

Научная статья

УДК 633.853.52:631.847.211(571.6)

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_12

Результаты отбора чистых культур с хозяйственно полезными свойствами из дальневосточных природных популяций ризобий сои

М.В. Якименко✉, А.И. Сорокина

Мария Владимировна Якименко

кандидат биологических наук

ведущий научный сотрудник

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Благовещенск, Россия

mariy-y@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1141-1900>

Арина Игоревна Сорокина

кандидат ветеринарных наук

ведущий научный сотрудник

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Благовещенск, Россия

sai@vniisoi.ru

<http://orcid.org/0000-0003-4611-767x>

Аннотация. Исследования проводили в 2019–2020 гг. во Всероссийском научно-исследовательском институте сои с целью изучения эффективности штаммов *Bradyrhizobium japonicum* (Jordan, 1982) и *Sinorhizobium fredii* (Scholla, Elkan, 1984), устойчивых к концентрации молибдата аммония 10 г/л, применяемой в производстве для обработки семян сои (*Glycine max* (L.) Merr.). Объекты исследований – чистые культуры ризобий сои двух видов, соя сортов Евгения, Персона, Топаз, Китросса селекции ВНИИ сои. В лабораторных условиях изучена устойчивость чистых культур ризобий сои *B. japonicum* и *S. fredii*, хранящихся в лабораторной коллекции ФГБНУ ВНИИ сои, к различным дозам молибдата аммония в питательной среде. В результате установлено, что при повышении концентрации молибдата аммония в питательной среде до 10 г/л 66 % чистых культур *B. japonicum* и 9 % – *S. fredii* прекратили свой рост, выявлены штаммы ризобий, устойчивые к повышенной концентрации соли молибдена в среде. Эффективность отобранных штаммов изучали в полевых опытах на луговой черноземовидной почве Амурской области. По результатам двух лет испытаний выбраны перспективные штаммы ризобий *B. japonicum* (ТМ-455, ТМ-469, БМ-91, БД-14) и *S. fredii* (ББ-49, ТБ-589 СБ-38, СБ-43, 071), повышающие семенную продуктивность сои амурских сортов на 0,07–0,4 т/га.

Ключевые слова: штамм, вид, *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium fredii*, инокуляция, молибдат аммония, соя, урожайность, эффективность

Для цитирования: Якименко М.В., Сорокина А.И. Результаты отбора чистых культур с хозяйственно полезными свойствами из дальневосточных природных популяций ризобий сои // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 118–127. [http://dx.doi.org/ 10.37102/0869-7698_2022_223_03_12](http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_12).

Благодарности: Бегуну Степану Алексеевичу – самоотверженному исследователю, безгранично преданному делу изучения дальневосточных природных популяций клубеньковых бактерий сои, создателю коллекции ВНИИ сои чистых культур этих микроорганизмов.

Финансирование: проект № 18-5-032 программы «Приоритетные научные исследования в интересах комплексного развития Дальневосточного отделения РАН».

Original article

Results of the selection of pure cultures with economically useful properties from the Far Eastern natural populations of soybean rhizobia

M.V. Yakimenko, A.I. Sorokina

Mariya V. Yakimenko

Candidate of Science in Biology

Leading researcher

Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean»,
Blagoveschensk, Russia

mariy-y@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1141-1900>

Arina I. Sorokina

Candidate of Science in Veterinary Medicine

Leading researcher

Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean»,
Blagoveschensk, Russia

sai@vniisoi.ru

<http://orcid.org/0000-0003-4611-767x>

Abstract. The studies were carried out in 2019–2020 at the All-Russian Soybean Research Institute in order to investigate the effectiveness of strains *Bradyrhizobium japonicum* (Jordan, 1982) and *Sinorhizobium fredii* (Scholla, Elkan, 1984), resistant to ammonium molybdate in the concentration of 10 g/l used for soybean seed (*Glycine max* (L.) Merr.) treatment. The objects of the studies were pure cultures of two soybean rhizobia species, soybean varieties were Evgeniya, Persona, Topaz, Kitrossa of the All-Russian Soybean Research Institute of soybean. The resistance of pure cultures of soybean rhizobia *B. japonicum* and *S. fredii*, stored in the laboratory collection of the All-Russian Research Institute of Soybean, to various doses of ammonium molybdate in the nutrient medium was studied under laboratory conditions. As a result, it was found that with an increase in the ammonium molybdate concentration in the nutrient medium up to 10 g/l, 66 % of pure cultures of *B. japonicum* and 9 % of *S. fredii*

