

В.В. БЕРЕЖНАЯ, А.Г. КЛЫКОВ, М.Л. СИДОРЕНКО,
А.Н. БЫКОВСКАЯ, П.М. БОГДАН

Влияние бактериальных комплексов на урожайность яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.)

*Изучено влияние бактериальных комплексов, состоящих из азотфиксирующих, фосфат- и калийсололюбилизирующих микроорганизмов, на урожайность яровой пшеницы. В результате был получен эффект предпосевной обработки семян азотфиксирующими совместно с калийсололюбилизирующими микроорганизмами: прибавка урожайности относительно контроля составила 0,5 т/га, повысилась полевая всхожесть. Обработанные семена перед посевом и растения по всходам оказались более устойчивыми к поражению вредоносными заболеваниями – бурой ржавчиной (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. ex Desm.), септориозом (*Septoria graminum* Desm.) и фузариозом (*Fusarium graminearum* Schwabe). Увеличилась численность азотфиксирующих, калий- и фосфатсололюбилизирующих бактерий в почве в фазу восковой спелости зерна.*

Ключевые слова: яровая пшеница, бактериальные препараты, урожайность, бурая ржавчина, септориоз, фузариоз, микроорганизмы.

Effect of the bacterial complexes upon the yield of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). V.V. BEREZHNYAYA, A.G. KLYKOV (Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Krai, Timiryazevsky village), M.L. SIDORENKO, A.N. BYKOVSKAYA (Federal Scientific Center of Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok), P.M. BOGDAN (Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Krai, Timiryazevsky village).

*The effect of bacterial complexes consisting of nitrogen-fixing, phosphate-solubilizing and potassium-solubilizing microorganisms upon yield of spring wheat was studied. As a result of the research, the effect with the pre-sowing treatment of seeds using nitrogen-fixing together with potassium-solubilizing microorganisms was obtained, where the yield increase relatively to the control was 0.5 t/ha, the field germination increased. The seeds treated before sowing and plants on shoots were the most resistant to harmful diseases – brown rust (*Pucciniarecondita* f. sp. *tritici* Rob. ex Desm.) and Septoria disease (*Septoria graminum* Desm.), as well as Fusarium disease (*Fusarium graminearum* Schwabe). The number of nitrogen-fixing, potassium-solubilizing and phosphate-solubilizing bacteria in the soil in the phase of wax ripeness of grain increased.*

Key words: spring wheat, bacterial preparations, yield, brown rust, Septoria disease, Fusarium disease, microorganisms.

*БЕРЕЖНАЯ Виктория Васильевна – аспирант, КЛЫКОВ Алексей Григорьевич – доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, заведующий отделом (Федеральный научный центр агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Приморский край, пос. Тимирязевский), СИДОРЕНКО Марина Леонидовна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, БЫКОВСКАЯ Анастасия Николаевна – младший научный сотрудник (Федеральный научный центр Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток), БОГДАН Полина Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник (Федеральный научный центр агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Приморский край, пос. Тимирязевский). *E-mail: bereg911@mail.ru

Введение

Удобрения – важный компонент современного сельского хозяйства, поскольку они обеспечивают растения необходимыми элементами питания [12]. Однако неконтролируемое применение минеральных удобрений ведет к загрязнению окружающей среды вредными химическими веществами. Они накапливаются в почве и грунтовых водах, отрицательно влияют на состояние микробного сообщества почвы, вызывают потерю органического вещества, нарушают круговорот азота, что способствует накоплению его в нитратной и нитритной формах в кормах и продуктах питания. Несомненно, все это негативно влияет на будущий урожай [2, 27].

Как альтернативу химизации сельского хозяйства можно рассматривать естественные, биологические, технологии. В этом отношении перспективно использование бактериальных удобрений [13, 25]. Они содержат монокультуру или комплекс живых клеток микроорганизмов, отобраных по полезным свойствам, которые способствуют накоплению в почве элементов питания, стимулируют рост и развитие растений, обладают антагонистической активностью по отношению к фитопатогенам, повышают стрессовую устойчивость культур к неблагоприятным условиям [6, 7, 22].

