

**ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ
В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

V.V. Berezhnaya, A.G. Klykov,
M.L. Sidorenko, A.N. Bykovskaya

**THE DYNAMICS OF NUTRIENTS ELEMENTS AND SOIL MICRO-ORGANISMS CONTENT IN SPRING
WHEAT SEEDS USING BACTERIAL COMPLEXES**

Бережная Виктория Васильевна – агрохимик 2-й категории лаб. агрохимических анализов ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Приморский край, г. Уссурийск, п. Тимирязевский. E-mail: bereg911@mail.ru

Клыков Алексей Григорьевич – д-р биол. наук, чл.-корр. РАН, профессор РАН, зав. отделом селекции и биотехнологии сельскохозяйственных культур ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Приморский край, г. Уссурийск, п. Тимирязевский.

E-mail: alex.klykov@mail.ru

Сидоренко Марина Леонидовна – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. сектора почвоведения и экологии почв ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток.

E-mail: sidorenko@biosoil.ru

Быковская Анастасия Николаевна – мл. науч. сотр. сектора почвоведения и экологии почв ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: anastasia_n.boiko@inbox.ru

Berezhnaya Victoria Vasilyevna – Agrochemist of 2-nd Category, Lab. of Agrochemical Analyses, FRC of Agrobiotechnologies for the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Region, Ussuriisk, S. Timiryazevsky. E-mail: bereg911@mail.ru

Klykov Alexey Grigoryevich – Dr. Biol. Sci., Corr.-Member of RAS, Professor of RAS, Head, Department of Selection and Biotechnology of Crops, FRC for Agrobiotechnologies of the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Region, Ussuriisk, S. Timiryazevsky.

E-mail: alex.klykov@mail.ru

Sidorenko Marina Leonidovna – Cand. Biol. Sci., Leading Staff Scientist, Sector of Soil Science and Ecology of Soils, FSC of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Vladivostok.

E-mail: sidorenko@biosoil.ru

Bykovskaya Anastasia Nikolayevna – Junior Staff Scientist, Sector of Soil Science and Ecology of Soils, FSC of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Vladivostok.

E-mail: anastasia_n.boiko@inbox.ru

В условиях Приморского края изучена динамика содержания элементов питания и почвенных микроорганизмов в посевах яровой пшеницы при предпосевной обработке и опрыскивании всходов бактериальным комплексом (БК), состоящим из азотфиксирующих (а1), фосфат- (ф6, ф19) и калийсолюбизирующих (с2) микроорганизмов. Исследования проводились на опытном поле ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки (г. Уссурийск, п. Тимирязевский) совместно с ФГБУН «ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН (г. Владивосток). Цель работы – оценить влияние бактериальных комплексов на динамику содержания элемен-

тов питания, почвенных микроорганизмов и урожайность яровой пшеницы. Схема опыта включает варианты консорциумов азотфиксирующих, калий- и фосфатсолюбизирующих штаммов, полученных из коллекции микроорганизмов ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН. В качестве эталона использован препарат «Экстрасол». Выявлено, что применение бактериальных комплексов способствует повышению содержания основных элементов питания в почве и численности микроорганизмов в фазу восковой спелости зерна яровой пшеницы. При предпосевной обработке семян бактериальным комплексом а1с2ф6 увеличилось содержание NPK

в почве в 1,4–2,7 раза по сравнению с контролем. Максимальная численность азотфиксирующих микроорганизмов выявлена при предпосевной обработке бактериальным комплексом а1ф19– $3,8 \times 10^7$ КОЕ/г почвы, фосфатсольюбилизирующих с использованием консорциумов а1с2ф6 – $1,7 \times 10^5$, а калийсольюбилизирующих при опрыскивании всходов БК ф19с2 – $1,6 \times 10^7$ КОЕ/г почвы. Наибольшая урожайность установлена при обработке всходов в варианте с бактериальным комплексом а1с2 – 3,6 т/га (контроль – 3,1 т/га).

Ключевые слова: яровая пшеница, бактериальные препараты, динамика, элементы питания, почвенные микроорганизмы.

