

УДК 632.112

## РОЛЬ АССОЦИАТИВНЫХ РИЗОБАКТЕРИЙ В ПОВЫШЕНИИ СОХРАНЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ К ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХЕ

<sup>1</sup>Лебедев В.Н., <sup>1</sup>Воробейков Г.А., <sup>2</sup>Ураев Г.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет  
им. А.И. Герцена», Санкт-Петербург, e-mail: antares-80@yandex.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I», Санкт-Петербург, e-mail: uraev.ga@yandex.ru

В статье рассматриваются некоторые результаты изучения вегетационных опытов по изучению влияния ростостимулирующих растений ризобактерий (PGPR) (Агрофил, Мизорин, Флавобактерин, Экстрасол) в качестве биоудобрения при обработке горчицы белой сорта Рапсодия (к-4278), выращенной в нормальных условиях и при почвенной засухе. Исследуемые препараты оказывали влияние на ростовые процессы, минеральное питание, элементы структуры урожая и урожайность семян. При кратковременной почвенной засухе обработка семян ризобактериями способствует стабилизации физиологических процессов, увеличивает биомассу надземных и подземных органов, что приводит к сохранению общей и семенной продуктивности растений. Наибольшие значения таких элементов структуры посевов горчицы, как «количество стручков на растении» и «количество семян на растении», а также «масса семян на растении», были получены с использованием биопрепаратов Мизорин (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7) и Флавобактерин (*Flavobacterium sp.*, штамм 30) при нормальном увлажнении. При этом у растений, переживших засушливый период, наилучшие результаты в отношении стабилизации морфофизиологических процессов формирования продуктивности наблюдались в варианте с Агрофилом. Этот результат может быть связан с более выраженными протекторными свойствами агробактерий, входящих в данный биопрепарат, который проявляется после водного стресса. Кроме того, именно в варианте с использованием Агрофила наблюдалось максимальное увеличение урожайности в условии засухи по сравнению с контролем. Этот фактор повлиял и на то, что наибольший экономический эффект аграрного предприятия наблюдается при возделывании горчицы белой в условиях почвенной засухи с использованием Агрофила.

**Ключевые слова:** инокуляция, продуктивность, минеральное питание, интродукция, ризобактерии, способствующие росту растений (PGPR), засуха, водный стресс, ассоциативные ризобактерии, экономический эффект

## THE IMPACT OF PLANT-ASSOCIATED RHIZOBACTERIA IN INCREASING THE PRODUCTIVITY OF WHITE MUSTARD IN CONDITIONS OF SOIL DROUGHT

<sup>1</sup>Lebedev V.N., <sup>1</sup>Vorobeykov G.A., <sup>2</sup>Uraev G.A.

<sup>1</sup>Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, e-mail: antares-80@yandex.ru;

<sup>2</sup>Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Sankt-Petersburg, e-mail: uraev.ga@yandex.ru

Possibilities for increasing the yielding capacity of white mustard (*Sinapis alba* L.) and improving it nutrition due to the application of associative growth-stimulating plants of rhizobacteria (PGPR) (Agrofil, Mizorin, Flavobacterin, Extrasol) with polyfunctional effect were studied in a pot experiments grown under normal conditions and soil drought. The studied preparations had an effect on growth processes, mineral nutrition, elements of the crop structure and grain yield. Insufficient soil moisture disrupts water balance in plants. At a short-term soil drought processing of seeds rhizobacterias promotes stabilization phytophysiological processes, increase plant biomass, that leads to preservation of the general and seed efficiency of the plants. The highest values of such elements of the structure of the structure of mustard crops as «the number of pods per plant» and «the number of seeds per plant», as well as the weight of seeds per plant « were obtained using biologics products based on Mizorin (*Arthrobacter mysorens*, strain 7) and Flavobacterin (*Flavobacterium sp.*, strain 30) under normal moisture. At the same time, in plants that survived the dry period, the best results in terms of stabilizing the morphophysiological processes of productivity formation were observed in the variant with an Agrofil. This result may be associated with more pronounced protective properties of agrobacteria included in this biological product, which manifests itself after water stress. In addition, it was in the variant with the use of an Agrofil that the maximum increase in yield was observed in the condition of drought compared to the control. This factor also influenced the fact that the greatest economic effect of an agricultural enterprise is observed when cultivating white mustard in conditions of soil drought using an Agrofil.