Интерес к практическому использованию микроорганизмов в сельском хозяйстве возник с самого начала развития микробиологии [17]. С конца XIX в. известен полезный эффект от применения клубеньковых бактерий при выращивании бобовых культур [10]. Исследователей волновал вопрос, можно ли найти похожие системы применения почвообитающих микроорганизмов у небобовых культур, составляющих большинство культурных растений. Многочисленные полевые опыты и широкие производственные испытания на различных сельскохозяйственных культурах показали высокую эффективность бактериальных препаратов на основе *Bacillus* и *Azotobacter*. Установлено достоверное увеличение урожая зерна яровой пшеницы на 15–33 %, ярового ячменя на 15–24 % и кукурузы на 13–22 % [21].

В последние годы расширяется применение препаратов биологического происхождения, с помощью которых удастся не только наращивать производство экологически чистых продуктов питания, но и снижать химическую нагрузку на почву [18]. Известно немало бактериальных препаратов на основе почвенных микроорганизмов (флавобактерин, ризоэнтерин, агрофил, ризоагрин, азотобактерин, ризобактерин, экстрасол и др.), оказывающих положительный эффект на продуктивность растений [26]. Однако их эффективность имеет неустойчивый характер, так как активность интродуцированных препаратов сильно зависит от факторов окружающей среды [1, 16, 20, 24, 28].

Цель исследований – изучить влияние бактериальных комплексов, состоящих из азотфиксирующих, фосфат- и калийсолубилизирующих микроорганизмов, на урожайность яровой пшеницы в условиях Приморского края.

Объекты и методы

Исследования выполнялись в Федеральном научном центре (ФНЦ) агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки (г. Уссурийск, пос. Тимирязевский) и Федеральном научном центре Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН (г. Владивосток).

В качестве объекта исследований взят районированный сорт яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Приморская 39. В работе использовали бактериальные штаммы a1, c2, ф6, ф19, полученные из коллекции микроорганизмов ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН. Штамм a1 – микроорганизмы, фиксирующие азот в почве (азотфиксаторы). Штамм c2 – калийсолубилизирующие микроорганизмы, способные растворять силикатные минералы и высвободить из них соединения калия. Штаммы ф6

и ф19 – фосфатсолубилизирующие микроорганизмы, участвующие в минерализации органических фосфорных соединений и переводящие их в доступную для растений форму. Микроорганизмы представлены в жидком виде светло-бежевого, темно-коричневого цвета со специфическим запахом. Количество микроорганизмов не менее 100 млн КОЕ в 1 мл, рН рабочей суспензии 6,8–7,2. Из бактериальных штаммов, учитывая их свойства, составили бактериальные комплексы (БК). Для сравнения использовали коммерческий препарат Экстрасол, содержащий штамм активных ризосферных, азотфиксирующих бактерий *Bacillus subtilis* и их метаболиты, обитающие в природе на корнях здоровых растений. БК и Экстрасол применяли для предпосевной обработки семян за день до посева (раствор рабочей жидкости 10 л/т) и опрыскивания растений в фазу всходов (раствор рабочей жидкости 300 л/га).

Полевой эксперимент был заложен на опытном поле ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. Площадь учетной делянки 15 м², расположение – рендомизированное, повторность – трехкратная, предшественник – соя. В период вегетации проводились фенологические наблюдения и учеты [14], отбор почвы для агрохимического анализа (ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. Введ. 01.04.90. М.: Изд-во стандартов, 1989. 7 с.) и исследования микрофлоры [15]. Фитопатологическая оценка яровой пшеницы на устойчивость к грибным болезням осуществлялась по визуальной шкале в фазу молочно-восковой спелости [3, 23].

Почва участка лугово-бурая оподзоленная, тяжело суглинистая, содержание органического вещества 2,51 %, N л.г. – 63 мг/кг, P₂O₅ – 32 и K₂O – 135 мг/кг, рН_{кел} – 6,4, S – 22 и Нг – 1,30 мг-экв. на 100 г почвы. Численность микроорганизмов в почве: азотфиксаторы – 3,7 · 10⁵ КОЕ/г почвы, калий- и фосфатсолубилизирующих микроорганизмов обнаружено не было. Численность микроорганизмов определяли методом посева почвенной суспензии на плотные питательные среды [10].