ceased their growth, strains of rhizobia resistant to an increased concentration of molybdenum salt in the medium were identified. The efficiency of the selected strains was studied in field experiments on the meadow chernozem-like soil of the Amur Region. Based on the results of two years of testing, promising strains of rhizobia – *B. japonicum* (TM-455, TM-469, BM-91, BD-14) and *S. fredii* (BB-49, TB-589 SB-38, SB-43, 071), which increase the seed productivity of the Amur soybean varieties by 0.07-0.4 t/ha were selected.

Keywords: strain, species, *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium fredii*, inoculation, ammonium molybdate, soybean, productivity, efficiency

For citation: Yakimenko M.V., Sorokina A.I. Results of the selection of pure cultures with economically useful properties from the Far Eastern natural populations of soybean rhizobia. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):118-127. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_12.

Acknowledgments. To Begun Stepan Alekseevich, a selfless researcher, infinitely devoted to the study of the Far Eastern natural populations of nodule bacteria of soybean, creator of the All-Russian Research Institute of soybean collection of pure cultures of these microorganisms.

Funding. Project No. 18-5-032 of the program “Priority scientific research in the interests of the integrated development of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences”.

На современном этапе развития сельского хозяйства в России из-за постоянного роста цен на удобрения, средства защиты растений, энергоносители, сельскохозяйственную технику актуальным является вопрос о стабильно высоком урожае хорошего качества с наиболее низкими затратами для его получения [1]. Кроме того, нерациональное применение агрохимикатов, низкий коэффициент их использования растениями приводит к деградации почв, нарушает экологическое равновесие природных систем [2–4]. В связи с этим перспективно использование в сельскохозяйственном производстве бактериальных препаратов [5–7]. Например, многолетний опыт искусственной инокуляции бобовых культур свидетельствует о том, что это наиболее простой, экономичный и экологичный способ увеличения их урожая в среднем на 10–15 %, а в новых районах возделывания – на 40–50 % и более [8–10]. Для достижения максимального эффекта от ризобияльных препаратов необходимо постоянно вести поиск новых высокоэффективных, обладающих повышенной конкурентной способностью штаммов клубеньковых бактерий, на основе которых готовят инокулянты [11–13].

Дальневосточный регион – единственный в России и самый северный в мире ареал распространения природных популяций ризобий сои. Их высокая активность дает возможность отбора наиболее ценных по хозяйственно полезным свойствам штаммов [14–16] – например, штаммов, устойчивых к повышенным концентрациям молибдена в питательной среде. Применение молибденовых удобрений для предпосевной обработки семян сои – обязательный элемент технологии ее возделывания, но рекомендуемые дозы этого микроэлемента могут отрицательно влиять на выживаемость чистых культур ризобий сои, на основе которых производятся инокулянты [17–19]. Проводимые нами ранее исследования показали возможность отбора штаммов ризобий, устойчивых к молибдену в среде, и позволили выявить наименее токсичную для чистых культур концентрацию молибдата аммония (10 г/л), используемую в производстве.

Цель исследований – оценка эффективности выделенных из дальневосточных природных популяций штаммов *B. japonicum* и *S. fredii*, устойчивых к повышенной концентрации молибдена в питательной среде, на сое новых сортов селекции ФНЦ ВНИИ сои.

Материал и методы

Эксперименты проводили в 2019–2020 гг. во Всероссийском научно-исследовательском институте сои (г. Благовещенск). Объектами исследований служили чистые культуры ризобий сои *Bradyrhizobium japonicum* (Jordan, 1982) и *Sinorhizobium fredii* (Scholla, Elkan, 1984), выделенные из природных популяций Дальнего Востока, растения сои сортов амурской селекции Персона, Евгения, Топаз, Китросса.

