличающегося острозасушливыми явлениями. Почва – серая лесная среднесуглинистая, высококультуренная. Под предпосевную культивацию сои вносилась азофоска (200 кг/га).

Агротехнология возделывания сои – согласно рекомендациям для Республики Татарстан. Сорта выращивались без полива (на богаре).

Результаты опытов и их обсуждение. Одной из критических фаз развития сои является фаза бутонизации-начало цветения, имеет поэтому в данную фазу проводились биометрические исследования растений (табл. 1).

Таблица 1 – Биометрические показатели растений сои у растений различных сортов сои, 2023 г

Сорт	Длина надземной части, мм	Длина подземной части, мм	Число бутонов, шт./раст.	Число листьев, шт./раст.
Миляуша	291,0	125,3	8,3	22,0
Султана	320,0	170,0	12,0	15,0
Василиса	257,0	168,3	11,3	34,0
ЕЦ Флора	253,3	243,3	5,0	17,3
Аэлита	300,0	125,0	11,3	25,3
Волжанка	323,3	206,6	6,3	21,6

Результаты оценки показали, что между сортами сои имеются отличия по биометрическими показателями. Так по высоте растений выделялись сорта Волжанка и Султана; по длине корней – ЕЦ Флора. Наибольшее количество бутонов на одном растении было у сортов Султана, Василиса и Аэлита. Сорт Василиса имел максимальное количество листьев на одно растение среди всех изучаемых сортов.

Одним из наиболее вредоносных микозов сои в Республике Татарстан является корневая гниль. Оценка распространенности данного заболевания показала, что на четырех сортах сои поражения растений обнаружено не было, тогда как у сортов Миляуша и Василиса наблюдалось развитие корневой гнили.

В условиях засухи 2023 году отмечались резкие различия между сортами по урожайности (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность различных сортов сои, т/га, 2023 г

Сорт	Урожайность, т/га	Отклонения от стандарта, т/га	Отклонение от стандарта, %
Миляуша (стандарт)	0,67	1,59	237,3
Султана	2,26	0,57	85,1
Василиса	1,24	0,53	79,1
ЕЦ Флора	1,20	0,59	88,1
Аэлита	1,26	-0,03	-4,5
Волжанка	0,64	1,59	237,3
НСР ₀₅	0,07		

По урожайности сорта сои разделились на три группы: наиболее урожайные – Султана (2,26 т/га); среднеурожайные (урожайность – 1,20-1,26 т/га) – Василиса, ЕЦ Флора и Аэлита; сорта с минимальной урожайностью (0,64-0,67 т/га) – Миляуша, Волжанка.

Для оценки вклада различных элементов структуры урожая в формирования показателя урожайности проводился сноповый анализ (табл. 3).

Таблица 3 – Структура урожая и высота прикрепления бобов у различных сортов сои, 2023 г

Сорт	Количество бобов, шт./раст.	Количество семян в бобе, шт.	МТС, г	Высота прикрепления нижнего боба, см
Миляуша	6,5	1,1	110,06	24,6
Султана	10,0	2,0	136,6	25,6
Василиса	19,3	2,0	118,0	20,4
ЕЦ Флора	16,0	1,8	125,0	20,2
Аэлита	13,1	1,7	103,3	13,8
Волжанка	6,2	2,0	121,2	23,3

Результаты оценки показали, что рост урожайности у сорта Султана был обеспечен за счет большей величины массы 1000 семян. У сортов

Василиса, ЕЦ Флора и Аэлита было значительно выше параметры количество бобов на одном растении, чем у стандарта.

Высота прикрепления нижних бобов имеет важное значение для уборки сои. Из изучаемых сортов, наибольшие значения были у сорта Султана.

Выводы. Между сортами сои имеются различия по реакции на засушливые условия вегетации 2023 года. Наиболее устойчивым к засухе оказался сорт Султана.

Литература

1. Положихина, М. А. Продовольственная безопасность России в условиях изменения климата / М. А. Положихина // Экономические и социальные проблемы России. – 2021. – № 1(45). – С. 45-65. – DOI 10.31249/espr/2021.01.03.