In the conditions of Primorsky Region the dynamics of the content of nutrients and soil microorganisms in spring wheat crops was studied during pre-sowing treatment and seedling spraying with bacterial complex (BC) consisting of nitrogen-fixing (a1), phosphate (f6, f19) and potassium-solubilizing (c2) microorganisms. The studies were conducted on experimental field of the FSBSI "FSC for Agrobiotechnology of the Far East named after A.K. Chaika" (Ussuriysk, Timiryazevsky Settlement) together with the FSC of Eastern Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS (Vladivostok). The purpose of the study was to assess the effect of bacterial complexes on the dynamics of the content of nutrients, soil microorganisms and that of spring wheat yield. Experimental design included the variants of consortia of nitrogen-fixing, potassium- and phosphate-solubilizing strains obtained from the collection of microorganisms of the FSC of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS. As the reference, the drug "Extrasol" was used. It was found that using BC helps to increase the content of basic nutrients in soil and the number of microorganisms in the phase of wax ripeness of spring wheat grain. During pre-sowing treatment of seeds with bacterial complex а1с2ф6, the NPK content in the soil increased by 1.4–2.7 times compared to the control. The maximum number of nitrogen-fixing microorganisms was revealed during pre-sowing treatment with а1ф19 bacterial complex – 3.8×10^7 CFU / g of soil, phosphate-solubilizing using а1с2ф6 consortia – 1.7×10^5 , and potassium-solubilizing when spraying seedlings of BC ф19с2 – 1.6×10^5 CFU / g the soil. The highest yield was established when processing seedlings in the variant with bacterial complex а1с2 – 3.6 t / hectare (control – 3.1 t / hectare).

Keywords: spring wheat, bacterial preparations, dynamics, nutritious elements, soil microorganisms.

Введение. Получение органических продуктов питания и внедрение экологически устойчивых агротехнических приемов является одним из наиболее перспективных направлений развития современного сельского хозяйства [1, 2].

В последнее время в России и за рубежом разработан целый ряд биопрепаратов на основе различных штаммов почвенных микроорганизмов (флавобактерин, ризоэнтерин, агрофил, ризоагрин, азотобактерин, ризобактерин, экстрасол и др.), обладающих комплексом полезных свойств, которые используются в земледелии [3–5].

Почвенные микроорганизмы в процессе роста и развития улучшают структуру почвы, накапливают в ней питательные вещества, минерализуют органические соединения, превращая их в легко усвояемые растением компоненты питания [6, 7]. Однако эффективность почвенных микроорганизмов в посевах яровой пшеницы изучена мало. В связи с этим в условиях Приморского края выполняются исследования по бактеризации яровой пшеницы.

Цель работы. Исследовать влияние бактериальных комплексов на содержание элементов питания, почвенных микроорганизмов и урожайность яровой пшеницы.

Объекты и методы исследования. Исследования выполнялись в 2018 г. на базе ФГБНУ «ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (г. Уссурийск, п. Тимирязевский) и ФГБУН «ФНЦ 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: а1 – микроорганизмы, фиксирующие азот в почве (азотфиксаторы); с2 – калийсольюбилизирующие микроорганизмы, способные растворять силикатные минералы и высвобождать из них соединения калия; ф6 и ф19 – фосфатсольюбилизирующие микроорганизмы, участвующие в минерализации органических фосфорных соединений и переводящие их в

доступную для растений форму, полученные из коллекции микроорганизмов ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН. Из бактериальных штаммов подготовили бактериальные комплексы (БК). В качестве препарата сравнения (эталоны) использовали коммерческий препарат «Экстрасол». БК и «Экстрасол» применяли для предпосевной обработки семян (раствор рабочей жидкости 10 л/т) и опрыскивания растений в фазу всходов (раствор рабочей жидкости 300 л/га).

Схема опыта включает 11 вариантов: 1. Контроль (без обработки). 2. а1с2ф6. 3. ф19с2. 4. а1с2. 5. а1ф19. 6. Экстрасол – эталон (предпосевная обработка семян). 7. а1с2ф6. 8. ф19с2. 9. а1с2. 10. а1ф19. 11. Экстрасол – эталон (обработка по всходам).