Устойчивость штаммов ризобий к соли молибдена изучали на минерально-растительной среде (МРС) следующего состава, г/л: K_2HPO_4 – 0,5; KH_2PO_4 – 0,5; $MgSO_4$ – 0,1; $CaSO_4$ – 0,1; $NaCl$ – 0,2; маннит – 20,0; соевая мука – 10,0; агар-агар – 20,0 с использованием молибдата аммония в количествах 1,0 и 10 г/л соли в среде. При проведении экспериментов с ризобиями питательные среды разливали по пробиркам и стерилизовали в автоклаве. Далее пробирки со средами выставляли на штативы для скашивания и через 30–40 минут маркировали. На подготовленную МРС микробиологической петлей, соблюдая стерильность, высевали чистую культуру ризобий. Пробирки с засеянными культурами термостатировали при температуре +27...+28 °С. Каждый штамм оценивали в двух пробирках на 13-е сутки после посева по показателям интенсивности роста штриха визуально по балльной шкале: 0 – нет роста, 1 – скудный, 2 – умеренный, 3 – хороший, 4 – обильный рост [20].

Полевые исследования проводили на опытном поле ФНЦ ВНИИ сои (Амурская область, Тамбовский район, с. Садовое). Почва опытного участка луговая черноземовидная среднесиловатая (гумусовый слой (А+АВ) составляет 20–30 см), характеризующаяся следующими показателями: содержание гумуса (ГОСТ 26 213-84) – 4,3 %; подвижного фосфора P_2O_5 и калия K_2O (по Кирсанову) – соответственно 37 и 211 мг/кг почвы; минерального азота $NO_3 + NH_4$ – 18,6 мг/кг; реакция почвенного раствора слабокислая (pH_{KCl} 5,2 ед.); гидролитическая кислотность (Нг) – 2,52 мг-экв. / 100 г почвы. Особенностью данного вида почвы является то, что при значительных валовых запасах азота и фосфора доступных для растений форм этих элементов недостаточно.

Метеорологические условия в зоне проведения полевых исследований характеризуются как типичные для муссонного климата. Наиболее теплым месяцем является июль. Наибольшее количество осадков выпадает в июле и августе. Так, по среднемноголетним данным доля осадков в эти месяцы составляет 48 % от годовой суммы, тогда как сумма осадков за ноябрь–март не превышает 5 %. В годы закладки опытов наблюдалось существенное отклонение показателей количества осадков от среднемноголетних данных. Так, если среднемесячная температура воздуха в апреле–сентябре 2019 г. была на уровне среднемноголетних показателей и количество осадков в апреле, июне, августе, сентябре не превышало норму, то в мае и июле 2019 г. осадков выпало значительно выше нормы (в мае – в 1,7, в июле – в 2,3 раза). В 2020 г. в зоне исследований среднесуточная температура воздуха в апреле–октябре была на 0,9 °С выше среднемноголетних показателей. Избыточное количество осадков отмечали на протяжении всего периода вегетации. Исключение составил июль – осадков выпало 42,7 мм при норме 106 мм. В остальные месяцы наблюдений сумма осадков превысила среднемноголетние показатели в 2,5 раза.

Семена сои сортов селекции ФНЦ ВНИИ сои Персона, Евгения, Топаз, Китросса высевали ручным способом по 2 семени в точку с интервалом через 10 см

на глубину 4–5 см. Посев широкорядный с междурядьями 45 см. Площадь учетной делянки 2,7 м² (длина – 3 м, ширина – 0,9 м), повторность опыта четырехкратная. Предшественник – пшеница. В день посева семена сои обрабатывали бактериально-молибденовой суспензией из расчета 10 г/л молибдата аммония +100 тыс. клеток на 1 семя. Агротехника возделывания сои в мелкоделяночных опытах включала осеннюю вспашку с боронованием почвы, весеннюю культивацию зяби, допосевное внесение гербицида в почву, боронование, прикатывание, маркирование опытного участка. За вегетационный период проводили ручные прополки. Урожай сои с учетной площади убирали сплошным методом вручную с последующим обмолом снопов на стационарной молотилке и пересчетом урожайности на 14%-ю влажность и 100%-ю чистоту. Закладку, проведение полевых опытов, учет урожая, статистическую обработку урожайных данных проводили по методике Б.А. Доспехова [21]. Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа с использованием программы Statistica 10 (StatSoftInc., США).