2. Ерофеева, К. Ю. Влияние климатических изменений на сельское хозяйство России / К. Ю. Ерофеева, Т. А. Заикина // Возможности применения результатов эмпирических исследований для изучения актуальных проблем современности: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Орел, 23 мая 2023 года / Отв. редактор А.А. Алексеёнок. – Орел: Среднерусский институт управления - филиал РАНХиГС, 2023. – С. 241-246.

3. О влиянии климатических условий на региональные аспекты адаптации системы использования почв / М. Р. А. Казиев, С. Н. Имашева, С. А. Теймуров, З. А. Баламирзоева // Аридные экосистемы. – 2023. – Т. 29, № 2(95). – С. 45-52. – DOI 10.24412/1993-3916-2023-2-45-52.

4. Воробейков, Г. А. Повышение засухоустойчивости растений в критический период онтогенеза с применением агрохимических и биологических приемов / Г. А. Воробейков, С. В. Кондрат, Р. Р. Муратова // Материалы Международной научной конференции "Бисосфера и человек": Материалы Международной научной конференции, Майкоп, 24–25 октября 2019 года. – Майкоп: ООО "Электронные издательские технологии", 2019. – С. 189-191.

5. Impact of methods of soil cultivation and timing of fertilization on increasing the drought resistance of winter wheat in natural conditions / S. B. Galstyan, A. A. Arakelyan, S. L. Atalyan, H. V. Minasyan // Известия высоких технологий. – 2022. – No. 2(21). – P. 47-55. – DOI 10.56243/18294898-2022.2-47.

6. Лепехов, С. Б. Показатель снижения температуры растительного полога в селекции пшеницы на засухоустойчивость и жаростойкость / С. Б. Лепехов // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2022. – Т. 26, № 2. – С. 196-201. – DOI 10.18699/VJGB-22-24.

7. Тимошенкова, Т. А. Водный режим листового аппарата *Triticum durum* как показатель при селекции на засухоустойчивость / Т. А. Тимошенкова // Известия Оренбургского государственного аграрного

университета. – 2023. – № 5(103). – С. 38-45. – DOI 10.37670/2073-0853-2023-103-5-38-45.

8. Куколева, С. С. Изучение влияния осмотического стресса на засухоустойчивость образцов суданской травы селекции ФГБНУ РОСНИИСК "Россорго" / С. С. Куколева, О. П. Кибальник, Т. В. Ларина // Сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 3(15). – С. 12-21. – DOI 10.25930/2687-1254/002.3.15.2022.

9. Ахметова, А. Б. Селекция озимой пшеницы на засухоустойчивость, продуктивность и качество зерна / А. Б. Ахметова, А. А. Палманова, А. Т. Алшораз // Промышленность и сельское хозяйство. – 2019. – № 1(6). – С. 5-9.

10. Соя: о состоянии мирового и российского рынков // Комбикорма. – 2022. – № 6. – С. 8-9.

11. Поддубная, М. Н. Интеграция Российской Федерации в мировой рынок сои в целях повышения продовольственной безопасности страны / М. Н. Поддубная, А. З. Толстова // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 4-1(81). – С. 78-82.

12. Литвиненко, В. В. Исследование конъюнктуры мирового рынка сои / В. В. Литвиненко // Актуальные проблемы экономики и управления: теория и практика : Материалы IV Республиканской с международным участием интернет-конференции студентов, магистрантов и аспирантов, Донецк, 17 марта 2020 года. – Донецк: Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского, 2020. – С. 243-245.

13. Комплексное влияние температуры, дефицита влаги и экзогенных фитогормонов на стартовый рост сои / Е. А. Дегтярев, Ю. В. Подушин, Ю. П. Федулов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 94. – С. 75-82. – DOI 10.21515/1999-1703-94-75-82.

14. Бельшкіна, М. Е. Рост и развитие сортов сои северного экотипа в зависимости от влияния лимитирующих факторов вегетационного периода / М. Е. Бельшкіна, Т. П. Кобозева, Е. В. Гуреева // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 9. – С. 4-9. – DOI 10.28983/asj.y2020i9pp4-9.

15. Бородычев, В. В. Проблемы оптимального водообеспечения сои в условиях орошения / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 2(54). – С. 39-49. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-02-3.