Схема опыта по изучению влияния бактериальных комплексов на урожайность яровой пшеницы включала 11 вариантов:

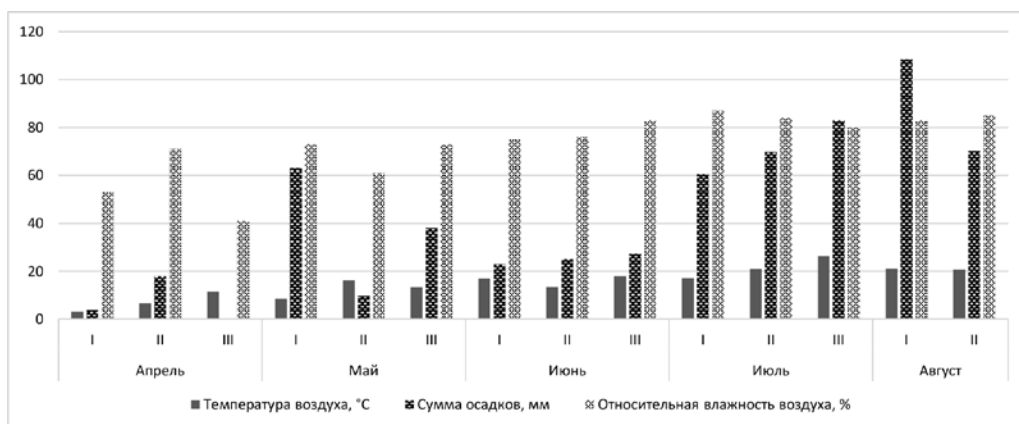
- 1) контроль (без обработки);
- 2) a1+c2+ф6 (предпосевная обработка семян);
- 3) ф19+c2 (предпосевная обработка семян);
- 4) a1+c2 (предпосевная обработка семян);
- 5) a1+ф19 (предпосевная обработка семян);
- 6) Экстрасол (предпосевная обработка семян) – эталон;
- 7) a1+c2+ф6 (обработка по всходам);
- 8) ф19+c2 (обработка по всходам);
- 9) a1+c2 (обработка по всходам);
- 10) a1+ф19 (обработка по всходам);
- 11) Экстрасол (обработка по всходам) – эталон.

Урожай собирали в фазу полной спелости зерна комбайном Неже 125. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по методике Б.А. Доспехова [5].

Результаты и их обсуждение

Погодные условия в 2018 г. сложились относительно неблагоприятно для роста и развития растений яровой пшеницы (см. рисунок). В течение вегетационного периода обильные осадки неравномерно распределялись по фазам вегетации, и это сказалось на урожайности и качественных показателях зерна. Высокие температура (26,3 °С) и влажность воздуха (82 %) с середины июля по первую декаду августа способствовали развитию вредоносных болезней растений.

Е.С. Земцова с соавторами отмечает, что полевая всхожесть влияет на полноту всходов, от которой в дальнейшем зависят сохранность растений к уборке и структура будущего



Агрометеорологические условия в апреле–августе 2018 г. (по данным агрометеорологической станции пос. Тимирязевский)

урожая. Безусловно, этот показатель во многом определяется агроклиматическими условиями. Наиболее значимые из них – это температура и влажность [9].

Яровую пшеницу посеяли 18 апреля (глубина заделки семян 4 см), всходы появились на 20-е сут (8 мая). Осадки в первую декаду мая (63,1 мм) и температура воздуха (8,4 °C) способствовали появлению дружных всходов. В экспериментальных вариантах пшеница взошла на 2–3 дня раньше относительно контроля.

Предпосевная обработка семян и обработка всходов БК стимулировали повышение полевой всхожести: от 64 до 71 % в зависимости от применяемого комплекса бактерий. Наибольший эффект получен при обработке семян БК a1+c2+ф6: полевая всхожесть семян составляла 392 шт./м², или 71 % к количеству высеванных. В контроле данные показатели были соответственно 351 шт./м² и 64 %. При обработках другими БК влияние было не сильно выраженным: полевая всхожесть варьировала от 67 до 70 %. Сохранность растений к уборке находилась в пределах от 313 до 326 шт./м² при обработке семян БК перед посевом и от 303 до 330 шт./м² при опрыскивании всходов (табл. 1).