Площадь делянки 15 м², расположение рендомизированное, повторность трехкратная. Предшественник – соя. В течение вегетационного периода проводились фенологические наблюдения и учеты [8]. Почвы для агрохимического анализа отбирали в фазу всходов (14 мая), колошения (25 июня) и восковой спелости зерна яровой пшеницы (24 июля) с глубины пахотного слоя 0–20 см – ГОСТ 28168-89 [9], для исследования микрофлоры с глубины 5–15 см [10]. Почва участка лугово-бурая оподзоленная, тяжелосуглинистая, до закладки опыта имела следующие агрохимические показатели: органическое вещество (метод Тюрина в модификации ЦИНАО) – 2,51 %; N л.г. (метод Тюрина и Кононовой) – 63 мг/кг; P₂O₅ и K₂O (метод Кирсанова в модификации ЦИНАО) составили 32 и 135 мг/кг соответственно; рН_{кcl} – 6,4 (метод ЦИНАО); Нг – 1,30 и S – 22 мг-экв. на 100 г почвы (метод Каппена в модификации ЦИНАО). Численность микроорганизмов в почве составила: 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 [11].

Уборку проводили в фазу полной спелости зерна комбайном Неде 125. Уровень обеспе-

ченности почвы элементами питания характеризовали по методике А.А. Аксенова [12]. Статистическую обработку данных – по методике Б.А. Доспехова [13].

В 2018 г. в течение вегетационного периода сложились относительно неблагоприятные условия для роста и развития растений яровой пшеницы в связи с избыточным переувлажнением в период созревания. Количество осадков за весь период составило 503,8 мм, что превысило среднемноголетние показатели на 167,8 мм. При этом в I декаде мая осадков выпало на 45,1 мм больше нормы, а в I и II декадах июля – на 30,6 и 38,9 мм соответственно. Температурный режим был близкий к среднемноголетним значениям. Среднемесячная температура воздуха в мае составила 13 °С, в июне 17 °С и в июле 22 °С (по данным агрометеорологической станции пос. Тимирязевский).

Результаты исследования и их обсуждение. Известно, что азотфиксирующие, фосфат- и калийсолубилизирующие микроорганизмы играют существенную роль в пополнении в почве запасов азота, фосфора и калия [6, 7]. Однако для растений характерна неравномерность потребления элементов питания в течение вегетации. До начала кущения растения яровой пшеницы практически не потребляют элементы питания из почвы, так как развиваются за счет питательных веществ, содержащихся в семени [14]. Исследования показали, что при применении БК содержание легкогидролизуемого азота (N л.г.) находилось в пределах средних значений [12] и составило 64–73 мг/кг почвы, максимальное его количество отмечено в варианте БК (а1ф19) – 73 мг/кг почвы. Подвижные формы фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O) оставались на уровне низких и средних значений [12], не превысили контроль ни в одном из вариантов и составили 14–29 и 95–111 мг/кг почвы (табл. 1). По нашему мнению, это связано с тем, что до закладки опыта фосфат- и калийсолубилизирующие микроорганизмы в почве отсутствовали.