16. Энеев, М. Д. Орошение сои в засушливой степной зоне Кабардино-Балкарии / М. Д. Энеев // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 4(96). – С. 72-77. – DOI 10.35330/1991-6639-2020-4-96-72-77.

17. Казарина, А. В. Оценка перспективных образцов сои по физиолого-биохимическим признакам засухоустойчивости / А. В.

Казарина, Е. А. Атакова, М. Н. Кинчарова // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 12. – С. 18-22. – DOI 10.28983/asj.y2021i12pp18-22.

18. Модель засухоустойчивого сорта сои для климатических условий Беларуси / В. Е. Розенцвейг, Е. А. Аксенова, Д. В. Голоенко [и др.] // Молекулярная и прикладная генетика. – 2020. – Т. 28. – С. 15-25.

19. Поиск источников засухоустойчивости среди новой коллекции Сои (*Glycine max*) в условиях юго-востока Казахстана / Р. С. Ержебаева, С. В. Дидоренко, М. С. Кудайбергенов [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 3(31). – С. 63-73. – DOI 10.24411/2309-348X-2019-11116.

20. Зиганшин, А. А. Продуктивность и экологическая пластичность сортов сои отечественной селекции / А. А. Зиганшин // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 79 студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 26 марта 2021 года. Том 1. – КАЗАНЬ: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 90-95.

© Сафина Д.Р., Колесар В.А., 2023

Смирнова М.С.¹
Нгуен Х.Т.¹
Шевелев А.Б.¹
Алиев Р.О.¹
Богданова Е.С.²
Захарченко Н.С.³
Рукавцова Н.Б.³

¹ФГБУН Институт общей генетики
имени Н.И. Вавилова РАН, Москва

²ФГБОУ ВО Курский государственный университет,
Курск

³ФГБУН Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и
Ю.А. Овчинникова РАН (Пушкинский филиал),
Пушино, Московская область

РЕДАКТИРОВАНИЕ МИКРОБИОМА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПРОДУКТИВНОСТИ

Аннотация. Велась разработка метода воздействия на микробиом филлопламы горчицы сарепской *Brassica juncea* L за счет предпосевной обработки семян различными бактериями.

Предпосевная обработка семян горчицы сарептской бактериями видов *Pseudomonas* sp и *Paenibacillus* sp некоторых других оказывает благотворное влияние на скорость роста зеленой части растений в стерильных условиях.

Ключевые слова: горчица сарептская, изоляты бактерий, масса растений, предпосевная обработка семян.

Smirnova M.S.¹
Nguyen H.T.¹
Aliev R.O.¹
Shevelev A.B.¹
Bogdanova E.S.²
Zakharchenko N.S.³
Rukavtsova N.B.³

¹*Federal State Budgetary Institution Institute of General Genetics
named after N.I. Vavilova RAS, Moscow*

²*FSBEI HE Kursk State University,
Kursk*

³*FGBUN Institute of Bioorganic Chemistry named after. M.M. Shemyakin
and Yu.A. Ovchinnikov RAS (Pushchinsky branch),
Pushchino, Moscow region*

EDITING THE MICROBIOME OF CROPS AS A MEANS OF INCREASING THEIR PRODUCTIVITY

Abstract. A method was being developed to influence the microbiome of the Sarep mustard phylloplasm *Brassica juncea* L through pre-sowing treatment of seeds with various bacteria.

Pre-sowing treatment of Sarepta mustard seeds with bacteria of the species *Pseudomonas* sp and *Paenibacillus* sp and some others has a beneficial effect on the growth rate of the green part of plants under sterile conditions.

Keywords: Sarepta mustard, bacterial isolates, plant mass, pre-sowing seed treatment.

Предпосевная обработка семян горчицы сарептской бактериями некоторых видов оказывает благотворное влияние на скорость роста зеленой части растений в стерильных условиях [1, 2, 3].

Цель: разработка метода воздействия на микробиом филлопламы горчицы сарептской *Brassica juncea* L за счет предпосевной обработки семян различными бактериями [4, 5, 6].