**Keywords:** inoculation, germinating capacity, productivity, mineral nutrition, stimulation of growth, introduce, Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR), drought, water stress, associative rhizobacteria, economic effect

Развитие современного сельского хозяйства на протяжении последних лет характеризуется многочисленными направлениями экологизации и сопровождается активным использованием биотехнологи-

ческих приемов. Одним из таких методов служит подбор и применение ризобактерий, вступающих в ассоциации с культурными растениями, стимулирующих их рост, развитие, минеральное питание и продук-

тивность. При помощи биологически активных веществ такие бактерии повышают толерантность растений к различным физиологическим стрессам и неблагоприятным условиям окружающей среды [1–3]. При этом наибольший интерес представляет протекторная роль ассоциативных штаммов в отношении почвенной засухи, наступившей в критический период онтогенеза растений, когда сельскохозяйственные культуры наиболее уязвимы к недостатку воды. Обычно этот период приходится на фазу бутонизации и начальный этап цветения [4], когда в растительном организме наиболее активно формируются элементы будущей продуктивности. Поэтому проблема стабилизации физиологических процессов на данном этапе онтогенетического развития имеет не только теоретическое, но и важное практическое значение, так как способствует нивелированию негативных последствий недостатка почвенной влажности [5]. Несмотря на свою актуальность, данное решение проблемы посредством ризосферных бактерий до сих пор изучено недостаточно полно [6; 7]. Во многом этот факт связан с тем, что отзывчивость того или иного ризобактериального штамма зависит не только от вида, но даже от сорта растения, которое подвергается бактериальной обработке (инокуляции) [8]. Однако создание эффективной ассоциации «бактерия – растения» способствует более полной реализации продуктивного потенциала растений, особенно таких малораспространенных в Нечерноземной зоне культур, как горчица белая [9–11].

Цель нашей работы состояла в определении наиболее эффективных ризобактериальных штаммов в основе отобранных бактериальных препаратов для сохранения продуктивности горчицы белой, выращенной при нормальном увлажнении и почвенной засухе в критический период.

#### Материалы и методы исследования

Работа проводилась в условиях вегетационных опытов с горчицей белой (*Sinapis alba* L.), образец сорта Рапсодия (к-4278), на территории биостанции РГПУ им. А.И. Герцена. Сортные семена представлены ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова.

Растения выращивались в вегетационном домике по стандартной методике [12] на слабокислой дерново-подзолистой супесчаной почве со средним содержанием гумуса (1,5%) и основных элементов ми-

нерального питания (фосфора и калия). Для гарантированного создания ассоциативного комплекса «растение – бактерия» перед посевом в почву каждого сосуда в качестве общего минерального фона вносилось комплексное удобрение азофоска из расчета  $N_{0,1}P_{0,1}K_{0,1}$  д.в. на каждый кг почвы. Продолжительность опыта с момента посева (вторая декада мая) до фазы созревания стручков (первая декада августа) составила 86 дней.

Процедура инокуляции семенного материала происходила непосредственно в процессе его посева в полном соответствии с устоявшимися рекомендациями [13] лаборатории экологии ассоциативных и симбиотических ризобактерий ВНИИСХМ, предоставившей примененные нами бактериальные препараты: Агрофил (*Agrobacterium radiobacter*, штамм 10), Мизорин (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7), Флавобактерин (*Flavobacterium sp.*, штамм 30) и Экстрасол (*Pseudomonas fluorescens*, штамм ПГ-5). Выбор данных штаммов ризобактерий осуществлялся на основе предварительного лабораторного скрининга на проростках горчицы соответствующего сорта.

С момента посева до фазы бутонизации (критический период) все растения выращивались при нормальном увлажнении, которому соответствует 70% почвенной влажности. При этом для части растений по достижении критического периода была создана десятидневная засуха почвы на уровне 30%, после чего нормальный уровень влажности почвы был восстановлен и поддерживался до конца вегетации ежедневным поливом.

Изучение морфометрических и физиологических параметров осуществлялось согласно фенологическим фазам развития растений горчицы, после перенесения части растений кратковременного периода почвенной засухи. Критерии водного баланса (общая оводненность надземных органов, водоудерживающая способность), сухая масса корневой системы и надземных органов, индекс чувствительности к засухе изучались в период цветения [14]. Качество урожая сухой надземной массы определяли биохимическим анализом основных питательных элементов (азота, фосфора и калия) методом мокрого озоления растительного материала. Продуктивность семян оценивалась в период зрелости стручков. При этом отбор данных показателей, являющихся наиболее чувствительными характеристиками засухоустойчивости, осуществлял-

ся на основе специально разработанных рекомендаций [15].