Таблица 1

Полнота всходов и процент сохранившихся к уборке растений яровой пшеницы в зависимости от БК

Вариант	Количество растений, шт./м ²		Полнота всходов, %	Сохранность растений к уборке, %
	взошедших	перед уборкой		
Контроль	351	289	64	82
Предпосевная обработка семян				
a1+c2+ф6	392	326	71	83
ф19+c2	379	313	69	83
a1+c2	385	327	70	85
a1+ф19	373	315	68	84
Экстрасол	383	320	70	84
Обработка по всходам				
a1+c2+ф6	389	330	71	85
ф19+c2	376	326	68	87
a1+c2	358	300	65	84
a1+ф19	357	303	65	85
Экстрасол	367	310	67	84
НСП _{0,5}	11	12	–	–

Климатические факторы в значительной мере оказывали влияние на развитие и распространение возбудителей болезней [19].

В результате фитопатологической оценки яровой пшеницы установлено, что наиболее распространенными заболеваниями, имеющими наибольшую вредоносность, были листовые повреждения бурой ржавчиной (*Puccinia recondite* f. sp. *tritici* Rob. ex Desm.) и септориозом (*Septoria graminum* Desm.), а также поражение фузариозом (*Fusarium graminearum* Schwabe) колоса (табл. 2). В фазу молочно-восковой спелости зерна пустулы бурой ржавчины наблюдались на верхних листьях у 50–60 % растений с поражением 10–30 % листовой поверхности. Незначительное проявление этого заболевания зафиксировано в варианте с БК a1+c2 при предпосевной обработке. Обильные осадки с последующими сохраняющимися продолжительное время высокими влажностью (83–87 %) и температурой (21–26 °С) способствовали распространению такого заболевания, как септориоз. Первые признаки были обнаружены на нижнем ярусе листьев яровой пшеницы с распространенностью 60–70 % и развитием 1–25 %. Минимальное поражение болезнью отмечено в варианте с БК a1+c2 при обработке семян перед посевом. При обработке другими БК уровень развития септориоза составил 5 %. Гельминтоспориоз (*Pyrenophora tritici-repentis*) отмечен в фазу полных всходов на единичных растениях со слабой степенью развития. В фазу восковой спелости зерна поражались листья нижнего яруса, которые уже не оказывали влияния на формирование урожая. Распространенность была в пределах 5–8 %, степень развития 1–5 %. Повышенная влажность воздуха и температура способствовали усиленному развитию фузариозного поражения колоса (15–25 %), распространение болезни составило 80–95 %. При предпосевной обработке семян БК a1+c2 и a1+c2+ф6, ф19+c2, a1+ф19 и при опрыскивании по всходам растения были более устойчивы к развитию и распространению заболеваний.

Таблица 2

Влияние БК на развитие и распространенность заболеваний яровой пшеницы в фазе восковой спелости, %

Вариант	Бурая ржавчина		Септориоз		Гельминтоспориоз		Фузариоз колоса	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Контроль	30	60	25	70	5	8	25	95
Предпосевная обработка семян								
a1+c2+ф6	20	50	5	60	1	5	20	80
ф19+c2	20	55	5	65	1	6	20	85
a1+c2	10	53	1	60	1	0	15	80
a1+ф19	20	50	5	65	1	5	20	80
Экстрасол	20	53	5	65	1	7	20	80
Обработка по всходам								
a1+c2+ф6	20	50	5	65	1	6	15	80
ф19+c2	20	53	5	65	1	6	15	83
a1+c2	20	55	5	65	1	6	20	80
a1+ф19	20	55	5	65	1	6	15	80
Экстрасол	25	55	5	65	1	6	20	83

Примечание. R – развитие болезни, P – распространение болезни.

На основании учетов и наблюдений отмечен положительный эффект от применения БК при предпосевной обработке семян и опрыскивании в фазу всходов, что сказалось на морфологических признаках (высота растения, длина колоса, число зерен в колосе) яровой пшеницы.