Методы: культивирование растений в стерильных условиях, анализ массы зеленой части растений

Результаты: Семена горчицы сарептской *Brassica juncea* L. были получены из Пущинского филиала ФГБУН Институт биоорганической химии имени академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН. Семена стерилизовали погружением в 1% раствор гипохлорита натрия при комнатной температуре в течение 20 минут [7, 8, 9]. Обработанные семена промывали пятикратной декантацией стерильной дистиллированной воды в стеклянном стакане. Затем их подсушивали на стерильной фильтровальной бумаге в боксе ламинарного потока на комнатной температуре в течение 1 часа, помещали в полипропиленовые пробирки объемом 1,5 мл из расчета 100 мг семян на пробирку и вносили суспензию бактерий из расчета 1 мл суспензии с содержанием жизнеспособных микроорганизмов 10^8 - 3×10^8 к.о.е. на мл в стерильной дистиллированной воде. После инкубации в течение 20 минут семена промывали 3 сменами стерильной дистиллированной воды из расчета 1 мл на смену в пробирку и переносили семена в стерильные стеклянные пробирки объемом 70-100 мл, закрытые ватно-марлевыми пробками, содержащим по 10 мл агаризованной среды МС с 2% сахарозой [10, 11].

Для обсеменения семян горчицы сарептской использовали изоляты бактерий, указанные в таблице 1. Изоляты выращивали на среде BD Difco™ Dehydrated Culture Media: Antibiotic Medium 10 (панкреатический гидролизат казеина 17 г/л, соевый пептон 3 г/л, глюкоза 2.5 г/л, NaCl 5г/л, гидрофосфат калия 2,5 г/л, агар бакто 12 г/л, полисорбат 80 – 10 г/л),

разведенной в два раза экстрактом донника *Melilotus officinalis* (1 г биомассы на 1 мл кипящей дистиллированной воды – экстракция в течение 20-24 часов с последующим фильтрованием через бумажный фильтр и автоклавированием при 121°C), в пенициллиновых флаконах, закрытых ватно-марлевыми пробками при интенсивной аэрации (220 об/мин) при температуре 28°C в течение 16-20 часов. Выросшие культуры осаждали центрифугированием при 9 тыс. G при комнатной температуре в течение 5 мин., промывали 1 раз стерильным физиологическим раствором (равный объем от количества исходной среды) и суспендировали в стерильной дистиллированной воде, приводя концентрацию к 10^8 - 3×10^8 к.о.е. на мл. Не допускали хранение приготовленных суспензий до использования в течение более 20 мин после суспендирования в дистиллированной воде.

Из каждой пробирки с обработанными семенами отбирали 10 семян. Контрольная группа из 10 семян высевалась сразу после стерилизации гипохлоритом натрия и промывки водой без обработки суспензией бактерий. Всего в эксперименте участвовало 130 растений.

Пробирки с высеянными семенами горчицы сарептской инкубировали на фитотроне Пущинского научного центра в следующих условиях: относительная влажность 65%, интенсивность освещения 600 мкмоль/(м²×сек), день/ночь:16 ч/8 ч и 24°C/20°C, соответственно, в течение 43 суток. Через 14 суток после начала эксперимента отбирали по три растения из каждой группы, механически с помощью фильтровальной бумаги очищали корни от агара, разрезали растение на надземную и подземную части и взвешивали. Результаты взвешивания представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Изоляты бактерий, использованные для обсеменения растений горчицы сарептской

	Название	Источник	Описание изолята	Видовая принадлежность
	E7	Люцерна	Желтоватые непрозрачные колонии с фрактальным краем	<i>Pseudomonas</i> sp.
	E8	Люцерна	Желто-зеленые прозрачные сливающиеся колонии	<i>Pantoea</i> sp.
	Кс1-6	Сено из луговых трав	Медленно растущие плоские непрозрачные колонии с умеренным блеском	<i>Paenibacillus</i> sp
	B4	Мятлик луговой	Матовые сероватые колонии с фрактальным краем	<i>Bacillus cereus</i>
	K1B1	Сено из луговых трав	Медленный рост на среде РА без экстракта. Полностью прозрачные слизистые колонии.	<i>Bacillus tequilensis</i>