Кроме того, практический интерес для нас также представляла оценка экономического эффекта по изменению дохода у аграрного предприятия (фермерского хозяйства) от процесса предпосевной инокуляции семян семейства капустных препаратами на основе ризобактерий по сравнению с контрольными данными [8]. Понятия «экономический эффект» и «экономическая эффективность» относятся к ключевым экономическим категориям и связаны между собой. Экономический эффект характеризует полезный результат от реализации мероприятия или мероприятий, оцениваемый либо в форме дополнительного дохода, либо в стоимостной оценке экономии ресурса (ресурсов). Экономическая эффективность – это соотношение между полезным результатом (экономическим эффектом) и затратами на ресурсы для его достижения.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Анализ данных вегетационного опыта выявил нарушение ростовых процессов при почвенной засухе. При этом отмечалось, что торможение ростовых процессов снижается при инокуляции семян биопрепаратами. Высота растений (фаза активного цветения), семена которых были обработаны ризобактериальными штаммами, после воздействия почвенной засухи была на 23–27% больше, чем у необработанных вариантов. Наибольший эффект по этому показателю наблюдался в вариантах с применением препарата Агрофил.

Оптимизация минерального питания растений является путем, повышающим их

засухоустойчивость. При этом, согласно некоторым данным [1; 3; 4], взаимодействие растений с ассоциативными ризобактериями способствует улучшению поступления в растительный организм основных питательных элементов, а засуха способствует его нарушению. В наших опытах, несмотря на некоторое снижение в надземных органах горчицы белой после засухи концентрации азота, фосфора и калия, было отмечено, что у инокулированных вариантов этот процесс происходит менее активно (табл. 1).

Обработка семян ассоциативными ризобактериями повышало содержание общего азота в сухом веществе горчицы белой с 1,70% в контроле до 2,16% в условиях нормального увлажнения и с 1,29% до 2,09% при засухе. Кроме того, в вариантах с использованием штаммов ризосферных бактерий отмечалось усиление поступления фосфора и калия в растения. При этом, несмотря на то что недостаток почвенной влаги оказал негативное действие на минеральное питание растений, в вариантах с инокуляцией семян отмечалось более высокое их содержание по сравнению с контрольными данными (без инокуляции).

Минеральное питание тесно связано со степенью развития подземных органов, а они в свою очередь с засухоустойчивостью. Растения с хорошо развитыми корнями, которые более глубоко проникают в почву, лучше противостоят засухе. Ранее отмечалось [4; 8], что штаммы ассоциативных ризосферных бактерий способны усиливать рост корневой системы, главным образом за счет увеличения боковых корней, и повышать ее поглотительную способность за счет образования большого количества корневых волосков.

**Таблица 1**

Влияние бактериальных препаратов на накопление основных минеральных элементов в надземных органах растений, %

Вариант	НУ*			ПЗ**			ПЗ/НУ***		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	1,70	1,0	1,60	1,29	0,81	1,20	0,76	0,81	0,75
Агрофил	1,87	1,42	2,30	1,59	1,22	2,05	0,85	0,86	0,89
Мизорин	2,02	1,42	2,31	1,86	1,21	1,99	0,92	0,85	0,86
Флавобактерин	2,10	1,30	2,63	1,70	1,04	2,21	0,81	0,80	0,84
Экстрасол	1,92	1,26	2,30	1,56	1,24	1,90	0,81	0,98	0,83
НСР <sub>0,05</sub>	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	-	-	-

Примечание: НУ\* – нормальное водоснабжение; ПЗ\*\* – почвенная засуха; ПЗ/НУ\* – коэффициент стабильности развития растений.

Согласно нашим исследованиям показано, что к концу вегетационного периода инокулированные растения лучше формировали корневую массу, чем контрольные (табл. 2), особенно в варианте с Флавобактерином (158%). Кроме того, отмечалось, что на фоне нормального увлажнения биопрепараты стимулировали накопление сухого вещества в надземной массе в среднем от 7 до 15%. Опытные варианты, подвергнутые засухе в критический период без использования ассоциативных бактерий, снижали сухую массу в полтора раза, а при предпосевной обработке семенного материала это снижение было менее выражено.

Индекс чувствительности к засухе определяется как соотношение сухой массы растений, подвергнутых засухе, к средней сухой массе растений и считается важным показателем засухоустойчивости. Чем ниже этот индекс, тем выше толерантность к засухе.