Результаты и обсуждение

На первоначальном этапе в лабораторных условиях была определена устойчивость чистых культур *B. japonicum* и *S. fredii* селекции ФНЦ ВНИИ сои (91 штамм) к различным дозам молибдата аммония в питательной среде. На МРС без молибдена хороший и обильный рост штриха чистой культуры показали 85 % изучаемых штаммов *B. japonicum* и 95,5 % штаммов *S. fredii*. При добавлении в питательную среду молибдата аммония в количестве 1,0 г/л интенсивность роста штриха исследуемых чистых культур *B. japonicum* снижалась до 74 %, *S. fredii* – до 93 %. При повышении концентрации молибдата аммония в питательной среде до 10 г/л 66 % чистых культур ризобий *B. japonicum* и 9 % чистых культур ризобий *S. fredii* прекратили свой рост (рис. 1).

Эксперименты показали, что добавление молибдата аммония в питательную среду, даже в небольшом количестве, приводит к снижению интенсивности роста чистых культур клубеньковых бактерий сои. Кроме того, было установлено, что исследуемые штаммы ризобий сои существенно отличаются по чувствительности к присутствию соли молибдена в среде, что позволило выявить чистые культуры, устойчивые к повышенной концентрации этого микроэлемента.

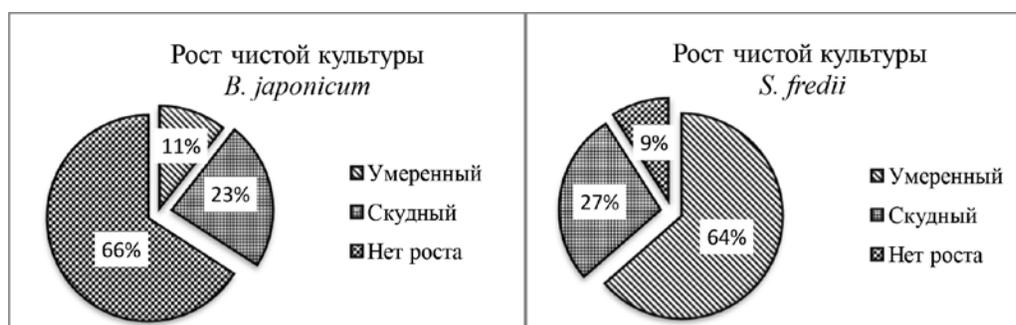


Рис. 1. Интенсивность роста штаммов *B. Japonicum* и *S. fredii* на агаризованной питательной среде с молибдатом аммония в концентрации 10 г/л

Эффективность штаммов ризобий *B. japonicum* (648а, ТМ-455, БМ-88, БМ-91, ТМ-469, МС-63, БД-14) и *S. fredii* (ББ-49, ТБ-496, ТБ-589, СБ-38, СБ-43, ОБ-46, 071), устойчивых к концентрации 10 г/л молибдата аммония в питательной среде, изучали в полевых опытах на луговых черноземовидных почвах Амурской области на сое сортов Евгения, Персона, Топаз, Китросса селекции ВНИИ сои.

В 2019 г. урожайность надземной массы в вариантах с обработкой семян сои сорта Евгения штаммами *B. japonicum* составляла 6,79–8,23 т/га, урожайность семян – 2,79–3,38 т/га (табл. 1). Доля хозяйственно полезной части урожая сои в большинстве вариантов со штаммами составляла 41 %. Существенные прибавки урожайности надземной массы сои сорта Евгения (0,18 и 0,42 т/га) были получены в вариантах с применением штаммов МС-63 и БМ-91, семян (0,14 и 0,17 т/га) – штаммов ТМ-455 и БМ-91. Наиболее высокая достоверная прибавка урожайности надземной массы (0,42 т/га) и семян (0,17 т/га) сои сорта Евгения была получена при использовании штамма БМ-91.

Таблица 1

Влияние штаммов *B. japonicum* и *S. fredii* на урожайность надземной массы и семян сои сортов Евгения, Персона, 2019 г.