Увеличению высоты растений способствовали обработка семян пшеницы перед посевом БК a1+c2+ф6 (115,4 см), а также опрыскивание всходов БК a1+c2 (113,3 см) по сравнению с контролем (100,9 см). Обработка семян перед посевом и растений в фазу всходов БК a1+c2+ф6 оказывали влияние на увеличение длины колоса растения соответственно

на 1,5 и 1,3 см относительно контроля (табл. 3). Наибольшее число зерен в колосе сформировалось на растениях при предпосевной обработке семян БК a1+c2 (27,5 шт.) и при опрыскивании всходов БК a1+c2+ф6 (27,4 шт.).

Таблица 3

Влияние бактериальных комплексов на элементы структуры урожая яровой пшеницы

Вариант	Высота растения, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 семян, г	Масса зерна с растения, г
Контроль	100,9	7,2	21,7	32,3	0,87
Предпосевная обработка семян					
a1+c2+ф6	115,4	8,7	23,1	34,0	1,21
ф19+c2	102,9	7,3	25,2	33,4	1,32
a1+c2	105,8	7,7	27,5	33,3	1,38
a1+ф19	103,1	7,3	22,1	33,0	1,21
Экстрасол	111,2	8,0	26,0	32,0	1,02
Обработка по всходам					
a1+c2+ф6	111,2	8,5	27,4	32,9	1,26
ф19+c2	100,3	7,2	22,7	32,1	0,99
a1+c2	113,3	7,9	27,3	32,1	1,25
a1+ф19	105,1	7,6	25,4	31,4	1,28
Экстрасол	106,4	7,4	23,6	31,6	0,96
НСР _{0,5}	10,2	0,2	2,5	2,0	0,10

Следует отметить, что опрыскивание всходов БК не повлияло на массу 1000 семян (31,4–32,9 г), однако отмечен рост этого показателя (до 34,0 г) при обработке семян перед посевом бактериальным комплексом a1+c2+ф6. Максимальные изменения морфологических признаков (высота растения, наибольшая длина колоса, масса 1000 шт. семян) наблюдались в варианте с использованием БК a1+c2+ф6 как при опрыскивании всходов, так и при предпосевной обработке.

Урожайность зерна – основной хозяйственно ценный показатель эффективности применения БК для яровой пшеницы. Исследования показали, что бактериализация семян перед посевом и по всходам способствует увеличению длины колоса и массы зерна с растения и оказывает положительное влияние на урожайность яровой мягкой пшеницы (табл. 4).

Таблица 4

Влияние бактериальных комплексов на урожайность зерна яровой пшеницы

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка	
		т/га	%
Контроль	3,1	–	–
Предпосевная обработка семян			
a1+c2+ф6	3,4	0,3	9,7
ф19+c2	3,5	0,4	12,9
a1+c2	3,6	0,5	16,1
a1+ф19	3,5	0,4	12,9
Экстрасол	3,4	0,3	9,7
Обработка по всходам			
a1+c2+ф6	3,5	0,4	12,9
ф19+c2	3,4	0,3	9,7
a1+c2	3,5	0,4	12,9
a1+ф19	3,5	0,4	12,9
Экстрасол	3,3	0,2	6,4
НСР _{0,5}	0,3	–	–

Урожайность зерна при использовании БК варьировала от 3,1 (контроль) до 3,6 т/га (БК a1+c2) по всходам, т.е. обеспечивается прибавка урожайности яровой пшеницы на 0,4–0,5 т/га при предпосевной обработке семян БК a1+c2.

Положительное влияние БК оказывают и на численность микроорганизмов в почве. Перед посевом яровой пшеницы численность азотфиксирующих микроорганизмов составляла 370 тыс. КОЕ/г, калий- и фосфатсолобильных микроорганизмов обнаружено не было. В период восковой спелости численность азотфиксирующих бактерий увеличилась до 38 млн КОЕ/г, а калий- и фосфатсолобильных бактерий насчитывалось до 33 тыс. и 170 тыс. КОЕ/г соответственно. По мнению Е.Ю. Ивановой, наиболее интенсивное размножение бактерий в ризосфере наблюдается перед цветением растений [11]. Это подтверждается результатами экспериментов Т.Х. Гордеевой и С.Н. Масленникова [4], которые показали, что в фазу кущения численность бактерий минимальна, а в фазу колошения и спелости зерна она достигает максимальных величин. В этот период возрастает активность микроорганизмов, так как они принимают активное участие в разложении отмирающих корневых остатков.