В наших опытах этот показатель в среднем составлял 0,99. Все опытные варианты характеризовались низким индексом засухоустойчивости по отношению к контролю. Наиболее низким индексом отличались растения, инокулированные Агрофилом (0,81) и Экстрасолом (0,96).

В наших исследованиях растения горчицы белой, семена которых прошли семенную инокуляцию, формировали большее число цветков, стручков и семян, в отличие от необработанного ризобактериями контроля (табл. 3). Причем в условиях нормального увлажнения количество цветков увеличивалось почти в 2,0 раза в вариантах с Флавобактерином и Мизорином. При внесении PGPR в условиях засухи максимальные показатели наблюдались при обработке семян Агрофилом (на 85%). Бактериальные препараты (особенно Мизорин и Флавобактерин) положительно повлияли на процесс стручкования. Недостаток влаги в почве резко ингибировал образование стручков почти в два раза. Однако применение ростостимулирующих штаммов ризобактерий нивелировало негативное действие засухи. Наиболее существенные прибавки отмечались при внесении на семена агробактерий препарата Агрофила.

Аналогичные результаты были получены при оценке действия биопрепаратов на количество и массу семян горчицы на фоне нормального увлажнения и засухи почвы, наступившей в критический период онтогенеза исследованных культурных растений (табл. 4).

Таблица 2

Сухая масса корней и растений в фазу полной спелости в разных условиях увлажнения

Вариант	Масса корней, г/сосуд			Надземная масса растений, г/сосуд			ИЧЗ*
	НУ	ПЗ	ПЗ/НУ	НУ	ПЗ	ПЗ/НУ	
Контроль	5,8	2,6	0,45	14,4	10,2	0,71	1,12
Агрофил	6,5	3,1	0,48	15,4	12,1	0,79	0,81
Мизорин	7,0	3,7	0,53	16,0	11,9	0,74	1,0
Флавобактерин	7,4	4,1	0,55	16,6	11,9	0,72	1,08
Экстрасол	6,9	3,2	0,46	15,6	11,7	0,75	0,96
НСР <sub>0,05</sub>	0,4	0,4	-	1,0	1,1	-	-

Примечание: ИЧЗ\* – индекс чувствительности к засухе.

Таблица 3

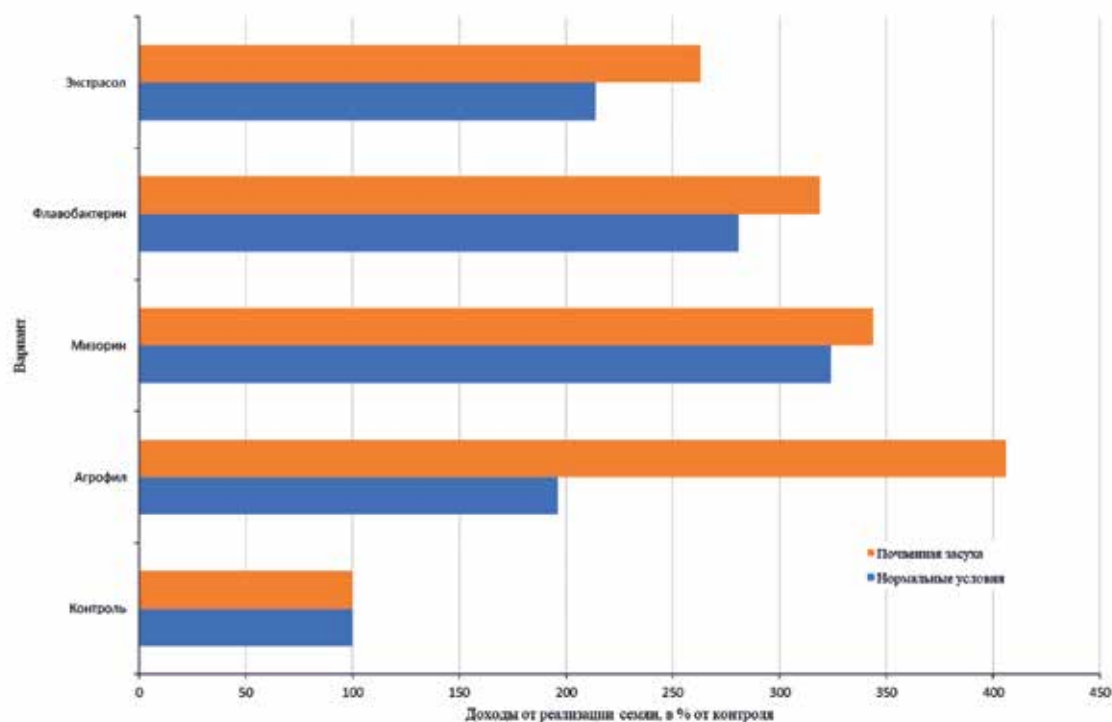
Влияние ризобактерий на формирование цветков и стручков при различном увлажнении