Штамм	Средняя урожайность, т/га		Прибавка урожайности, т/га	
	надземной массы	семян	надземной массы	семян
Сорт сои Евгения				
Контроль	7,81	3,21	–	–
648а	7,72	3,17	–	–
ТМ-455	7,38	3,35	–	0,14
БМ-88	6,91	2,97	–	–
БМ-91	8,23	3,38	0,42	0,17
ТМ-469	6,79	2,79	–	–
МС-63	7,99	3,26	0,18	0,05
БД-14	7,13	3,06	–	–
Сорт сои Персона				
Контроль	5,86	2,97	–	–
ББ-49	6,84	3,36	0,98	0,39
ТБ-496	5,75	2,97	–	–
ТБ-589	6,32	3,37	0,46	0,40
СБ-38	5,94	3,01	0,08	0,04
СБ-43	6,67	3,30	0,81	0,33
ОБ-46	5,93	2,97	0,07	–
071	6,57	3,26	0,71	0,29
НСР ₀₅	0,08		0,07	

Примечание. Прочерк – прибавка отсутствует.

При проведении в 2019 г. полевого эксперимента на сое сорта Персона средняя урожайность надземной массы растений в контроле составила 5,86 т/га. В вариантах с предпосевной обработкой семян сои изучаемыми штаммами средняя урожайность воздушно-сухой массы растений составляла от 5,75 т/га (штамм ТБ-496) до 6,84 т/га (штамм ББ-49). В среднем изучаемые штаммы ризобий повысили продуктивность фитомассы сои сорта Персона на 0,6 т/га, урожайность семян – на 0,35 т/га. Наиболее высокое увеличение надземной массы относительно контроля (0,98 т/га) было получено при обработке семян сои сорта Персона

штаммом *S. fredii* ББ-49. Доля хозяйственно полезной части урожая в вариантах со штаммами изменялась в узких пределах – от 49 до 53 %. Существенные достоверные прибавки урожайности семян сои сорта Персона (0,29–0,40 т/га) получены в вариантах с применением штаммов *S. fredii* 071, СБ-43, ББ-49, ТБ-589 (рис. 2).

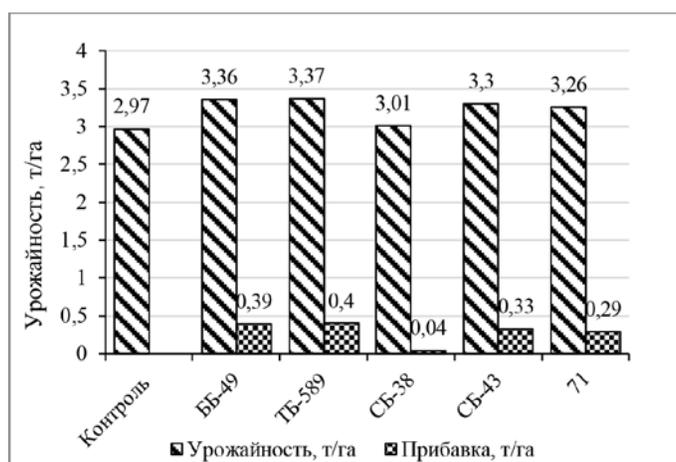


Рис. 2. Влияние предпосевной обработки семян сои сорта Персона штаммами ризобий на урожайность культуры, т/га

В 2020 г. определяли эффективность изучаемых штаммов *B. japonicum* и *S. fredii* на сое сортов Топаз и Китросса (табл. 2).

Таблица 2

Влияние штаммов *B. japonicum* и *S. fredii* на урожайность надземной массы и семян сои сортов Топаз, Китросса, 2020 г.

Штамм	Средняя урожайность, т/га		Прибавка урожайности, т/га	
	надземной массы	семян	надземной массы	семян
Сорт сои Топаз				
Контроль	5,47	2,66	–	–
648a	5,77	2,77	0,30	0,11
ТМ-455	5,69	2,77	0,22	0,11
БМ-88	5,53	2,74	0,06	0,08
БМ-91	5,35	2,71	–	0,05
ТМ-469	5,60	2,73	0,13	0,07
МС-63	5,33	2,68	–	0,02
БД-14	5,52	2,73	0,05	0,07
Сорт сои Китросса				
Контроль	7,45	2,43	–	–
ББ-49	7,30	2,59	–	0,16
ТБ-496	7,16	2,44	–	0,01
ТБ-589	7,67	2,59	0,22	0,16
СБ-38	7,46	2,55	0,01	0,12
СБ-43	7,43	2,15	–	–
ОБ-46	7,54	2,50	0,09	0,07
071	7,78	2,58	0,33	0,15
НСР ₀₅	0,09		0,06	

Примечание. Прочерк – прибавка отсутствует.