**Содержание основных элементов питания в почве
по фазам развития яровой пшеницы, мг/кг**

Вариант	Фаза развития								
	Всходы			Колошение			Восковая спелость		
	Н л.г.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Н л.г.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Н л.г.	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	69	29	111	59	29	101	78	23	170
a1c2ф6	67*	25*	100*	$\frac{62^*}{60^{**}}$	$\frac{29^*}{29^{**}}$	$\frac{96^*}{102^{**}}$	$\frac{111^*}{63^{**}}$	$\frac{61^*}{18^{**}}$	$\frac{270^*}{122^{**}}$
ф19с2	64*	14*	100*	$\frac{60^*}{60^{**}}$	$\frac{25^*}{20^{**}}$	$\frac{89^*}{98^{**}}$	$\frac{64^*}{80^{**}}$	$\frac{32^*}{32^{**}}$	$\frac{121^*}{232^{**}}$
a1c2	66*	20*	95*	$\frac{53^*}{53^{**}}$	$\frac{34^*}{34^{**}}$	$\frac{96^*}{100^{**}}$	$\frac{66^*}{83^{**}}$	$\frac{14^*}{14^{**}}$	$\frac{137^*}{150^{**}}$
a1ф19	73*	20*	96*	$\frac{70^*}{55^{**}}$	$\frac{39^*}{20^{**}}$	$\frac{104^*}{79^{**}}$	$\frac{60^*}{68^{**}}$	$\frac{23^*}{28^{**}}$	$\frac{132^*}{106^{**}}$
Экстрасол	70*	25*	108*	$\frac{74^*}{57^{**}}$	$\frac{32^*}{43^{**}}$	$\frac{96^*}{86^{**}}$	$\frac{66^*}{78^{**}}$	$\frac{23^*}{18^{**}}$	$\frac{144^*}{151^{**}}$
НСР ₀₅	1,53	2,51	2,51	4,54	1,45	3,63	4,13	2,89	3,50

Здесь и далее. * – предпосевная обработка семян; ** – обработка всходов.

В период от выхода в трубку до начала колошения происходит наиболее интенсивное потребление элементов питания [14]. С применением БК в фазу колошения яровой пшеницы количество N л.г. и K₂O в почве незначительно снижается, а содержание P₂O₅ увеличивается практически во всех вариантах опыта относительно фазы всходов (табл. 1) и контрольного значения. При предпосевной обработке БК азотфиксирующих и фосфатсолобизующих бактерий (a1ф19) концентрация NPK в почве увеличилась в 1–1,3 раза по сравнению с контролем. Остальные варианты опыта при бактериализации семян и всходов незначительно влияли на повышение содержания NPK в почве или оставались на уровне контроля.

Фаза восковой спелости зерна характеризуется нарастающими темпами старения вегетативных органов. Поступление питательных веществ из почвы прекращается, и происходит их отток (в первую очередь калия) из корней в почву [14]. Исследованиями выявлено, что варианты с БК a1c2ф6 (предпосевная обработка семян) и БК ф19с2 (обработка всходов) превыси-

ли контроль по K₂O в 1,6 и 1,4 раза, а также в них отмечено повышение содержания N л.г. и P₂O₅ (табл. 1). При предпосевной обработке семян БК консорциума бактерий (a1c2ф6) концентрация легкогидролизуемого азота повысилась до высоких значений [12] – 111 мг/кг, а P₂O₅ в повышенных – 61 мг/кг почвы. Увеличилось количество N л.г. до повышенных значений [12] и составило 83 мг/кг почвы.

Помимо обеспечения необходимого минимума элементов питания в почве вторым важным моментом при применении БК является численность микробного сообщества почвы. В результате исследований выявлено, что штаммы микроорганизмов сохранялись в ризосфере растений в течение всего вегетационного периода и оказывали влияние на их численность. Так, в фазе всходов максимальный рост азотфиксаторов выявлен в варианте с БК a1ф19 и составил $6,7 \times 10^5$ КОЕ/г почвы и БК ф19с2 – $5,7 \times 10^5$ КОЕ/г почвы. Увеличение фосфатсолобизующих микроорганизмов отмечено при БК a1c2 в 1,4 и калийсолобизующих в варианте a1ф19 в 2 раза по сравнению с контролем (табл. 2).