	В.11.2	Сено из луговых трав	Сильно слизистые желтоватые непрозрачные колонии	<i>Peribacillus simplex</i>
	2М	Листья тюльпана	Мелкие непрозрачные желтоватые колонии	<i>Priestia aryabhatai</i>
	3М	Листья нарцисса	Гладкие непрозрачные колонии цвета "фисташковое мороженое"	<i>Bacillus altitudinis</i>
	4М	Листья нарцисса	Непрозрачные желтовато-кремовые колонии, мелкие колонии, растущие поверх основной культуры	<i>Bacillus safensis</i>
0	T2B1	Сено из луговых трав	Медленный рост на среде РА без экстракта. Полностью прозрачные слизистые колонии	<i>Bacillus velezensis</i>
1	F	Почва в состоянии вечной мерзлоты, Якутия	Матовые сероватые колонии с фрактальным краем	<i>Bacillus cereus</i>
2	E9	Мятлик луговой	Светло-оранжевые непрозрачные мелкие колонии	<i>Pantoea</i> sp.

Таблица 2 – Определение массы растений горчицы сарептской, обсемененных тестируемыми бактериальными изолятами, на 14 сутки эксперимента

Группа растений	Корень, масса г		Надземная часть, г	
	Масса растений	Среднее	Масса растений	Среднее
E7	0,077; 0,045; 0,042	0,05	0,46; 0,456; 0,48	0,47
E8	0,022; 0,107; 0,018	0,05	0,165; 0,205; 0,114	0,16
Kc1-6	0,051; 0,038; 0,085	0,06	0,469; 0,321; 0,674	0,49
B4	0,039; 0,052; 0,036	0,04	0,47; 0,397; 0,45	0,44
В.11.2	0,033; 0,042; 0,082	0,05	0,441; 0,351; 0,417	0,40
2М	0,003; 0,006; 0,002	0,00	0,25; 0,11; 0,204	0,19
3М	0,018; 0,012; 0,05	0,03	0,158; 0,286; 0,607	0,35
4М	0,022; 0,023; 0,076	0,04	0,198; 0,301; 0,725	0,41
E9	0,13; 0,05; 0,034	0,07	0,832; 0,447; 0,33	0,54
F	0,081; 0,049; 0,045	0,06	0,512; 0,472; 0,338	0,44
контроль	0,15; 0,061; 0,023	0,08	0,349; 0,34; 0,27	0,32

Внешний вид растений горчицы экспериментальных групп представлен на рис. 1. Данные таблицы 2 и рис. 1 показывают, что

наибольший размер надземной части растений, существенно превышающий показатели контрольной группы, был достигнут в группах E9, Kc1-6 и E7. Растения групп K1B1 и T2B1 полностью погибли, а растения групп E8 и 2M оказались подавлены и существенно отставали в развитии от контроля, что объясняется активным ростом бактерий, использованных для обсеменения, непосредственно на агаризованной среде МС вне растений (по-видимому, за счет присутствия в среде сахарозы). Остальные группы В4, В.11.2, 3М, 4М и F показывали незначительные различия по массе надземной части по сравнению с контрольной группой, однако, в основном превосходили контроль по массе.

Рост подземной части растений, в отличие от надземной, не стимулировался в присутствии бактерий и даже несколько уменьшался по сравнению с контролем, хотя различие в этой части не является статистически значимым.