Урожайность надземной массы растений сои сортов Топаз и Китросса в контроле составила соответственно 5,47 и 7,45 т/га. В вариантах с обработкой семян штаммами 648а, ТМ-455, ТБ-589 и 071 отмечены наиболее высокие прибавки урожайности фитомассы сои этих сортов по сравнению с контролем (0,22–0,33 т/га). Предпосевная обработка семян сои сорта Топаз штаммами *B. japonicum* 648а, ТМ-455, ТМ-469, БД-14 достоверно повысила семенную продуктивность культуры на 0,07–0,11 т/га. Максимальная прибавка урожайности семян сои сорта Топаз (0,11 т/га) была получена при их обработке штаммами *B. japonicum* 648а и ТМ-455. Соя сорта Китросса отреагировала на обработку семян штаммами *S. fredii* ББ-49, ТБ-589, СБ-38, 071 прибавкой урожайности на 0,12–0,16 т/га по сравнению с контролем. В вариантах с использованием штаммов *S. fredii* 071, ББ-49, ТБ-589 урожайность семян была 2,58–2,59 т/га, что на 0,15–0,16 т/га выше контроля.

Заключение

В результате исследований отобраны штаммы *B. japonicum* и *S. fredii*, устойчивые к повышенной концентрации молибдата аммония в питательной среде, проведена оценка их эффективности на сое амурских сортов. Штаммы 648а, ТМ-455, БМ-91, МС-63 (*B. japonicum*) и ББ-49, ТБ-589, СБ-43, 071 (*S. fredii*) повысили продуктивность надземной массы сои сортов Евгения, Персона, Топаз, Китросса на 0,18–0,98 т/га. Наиболее высокие показатели прироста надземной массы сои сорта Персона относительно контроля отмечены в вариантах со штаммами ББ-49 (0,98 т/га), СБ-43 (0,81 т/га). Штаммы *B. japonicum* 648а, ТМ-455, ТМ-469, БМ-91, БД-14 и *S. fredii* ББ-49, ТБ-589 СБ-38, СБ-43, 071 повысили семенную продуктивность сои сортов Персона, Евгения, Топаз, Китросса на 0,07–0,4 т/га. Максимальная прибавка урожайности семян сои сортов Персона (0,4 т/га) и Китросса (0,16 т/га) получена в вариантах с использованием штаммов ББ-49, ТБ-589, сорта Евгения (0,17 т/га) – штамма БМ-91, сорта Топаз (0,11 т/га) – штаммов 648а, ТМ-455. В производственных условиях для повышения урожайности бобовых культур предпосевную обработку семян сои отобранными штаммами можно совмещать с молибденизацией.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Синеговский М.О., Антонова Н.Е. Экономика производства сои: учет сортовых и региональных особенностей: монография. Благовещенск: ОДЕОН, 2018. 128 с.
2. Тихонович И.А. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений // Плодородие. 2011. № 3. С. 9–13.
3. Волобуев О.Г. Симбиотическая азотфиксация как фактор экологической безопасности почвы // Вестн. РУДН, серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2011. № 1. С. 53–60.
4. Кокорина А.Л., Кожемяков А.П. Бобово-ризобияльный симбиоз и применение микробиологических препаратов комплексного действия – важный резерв повышения продуктивности пашни: лекция. СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2010. 50 с.
5. Сидоренко О.Д. Перспективы использования биологических препаратов на основе микроорганизмов // Изв. ТСХА. 2012. № 6. С. 70–79.
6. Курсакова В.С. Эффективность применения препаратов корневых diaзотрофов в посевах яровой пшеницы при минимальной обработке почвы // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. 2018. № 10 (168). С. 5–12.