Численность микроорганизмов по фазам развития яровой пшеницы, КОЕ/г почвы

Фаза развития	Микро-организмы	Вариант					
		Контроль	а1с2ф6	ф19с2	а1с2	а1ф19	Экстрасол
Всходы	Азот-фиксирующие	2,2×10 ⁵	2,8×10 ^{5*}	5,7×10 ^{5*}	1,3×10 ^{5*}	6,7×10 ^{5*}	4,2×10 ^{5*}
	Фосфат-сольюбирующие	6,4×10 ⁴	2,8×10 ^{4*}	1,5×10 ^{4*}	9,0×10 ^{4*}	0,1×10 ^{2*}	2,4×10 ^{4*}
	Калий-сольюбирующие	1,4×10 ⁵	4,3×10 ^{4*}	2,3×10 ^{4*}	3,3×10 ^{4*}	2,8×10 ^{5*}	9,7×10 ^{4*}
Колошение	Азот-фиксирующие	1,9×10 ⁶	$\frac{2,1 \times 10^{6*}}{2,1 \times 10^{6**}}$	$\frac{1,7 \times 10^{6*}}{1,3 \times 10^{6*}}$	$\frac{2,5 \times 10^{6*}}{1,6 \times 10^{6**}}$	$\frac{1,3 \times 10^{6*}}{2,5 \times 10^{6**}}$	$\frac{2,2 \times 10^{6*}}{5,3 \times 10^{5**}}$
	Фосфат-сольюбирующие	1,0×10 ³	$\frac{2,0 \times 10^{3*}}{3,0 \times 10^{3**}}$	$\frac{2,8 \times 10^{4*}}{2,0 \times 10^{3*}}$	$\frac{0,1 \times 10^{2*}}{0,1 \times 10^{2**}}$	$\frac{0,1 \times 10^{2*}}{0,1 \times 10^{2**}}$	$\frac{8,0 \times 10^{3*}}{0,1 \times 10^{2**}}$
	Калий-сольюбирующие	3,8×10 ⁶	$\frac{1,1 \times 10^{6*}}{1,6 \times 10^{6**}}$	$\frac{1,2 \times 10^{6*}}{1,5 \times 10^{4*}}$	$\frac{2,1 \times 10^{6*}}{5,0 \times 10^{5**}}$	$\frac{3,6 \times 10^{6*}}{5,2 \times 10^{4**}}$	$\frac{4,4 \times 10^{4*}}{3,4 \times 10^{4**}}$
Восковая спелость	Азот-фиксирующие	3,0×10 ⁵	$\frac{1,4 \times 10^{5*}}{2,6 \times 10^{7**}}$	$\frac{2,9 \times 10^{5*}}{2,3 \times 10^{7**}}$	$\frac{2,3 \times 10^{6*}}{6,6 \times 10^{4**}}$	$\frac{3,8 \times 10^{7*}}{3,0 \times 10^{7**}}$	$\frac{2,4 \times 10^{7*}}{4,6 \times 10^{4**}}$
	Фосфат-сольюбирующие	4,0×10 ⁴	$\frac{1,7 \times 10^{5*}}{2,4 \times 10^{4**}}$	$\frac{3,3 \times 10^{3*}}{0,1 \times 10^{2**}}$	$\frac{6,9 \times 10^{4*}}{8,0 \times 10^{4**}}$	$\frac{1,4 \times 10^{5*}}{0,1 \times 10^{2**}}$	$\frac{0,1 \times 10^{2*}}{2,9 \times 10^{4**}}$
	Калий-сольюбирующие	1,5×10 ⁶	$\frac{3,2 \times 10^{3*}}{1,3 \times 10^{5**}}$	$\frac{7,6 \times 10^{4*}}{1,6 \times 10^{7**}}$	$\frac{1,2 \times 10^{6*}}{7,1 \times 10^{4**}}$	$\frac{2,2 \times 10^{5*}}{5,2 \times 10^{6**}}$	$\frac{3,3 \times 10^{7*}}{1,0 \times 10^{5**}}$