Вариант	Количество цветков, шт./растение			Количество стручков, шт./растение		
	НУ	ПЗ	ПЗ/НУ	НУ	ПЗ	ПЗ/НУ
Контроль	24,9	14,4	0,58	13,3	6,7	0,50
Агрофил	33,1	26,7	0,81	15,1	13,2	0,87
Мизорин	41,9	24,6	0,59	22,2	11,6	0,52
Флавобактерин	40,1	25,2	0,64	20,8	10,7	0,51
Экстрасол	29,2	22,5	0,77	18,8	10,0	0,53
НСР <sub>0,05</sub>	5,5	3,0	-	2,0	0,9	-

Таблица 4

Продуктивность семян при инокуляции ризобактериями в разных условиях влагообеспечения

Вариант	Количество семян, шт./сосуд			Масса семян, г/сосудов		
	НУ	ПЗ	ПЗ/НУ	НУ	ПЗ	ПЗ/НУ
Контроль	492	282	0,57	3,0	0,8	0,27
Агрофил	604	548	0,91	4,8	1,7	0,35
Мизорин	888	524	0,59	5,4	1,5	0,28
Флавобактерин	832	488	0,59	5,0	1,5	0,30
Экстрасол	755	500	0,66	4,2	1,2	0,29
НСР <sub>0,05</sub>	36,4	22,4	-	0,4	0,3	-



Изменение доходов аграрного предприятия от реализации семян горчицы белой в условиях нормального увлажнения (НУ) и почвенной засухи (ПЗ)

В опытных вариантах процесс образования семян у растений особенно интенсивно отмечался в семенной обработке Мизорином (на 80%) и Флавобактерином (на 69%) при нормальном увлажнении почвы. Обработанные PGPR растения, которые были подвергнуты периоду водного стресса, снижали число семян в среднем на 13–43% по отношению к варианту без инокуляции и с засухой. Наиболее выраженный протекторный эффект к засухе по сравнению с остальными биопрепаратами наблюдался от использования Агрофила почти в два раза к контролю. Вес семян у растений от действия недостатка влаги в почве снижался в среднем до 73%. Использование бактериальных препаратов позволяло сни-

зить негативное влияние водного дефицита влаги и повысить урожай семенной массы на 50–113%.

Рассмотренные выше факторы влияют и на экономический эффект аграрного предприятия (рисунок).

Показана зависимость доходов аграрного предприятия от увлажненности почвы и инокуляции семян бактериальными препаратами при выращивании горчицы белой на семенную продуктивность. Нормальные условия увлажнения почвы способствовали увеличению дохода в интервале 1,96–3,24. Более сильное влияние от инокуляции семян происходит у растений после почвенной засухи – увеличение дохода в 2,63–4,06 раза.

### Выводы

Таким образом, проведенные вегетационные опыты выявили, что отобранные нами бактериальные препараты способствовали стабилизации морфобиологических процессов растений *Sinapis alba* L. как при нормальном режиме увлажнения почвы, так и после засухи, даже если она совпадает с критическим периодом онтогенеза данной культуры. Штаммы ассоциативных ризосферных бактерий способствуют повышению стимуляции ростовых процессов, сохранению сухой массы корней и надземных органов растений, улучшению минерального питания благодаря поступлению основных элементов (азота, фосфора и калия), увеличению количества семян и их массы. Урожайность инокулированных растений при нормальном увлажнении была на 40–87%, а в условиях почвенной засухи на 50–113% больше, чем контрольных вариантов.

При этом при нормальной обеспеченности почвы влагой лучше себя проявил препарат Мизорин (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7), а в стрессовых условиях с кратковременной почвенной засухой наиболее яркое действие отмечено в опытном варианте с Агрофилом (*Agrobacterium radiobacter*, штамм 10).