7. Наумович И.М., Пилюк Я.Э., Белявский В.М., Решетник Е.П. Эффективность применения микробных препаратов при инокуляции семян рапса ярового // Вестн. Белорус. гос. сельскохоз. академии. 2020. № 1. С. 102–105.
8. Турина Е.Л. Высокопродуктивные растительно-микробные системы в агроценозах бобовых культур // Рос. сельскохоз. наука. 2015. № 3. С. 28–30.
9. Миннебаев Л.Ф., Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Чанышев И.О., Логинов О.Н. Продуктивность бобово-ризобияльного комплекса под влиянием ростстимулирующих штаммов микроорганизмов // Сельскохоз. биология. 2019. Т. 54, № 3. С. 481–493.
10. Кожемяков А.П., Белоброва С.Н., Орлова А.Г. Создание и анализ базы данных по эффективности микробных препаратов комплексного действия // Сельскохоз. биология. 2011. № 3. С. 112–115.
11. Nodulation and delayed nodule senescence: strategies of two *Bradyrhizobium japonicum* isolates with high capacity to fix nitrogen / S.M.Y. López, Ma.D.M. Sánchez, G.N. Pastorino et al. // Current Microbiology. 2018. N 75. P. 997–1005. DOI: 10.1007/s00284-018-1478-0.
12. Саданов А.К., Гаврилова Н.Н., Даданова Т.Н., Ратникова И.А. Критерии отбора клубеньковых бактерий в состав биопрепаратов для обогащения почвы биологическим азотом и повышения урожайности бобовых культур // New sof the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of biological and medical. 2015. Vol. 1, N 307. P. 115–124.
13. Урамян Г.Р. Биопрепараты на основе *Bradyrhizobium japonicum* и проблемы их применения // Вестн. соврем. исслед. [Электронное периодическое издание]. 2019. Вып. № 2–7 (29). С. 78–81.
14. Система земледелия Амурской области / отв. ред. В.А. Тильба. Благовещенск: Приамурье, 2003. 304 с.
15. Якименко М.В., Бегун С.А., Сорокина А.И. Оценка некоторых свойств и первичной эффективности штаммов *Sinorhizobium fredii* селекции ФГБНУ ВНИИ сои // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 8. С. 60–65. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10810.
16. Крутило Д.В. Эффективность штаммов *Bradyrhizobium japonicum* на фоне местных популяций ризобий сои // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. 2014. Т. 114, № 4. С. 42–47.
17. Система земледелия Амурской области: производственно-практический справочник / под общ. ред. П.В. Тихончука. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2016. 570 с.
18. Кожемяков А.П., Лактионов Ю.В., Попова Т.А., Орлова А.Г., Кокорина А.Л., Вайшла О.Б., Агафонов Е.В., Гужвин С.А., Чураков А.А., Яковлева М.Т. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных биопрепаратов для земледелия // Сельскохоз. биология. 2015. Т. 50, № 3. С. 369–376.
19. Якименко М.В., Бегун С.А., Сорокина А.И. Отбор штаммов *Bradyrhizobium japonicum* и *Sinorhizobium fredii*, устойчивых к молибдату аммония в питательной среде // Вестн. Рос. сельскохоз. науки. 2019. № 4. С. 53–56.
20. Бегун С.А. Способы, приемы изучения и отбора эффективных штаммов клубеньковых бактерий сои. Методы аналитической селекции: метод. рекомендации. Благовещенск: Зея, 2005. 70 с.
21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

REFERENCES

1. Sinegovskii M.O., Antonova N.E. Ekonomika proizvodstva soi: uchyot sortovyh i regional'nyh osobennostey: monografiya. Blagoveshchensk: ODEON; 2018. 128 p. (In Russ.).
2. Tihonovich I.A. Ispol'zovanie biopreparatov – dopolnitel'nyi istochnik elementov pitaniya rastenii. *Plodorodie*. 2011;(3):9-13. (In Russ.).
3. Volobuev O.G. Simbioticheskaya azotfiksatsiya kak factor ekologicheskoy bezopasnosti pochvy. *Vestnik RUDN. Seriya Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2011;(1):53-60. (In Russ.).
4. Kokorina A.L., Kozhemyakov A.P. Bobovo-rizobial'nyi simbioz i primeneniye mikrobiologicheskikh preparatov kompleksnogo deistviya – vazhnyi rezerv povysheniya produktivnosti pashni: lektsiya. SPb.: Izd-vo SPbGAU; 2010. 50 p. (In Russ.).
5. Sidorenko O.D. Perspektivy ispol'zovaniya biologicheskikh preparatov na osnove mikroorganizmov. *Izvestiya TSHA*. 2012;(6):70-79. (In Russ.).
6. Kursakova V.S. Effektivnost' primeneniya preparatov korneyvkh diazotrofov v posevakh yarovoi pshenitsy pri minimal'noi obrabotke pochvy. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018;(10(168)):5-12. (In Russ.).