3M



E9



B4



B.11.2



F



2M



4M



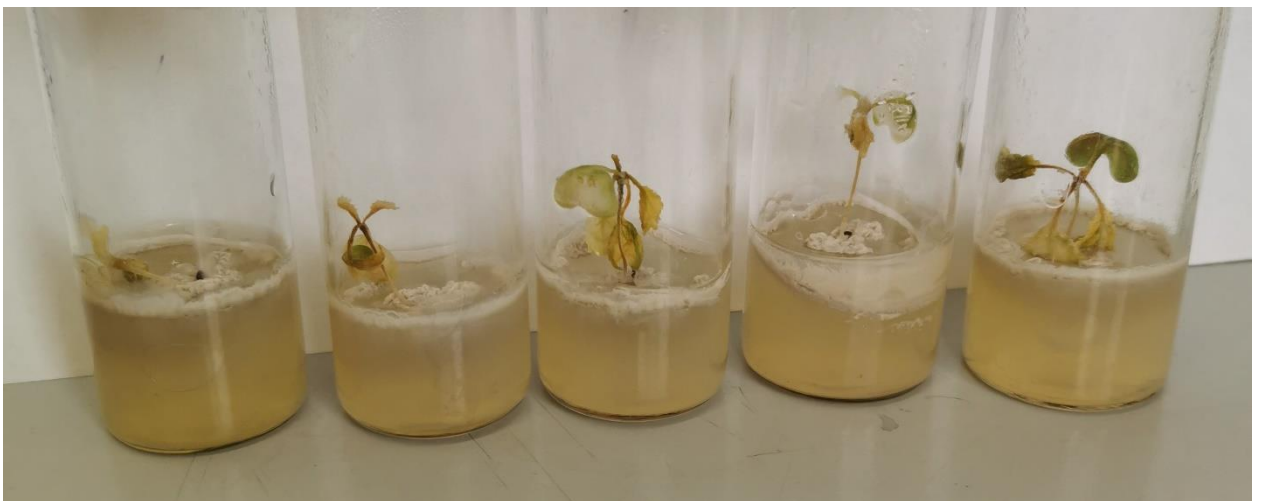
E7



E8



K1B1



T2B1



Контроль



Кс1-6

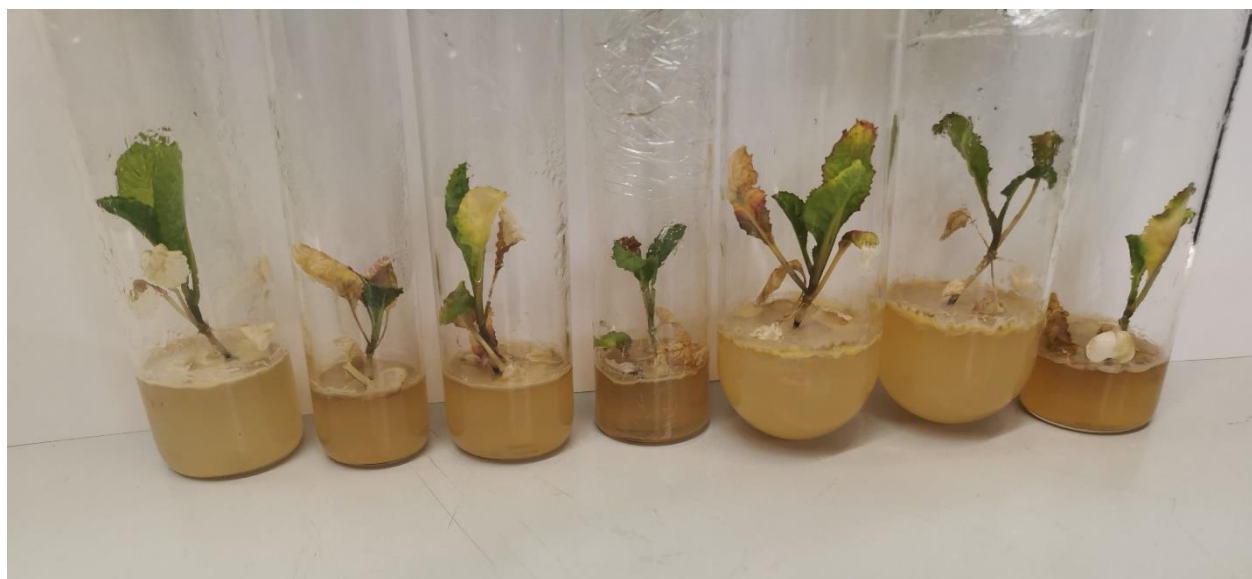
Рисунок 1. Внешний вид растений горчицы сарептской *Brassica juncea* L. через 14 дней после колонизации

На 43 сутки эксперимента растения были собраны, очищены от агара и взвешены. Результаты определения их массы представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Определение массы растений горчицы сарептской, обсемененных тестируемыми бактериальными изолятами, на 43 сутки эксперимента