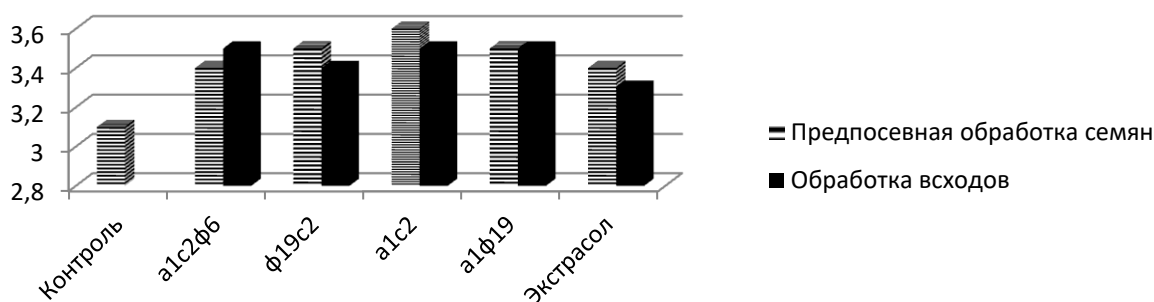
Численность азотфиксирующих бактерий в фазу колошения была выше контроля при опылировании всходов пшеницы БК а1с2ф6 и а1ф19 в 1,1 и 1,3 раза, а фосфатсольюбирующих в варианте с БК ф19с2 в 2 раза (табл. 2). Калийсольюбирующие штаммы ни в одном из вариантов контроль не превысили.

Численность фосфатсольюбирующих микроорганизмов увеличилась при БК а1с2ф6 в 4 и а1ф19 в 3,5 раза при обработке семян перед посевом и в варианте с БК а1с2 в 2 раза при обработке по вегетации в восковой спелости зерна яровой пшеницы (табл. 2). С применением БК ф19с2 и а1ф19 по всходам увеличилась численность калийсольюбирующих бактерий в почве в 10 и 3,4 раза соответственно.

Анализ динамики численности бактерий по фазам вегетации показал, что в фазу кущения

численность их минимальна, а в фазу колошения и восковой спелости зерна максимальна. В этот период возрастает активность микроорганизмов, так как они принимают активное участие в разложении отмирающих корневых остатков, а также в результате оттока элементов питания из растений в почву.

Исследования показали, что бактериальные комплексы оказали влияние и на урожайность яровой пшеницы. При применении бактериального комплекса в составе с азотфиксирующими и калийсольюбирующими микроорганизмами (а1с2) по всходам получена максимальная урожайность – 3,6 т/га, при этом прибавка урожая составила 16,1% по сравнению с контролем (рис.).



Урожайность зерна яровой пшеницы, т/га

Высокая урожайность (3,5 т/га), получена в вариантах с применением БК ф19с2, а1ф19 (предпосевная обработка семян) и а1с2ф6, а1с2, а1ф19 (по всходам), прибавка составила 12,9 %.

Заключение. Проведенные исследования показали, что использование бактериальных комплексов, состоящих из азотфиксирующих, калий- и фосфатсольюбирующих штаммов микроорганизмов, повышает не только основные элементы питания, численность почвенных микроорганизмов, но и урожайность яровой пшеницы. Концентрация основных элементов питания в фазу восковой спелости зерна увеличилась в 1,4–2,6 раза при предпосевной бактериализации семян комплексом азотфиксирующих, фосфат- и калийсольюбирующих бактерий и способствовала росту фосфатсольюбирующих и азотфиксирующих микроорганизмов, что превысило контроль в 4 и 126 раз соответственно. При опрыскивании всходов фосфат- и калийсольюбирующими штаммами основные элементы питания увеличились в 1,4 раза, а численность калийсольюбирующих бактерий в 11 раз в сравнении с контрольным вариантом. Комплекс азотфиксирующих и калийсольюбирующих штаммов обеспечил прибавку урожайности 16,1 % от контроля. Исследуемые бактериальные комплексы хорошо зарекомендовали себя в условиях Приморского края и требуют дальнейших исследований.