7. Naumovich I.M., Pilyuk Ya.E., Belyavskii V.M., Reshetnik E.P. Effektivnost' primeneniya mikrobnih preparatov pri inokulyatsii semyan rapsa yarovogo. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skohozyajstvennoi akademii*. 2020;(1):102-105.(In Russ.).
8. Turina E.L. Vysokoproduktivnye rastitel'no-mikrobnye sistemy v agrocenozah bobovyh kul'tur. *Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka*. 2015;(3):28-30. (In Russ.).
9. Minnebaev L.F., Kuzina E.V., Rafikova G.F., Chanyshiev I.O., Loginov O.N. Produktivnost' bobovo-rizobial'nogo kompleksa pod vliyaniem roststimuliruyushchih shtammov mikroorganizmov. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2019;(54(3)):481-493. (In Russ.).
10. Kozhemyakov A.P., Belobrova S.N., Orlova A.G. Sozdanie i analiz bazy dannyh po effektivnosti mikrobnih preparatov kompleksnogo dejstviya. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2011;(3):112-115. (In Russ.).
11. López S.M.Y., Sánchez Ma.D.M., Pastorino G.N. et al. Nodulation and delayed nodule senescence: strategies of two bradyrhizobium japonicum isolates with high capacity to fix nitrogen. *Current Microbiology*. 2018;(75):997-1005. DOI: 10.1007/s00284-018-1478-0.
12. Sadanov A.K., Gavrilova N.N., Dadonova T.N., Ratnikova I.A. Kriterii otbora kluben'kovykh bakterij v sostav biopreparatov dlya obogashcheniya pochvy biologicheskim azotom i povysheniya urozhajnosti bobovyh kul'tur. *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of biological and medical*. 2015;(1(307)):115-124. (In Russ.).
13. Uranyan G.R. Biopreparaty na osnove *Bradyrhizobium japonicum* i problem ih primeneniya. *Vestnik sovremennyh issledovanij* [Elektronnoe periodicheskoe izdanie]. 2019; (2-7(29)):78-81. (In Russ.).
14. Til'ba V.A. (ed.). Sistema zemledeliya Amurskoj oblasti. Blagoveshchensk: Priamur'e, 2003. 304 p. (In Russ.).
15. Yakimenko M.V., Begun S.A., Sorokina A.I. Ocenka nekotoryh svojstv i pervichnoj effektivnosti shtammov *Sinorhizobium fredii* selekcii FGBNU VNII soi. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020;(34(8)):60-65. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10810. (In Russ.).
16. Krutilo D.V. Effektivnost' shtammov *Bradyrhizobium japonicum* na fone mestnyh populyacij rizobijsoi. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014;(114(4)):42-47. (In Russ.).
17. Tihonchuk P.V. (ed.). Sistema zemledeliya Amurskoj oblasti: proizvodstvenno-prakticheskij spravochnik. Blagoveshchensk: Dal'GAU; 2016. 570 p. (In Russ.).
18. Kozhemyakov A.P., Laktionov Yu.V., Popova T.A., Orlova A.G., Kokorina A.L., Vajshlyya O.B., Agafonov E.V., Guzhvin S.A., Churakov A.A., Yakovleva M.T. Agrotekhnologicheskie osnovy sozdaniya usovershenstvovannyh form mikrobnih biopreparatov dlya zemledeliya. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2015;(50(3)):369-376. (In Russ.).
19. Yakimenko M.V., Begun S.A., Sorokina A.I. Otborshtammov *Bradyrhizobium japonicum* I *Sinorhizobium fredii*, ustojchivyh k molibdatu ammoniya v pitatel'nojsrede. *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2019;(4):53-56. (In Russ.).
20. Begun S.A. Sposoby, priemy izucheniya i otbora effektivnyh shtammov kluben'kovykh bakterij soi. *Metody analiticheskoi selekcii: metod rekomendacii*. Blagoveshchensk: Zeya; 2005. 70 p. (In Russ.).
21. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Al'yans; 2014. 351 p. (In Russ.).