№	Группа	Масса растений, г	Средняя масса растений, г
1	3M	0,97; 0,33; 0,80; 0,26; 0,49; 0,27, 0,70	0,54
2	B11.2	1,37;0,99; 1,39; 1,15; 0,79;1,06; 0,85	1,08
3	Kc1-6	1,25; 2,09; 2,27; 1,20; 2,09; 1,10	1,66
4	E7	1,02;1,20; 1,28; 1,72; 1,15; 1,58; 1,42	1,33
5	2M	0,25; 0,29;0,25; 0,23; 0,45; 0,43; 0,21	0,30
6	B4	0,95; 0,60; 1,25; 1,16; 0,96; 1,13	1,00
7	E8	-	
8	E9	0,65;1,6; 1,0; 0,97; 0,67; 0,85	0,95
9	4M	0,42; 0,65; 0,30; 0,20; 0,60	0,43
10	F	0,79; 1,39; 1,40; 0,98; 0,96; 1,38; 1,48	1,19
11	Контроль	0,92; 0,92; 0,90; 1,19; 0,60; 1,45, 1,07	1,00
12	T2B1	-	-
13	K1B1	-	-

Внешний вид растений горчицы экспериментальных групп на 43 сутки эксперимента представлен на рис. 2.



2M



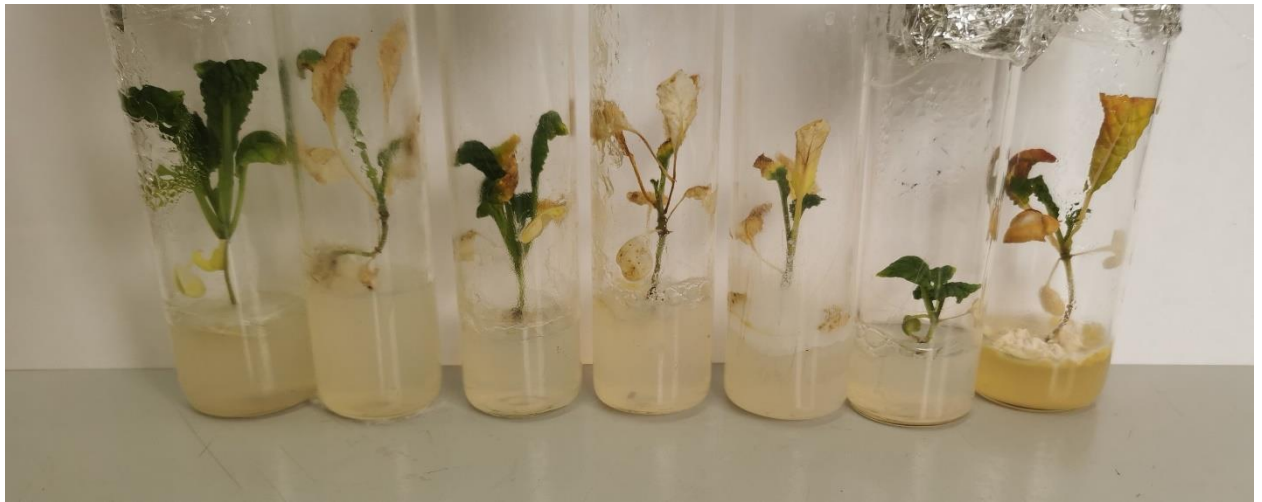
3M



4M



B4



E8



E9



B 11.2



F



E7



Контроль



Кс-1-6

Рисунок 2. Внешний вид растений горчицы сарептской *Brassica juncea* L. через 43 дня после колонизации бактериальными изолятами

Выводы: Предпосевная обработка семян горчицы сарептской бактериями видов *Pseudomonas* sp и *Paenibacillus* sp некоторых других оказывает благотворное влияние на скорость роста зеленой части растений в стерильных условиях.

Данные Таблицы 2 и Рис. 1 показывают, что на 43 сутки эксперимента относительная масса растений в группах претерпела существенные изменения по сравнению с 14 сутками: явный положительный эффект обсеменения по сравнению с контролем на скорость был выявлен только в группах Кс1-6 и Е7. Группы F и В11.2 показали незначительное улучшение массы по сравнению с контролем, а группа Е9 – незначительное отставание от него. Остальные группы имели существенно меньшую массу растений по сравнению с контролем, а внешний вид растений показал выраженный хлороз и некротизацию нижних листьев.

