

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

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

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

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

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

Все больший интерес, в качестве

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

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

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

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

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

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

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

Полевой опыт был заложен по следующей схеме:

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

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

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

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

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

АГРОНОМИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Литература

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

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

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

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

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

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

ayrat-valiev@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

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

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

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

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

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

References

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

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

Conflict of interest

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

Authors:

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

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

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