И.А. Заикина отмечает, что количественный состав бактерий закономерно отражает физиолого-биохимическое состояние растительного организма в процессе онтогенеза. Анализ динамики численности бактерий по сезонам в течение нескольких лет показал, что у растений открытых экосистем, несмотря на влияние внешних факторов, происходит внутренняя смена жизнедеятельности. В результате максимальная численность микроорганизмов наблюдается в конце лета, т.е. в период созревания зерна [8].

В наших исследованиях количество микроорганизмов в почве в фазу восковой спелости зерна пшеницы при применении БК значительно различалось по вариантам (табл. 5).

Таблица 5

**Численность микроорганизмов в почве
в фазу восковой спелости зерна яровой пшеницы под влиянием БК (тыс. КОЕ/г)**

Вариант	Азотфиксаторы	Калийсолобильные микроорганизмы	Фосфатсолобильные микроорганизмы	Общее количество микроорганизмов
Контроль	300	1500	40	1840,0
Предпосевная обработка семян				
a1+c2+ф6	140	3,2	170	313,2
ф19+c2	290	76	3,3	369,3
a1+c2	2300	1200	69	3569,0
a1+ф19	38 000	220	140	38 360,0
Экстрасол	24 000	33 000	0,01	57 000,01
Обработка по всходам				
a1+c2+ф6	26 000	130	24	26 154,0
ф19+c2	23 000	16 000	0,01	39 000,0
a1+c2	66	71	80	217,0
a1+ф19	30 000	5200	0,01	35 200,01
Экстрасол	46	100	29	175,0

Предпосевная обработка семян БК a1+c2 и a1+ф19 способствовала росту азотфиксирующих и фосфатсолобильных бактерий в фазу восковой спелости зерна. Обработка всходов БК a1+c2+ф6 a1+c2 не стимулировала размножения калийсолобильных бактерий, при этом численность азотфиксаторов росла. Максимальное количество азотфиксирующих и калийсолобильных микроорганизмов зафиксировано в варианте с БК ф19+c2 при обработке по всходам. Их количество возросло соответственно в 76 и 10 раз в сравнении с контролем.