Литература

1. Miftakhov AK, Diabankana RGC, Frolov M, Yusupov MM, Validov SZ, Afordoanyi DM. Persistence as a Constituent of a Biocontrol Mechanism (Competition for Nutrients and Niches) in *Pseudomonas putida* PCL1760. *Microorganisms*. 2022 Dec 21;11(1):19. doi: 10.3390/microorganisms11010019;
2. Diabankana RGC, Validov SZ, Vyshtakalyuk AB, Daminova A, Safin RI, Afordoanyi DM. Effects of Phenotypic Variation on Biological Properties of Endophytic Bacteria *Bacillus mojavensis* PS17. *Biology (Basel)*. 2022 Sep 2;11(9):1305. doi: 10.3390/biology11091305;

3. Hussain T., Singh S., Danish M., Pervez R., Hussain K., Husain R. Natural metabolites: An eco-friendly approach to manage plant diseases and for better agriculture farming. In: Singh J., Yadav A., editors. *Natural Bioactive Products in Sustainable Agriculture*. Springer; Singapore: 2020. pp. 1–13.
4. Ashajyothi M, Balamurugan A, Patel A, Krishnappa C, Kumar R, Kumar A. Cell wall polysaccharides of endophytic *Pseudomonas putida* elicit defense against rice blast disease. *J Appl Microbiol*. 2023 Feb 16;134(2): lxac042. doi: 10.1093/jambio/lxac042;
5. Mohanty SR, Mahawar H, Bajpai A, Dubey G, Parmar R, Atoliya N, Devi MH, Singh AB, Jain D, Patra A, Kollah B. Methylo troph bacteria and cellular metabolite carotenoid alleviate ultraviolet radiation-driven abiotic stress in plants. *Front Microbiol*. 2023 Jan 6; 13:899268. doi: 10.3389/fmicb.2022.899268;
6. Qian F, Huang X, Bao Y. Heavy metals reshaping the structure and function of phylloplane bacterial community of native plant *Tamarix ramosissima* from Pb/Cd/Cu/Zn smelting regions. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2023 Feb; 251:114495. doi: 10.1016/j.ecoenv.2022.114495
7. Krishnappa C, Balamurugan A, Velmurugan S, Kumar S, Sampathrajan V, Kundu A, Javed M, Chouhan V, Ganesan P, Kumar A. Rice foliar-adapted *Pantoea* species: Promising microbial biostimulants enhancing rice resilience against foliar pathogens, *Magnaporthe oryzae* and *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Microb Pathog*. 2023 Nov 11; 186:106445. doi: 10.1016/j.micpath.2023.106445
8. Lane D.J. 1991. 16S/23S rRNA sequencing. In: *Nucleic acid techniques in bacterial systematics*. Stackebrandt, E., and Goodfellow, M., eds., John Wiley and Sons, New York, NY, pp. 115-175
9. Наумов Н.А. // Методы микологических и фитопатологических исследований. Л.: Сельхозиздат. 1937. С. 272
10. Егоров Н.С. // Выделение микробов-антагонистов и биологические методы учёта их антибиотической активности. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1957. С. 79
11. Krishnappa et al, 2023; Ji N, Liang D, Clark LV, Sacks EJ, Kent AD. Host genetic variation drives the differentiation in the ecological role of the native *Miscanthus* root-associated microbiome. *Microbiome*. 2023 Sep 30; 11(1): 216. doi: 10.1186/s40168-023-01646-3

© Смирнова М.С., Неуен Х.Т., Богданова Е.С., Захарченко Н.С.,
 Рукавцова Н.Б., Алиев Р.О., Шевелев А.Б., 2023

Формат 60x84/8 Тираж 200 Подписано к печати 21.11.2023 г.
Печать офсетная. Усл.п.л. 19,9
Издательство КГАУ/420015, г. Казань, ул.К. Маркса, 65
Лицензия на издательскую деятельность код 221 ИД №06342 от
28.11.2001 г.
Отпечатано в типографии КГАУ
420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 65
Казанский государственный аграрный университет