Литература

1. Технология эффективного применения бактериальных препаратов для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в степной зоне Поволжья / сост. Т.М. Ярошенко, Д.Ю. Журавлев, Н.Ф. Кли-

- мова [и др.]; НИИСХ Юго-Востока. – Саратов, 2017. – 26 с.
2. Vance C.P. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources // Plant physiology. – 2001. –Vol. 127(2). – P. 390–397.
3. Суинова Т.В., Анохина Т.О., Сизова О.И. [и др.]. Штаммы PGPR Pseudomonas, перспективные для создания биопрепаратов для защиты и стимуляции роста растений // Биотехнология. – 2017. – Т. 33. – № 2. – С. 56–67.
4. Сизова О.И., Суинова Т.В., Анохина Т.О. [и др.]. Особенности выбора штаммов ризосферных псевдомонад, перспективных для создания биопрепаратов // Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов. – М., 2016. – С. 125–127.
5. Бережная В.В., Клыков А.Г., Сидоренко М.Л. [и др.]. Влияние бактериальных комплексов на урожайность яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Вестник ДВО РАН. – 2019. – № 3. – С. 103–111.
6. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 3. – С. 3–9.
7. Симонович Е.И. Экологические аспекты применения биологических активаторов почвенного плодородия: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Ростов-н/Д, 2011. – 50 с.
8. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1989. – Вып. 2. – 196 с.
9. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – Введ. 01.04.90. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 7 с.

10. Методы почвенной микрофлоры и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.
11. Практикум по биологии почв / под ред. Г.М. Зеновой. – М.: МГУ, 2002. – 689 с.
12. Применение удобрений на основе картограмм: метод. рекомендации / сост. А.А. Аксенов. – Уссурийск, 1989. – 38 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2014. – 351 с.
14. Агрехимия / под ред. Б.А. Ягодина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 655 с.
5. Berezhnaya V.V., Klykov A.G., Sidorenko M.L. [i dr.]. Vliyanie bakterial'nyh kompleksov na urozhajnost' yarovoj pshenicy (*Triticum aestivum* L.) // Vestnik DVO RAN. – 2019. – № 3. – S. 103–111.
6. Tihonovich I.A., Provorov N.A. Sel'skohozyajstvennaya mikrobiologiya kak osnova ekologicheski ustojchivogo agroproduktstva: fundamental'nye i prikladnye aspekty // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2011. – № 3. – S. 3–9.
7. Simonovich E.I. Ekologicheskie aspekty primeneniya biologicheskikh aktivizatorov pochvennogo plodorodiya: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. – Rostov-n/D, 2011. – 50 s.

Literatura

1. Tekhnologiya effektivnogo primeneniya bakterial'nyh preparatov dlya povysheniya produktivnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur v stepnoj zone Povolzh'ya / sost. T.M. Yaroshenko, D.Yu. Zhuravlev, N.F. Klimova [i dr.]; NIISKH Yugo-Vostoka. – Saratov, 2017. – 26 s.
2. Vance C.P. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources // Plant physiology. – 2001. – Vol. 127(2). – P. 390–397.
3. Siunova T.V., Anohina T.O., Sizova O.I. [i dr.]. Shtammy PGPR Pseudomonas, perspektivnye dlya sozdaniya biopreparatov dlya zashchity i stimulyacii rosta rastenij // Biotekhnologiya. – 2017. – T. 33. – № 2. – S. 56–67.
4. Sizova O.I., Siunova T.V., Anohina T.O. [i dr.]. Osobennosti vybora shtammov rizosfernyh psevdomonad, perspektivnyh dlya sozdaniya biopreparatov // Biohimiya, fiziologiya i biosfernaya rol' mikroorganizmov. – M., 2016. – S. 125–127.
8. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. – M., 1989. – Vyp. 2. – 196 s.
9. GOST 28168-89. Pochvy. Otbor prob. – Vved. 01.04.90. – M.: Izd-vo standartov, 1989. – 7 s.
10. Metody pochvennoj mikroflory i biokhimii / pod red. D.G. Zvyaginцева. – M.: Izd-vo MGU, 1991. – 303 s.
11. Praktikum po biologii pochv / pod red. G.M. Zenovoj. – M.: MGU, 2002. – 689 s.
12. Primenenie udobrenij na osnove kartogramm: metod. rekomendacii / sost. A.A. Akseov. – Ussurijsk, 1989. – 38 s.
13. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). – M.: Al'yans, 2014. – 351 s.
14. Aгрехимия / под ред. Б.А. Ягодина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 655 с.