Выводы

Использование микробиологических препаратов – перспективный агротехнический прием повышения урожайности. Применение БК способствует повышению полевой всхожести, сохранности растений, которая к фазе уборки составляла от 313 до 326 шт./м² при обработке семян БК перед посевом и от 303 до 330 шт./м² при опрыскивании всходов. Наибольший эффект получен при обработке семян БК a1+c2+ф6. Обработанные семена перед посевом и растения по всходам оказались более устойчивыми к поражению бурой ржавчиной (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. ex Desm.), септориозу (*Septoria graminum* Desm.), а также фузариозу колоса (*Fusarium graminearum* Schwabe). Отмечено положительное влияние применения БК при предпосевной обработке семян и опрыскивании в фазу всходов на морфологические признаки яровой пшеницы (высота растения, длина колоса). Предпосевная обработка семян БК a1+c2 и a1+ф19 способствовала росту азотфиксирующих и фосфатсольбизирующих бактерий, а опрыскивание всходов БК a1+c2+ф6 и a1+c2 оказывало влияние на численность азотфиксирующих и калийсольбизирующих микроорганизмов в фазу восковой спелости зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белимов А.А., Кунакова А.М., Груздева Е.В. Влияние pH почвы на взаимодействие ассоциативных бактерий с ячменем // Микробиология. 1998. Т. 67. С. 561–568.
2. Белоголова Г.А., Соколова М.Г., Пройдакова О.А. Влияние почвенных бактерий на поведение химических элементов в системе почва–растение // Агрохимия. 2011. № 9. С. 68–76.
3. Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1978. 206 с.
4. Гордеева Т.Х., Масленникова С.Н. Формирование микробно-растительных сообществ ризосферы в онтогенезе зерновых культур // Науч. журн. КубГАУ. 2012. Т. 81 (7). С. 377–386.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Альянс, 2014. 351 с.
6. Журавлев Д.Ю., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф. Влияние бактериальных препаратов на урожай яровой мягкой пшеницы в условиях Саратовского правобережья // Инновационные технологии для АПК юга России: материалы науч.-практ. конф., Майкоп, 21–23 сент. 2016 г. Майкоп, 2016. С. 67–70.
7. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: ВНИИА, 2005. 302 с.
8. Заикина И.А. Экологическая роль бактериального сообщества эпифитов филлосферы в жизнедеятельности растений: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ставропол. гос. ун-т. Ставрополь, 2008. 21 с.
9. Земцова Е.С., Боме Н.А. Влияние густоты стояния растений на структуру урожая яровой мягкой пшеницы // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2. – <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21757>
10. Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А., Манучарова Н.А. Практикум по биологии почв / под ред. Г.М. Зеновой. М.: Изд-во МГУ, 2002. 689 с.
11. Иванова Е.Ю. Микробиология. Воронеж: Воронеж. ГАУ, 2007. 101 с.
12. Ладонин В.Ф. Развитие земледелия, принципы и перспективы применения биопрепаратов // Агротехн. вестн. 1996. № 5. С. 46–48.
13. Лазарев В.И., Казначеев М.Н., Айдиев А.Ю., Стифеев А.И., Сонин В.А. Эффективность биопрепаратов на посевах сельскохозяйственных культур. Курск, 2003. 127 с.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. Вып. 2. 196 с.
15. Методы почвенной микрофлоры и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 303 с.
16. Михайловская Н.А., Черныш А.Ф., Миканова О., Барашенко Т.Б., Тарасюк Е.Г., Дюсова С.В. Эффективность применения фосфатмобилизующих инокулянтов на посевах пшеницы на эродированных дерново-подзолистых почвах на моренных суглинках // Почвоведение и агрохимия. 2013. Т. 1 (50). С. 306–319.
17. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. 343 с.
18. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Микробиологические препараты – базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 11–14.
19. Синицина Н.И., Гольцберг И.А., Струнников Э.А. Агроклиматология. Л.: Гидрометеониздат, 1973. 344 с.
20. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Молекулярные основы конструирования высокопродуктивных экологически устойчивых агроценозов // Экологическая генетика. 2011. Т. 9, № 3. С. 23–26.

21. Чеботарь В.К., Казаков А.Е. Новые микробные препараты и удобрения в земледелии России // Ресурсосберегающие технологии: опыт, проблемы, перспективы: материалы Всерос. круглого стола / Ульянов. НИИСХ. Ульяновск, 2007. С. 100–110.
22. Чеботарь В.К., Завалин А.А. Эффективность применения биопрепарата Экстрасол. М.: ВНИИА, 2007. 230 с.
23. Чумаков А.Е., Захарова Т.И. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1990. 127 с.
24. Шапошников А.И., Белимов А.А., Кравченко Л.В., Виванко Д.М. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями и факторы эффективности ассоциативных симбиозов // Сельхоз. биология. 2011. № 3. С. 16–22.
25. Шевченко В.Е., Федотов В.Н. Биологизация и адаптивная интенсификация земледелия в Центральном Черноземье. Воронеж, 2000. С. 91–96.
26. Шершнева О.М. Микробиологические удобрения как основа современных биотехнологий возделывания яровой пшеницы // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Курск, 28–29 янв. 2016 г. Курск, 2016. Ч. 2. С. 76–79.
27. Adesemoye A.O., Torbert H.A., Kloepper J.W. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers // *Microb. Ecol.* 2009. Vol. 58, N 4. P. 921–929. DOI: 10.1007/s00248-009-9531-y.
28. Lugtenberg B.J.J., Chin-A-Woeng T.F., Bloemberg G.V. Microbe-plant interactions: principles and mechanisms // *Antonie van Leeuwenhoek.* 2002. Vol. 81, N 1/4. P. 373–383.