### Список литературы / References

1. Лебедев В.Н. Минеральное питание, рост и продуктивность горчицы белой (*Sinapis alba* L.) при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Санкт-Петербург – Пушкин, 2008. 18 с.
2. Лебедев В.Н. Mineral nutrition, growth and productivity of white mustard (*Sinapis alba* L.) in seed inoculation with associative rhizobacteria: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. St. Petersburg – Pushkin, 2008. 18 p. (in Russian).
3. Шапошников А.И., Белимов А.А., Кравченко Л.В., Виванко Д.М. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С. 16–22.
4. Shaposhnikov A.I., Belimov A.A., Kravchenko L.V., Vivanko D.M. Interaction of rhizosphere bacteria with plants: mechanisms of formation and efficiency factors of associative symbioses (review) // Sel'skhozozhaystvennaya biologiya. 2011. № 3. P. 16–22 (in Russian).
5. Лебедев В.Н. Реализация продуктивного потенциала растений семейства *Brassicaceae* при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями. Глава 3 // Наука сегодня: теория, практика, инновации: многотомная коллективная монография. В 9-ти томах. Том 6. Ростов-на-Дону: Изд-во Международного исследовательского центра «Научное сотрудничество», 2014. С. 56–77.
6. Лебедев В.Н. Realization of the productive potential of plants of the *Brassicaceae* family when inoculating seeds with associative rhizobacteria. Chapter 3 // Nauka segodnya: teoriya, praktika, innovatsii: mnogotomnaya kollektivnaya monografiya. V 9-ti tomah. Tom 6. Rostov-na-Donu: Izd-vo Mezhdunarodnogo issledovatel'skogo centra «Nauchnoe sotrudnichestvo», 2014. P. 56–77 (in Russian).
7. Воробейков Г.А., Бредихин В.Н., Лебедев В.Н., Юргина В.С. Биология критического периода растений в условиях нарушения влажности почвы // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2015. № 173. С. 49–53.
8. Vorobejkov G.A., Bredihin V.N., Lebedev V.N., Yurgina V.S. Biology of the critical period of plants under conditions of soil moisture disturbance // Izvestiya RGPU im. A.I. Gercena. 2015. № 173. P. 49–53 (in Russian).
9. Юргина В.С. Морфобиологические особенности и продуктивность редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg) при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями в условиях нормального увлажнения и почвенной засухи: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2011. 18 с.
10. Yurgina V.S. Morphophysiological features and productivity of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg) under seed inoculation by associative rhizobacteria under conditions of normal moisture and soil drought: avtoref. dis. ... kand. biol.nauk. St. Petersburg, 2011. 18 p. (in Russian).
11. Bhattacharya P.N., Jha D.K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2012. Vol. 28. P. 1327–1350.
12. Fatih C., Murat E., Mehmet S., Arzu C. The Role of Beneficial Microorganisms in the Protection of Plants Growing in Natural Landscape Areas. Siirt. 2017. P. 427–442.
13. Лебедев В.Н., Воробейков Г.А., Ураев Г.А. Повышение продуктивности растений семейства капустных (*Brassicaceae* Burnett.) при инокуляции семян бактериальными препаратами на основе ассоциативных штаммов // Успехи современного естествознания. 2011. № 5. С. 41–45.
14. Lebedev V.N., Vorobejkov G.A., Uraev G.A. Increasing the productivity of plants of the cabbage family (*Brassicaceae* Burnett.) when inoculating seeds with bacterial preparations based on associative strains // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2011. № 5. P. 41–45 (in Russian).
15. Велкова Н.И., Наумкин В.П. Экономическая и биоэнергетическая эффективность возделывания горчицы белой в условиях ЦЧР // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 3 (23). С. 87–92.
16. Velkova N.I., Naumkin V.P. Economic and bioenergetic efficiency of white mustard cultivation in the conditions of the CDR // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2017. № 3 (23). P. 87–92 (in Russian).
17. Трубина В.С., Шипиевская Е.Ю., Горлова Л.А., Сердюк О.А. Горчица белая (*Sinapis alba* L.) – перспективы и возможности использования сортов селекции ВНИИМК // X всероссийская конференция молодых ученых (Краснодар, 26–30 ноября 2016 г.). Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2017. С. 906–907.
18. Trubina V.S., Shipievskaya E.Yu., Gorlova L.A., Serdyuk O.A. White mustard (*Sinapis alba* L.) – prospects and possibilities of using VNIIMK breeding varieties // X vserossiyskaya konferenciya molodykh uchyonykh (Krasnodar, 26–30 noyabr'ya 2016 g.). Krasnodar: KubGAU im. I.T. Trubilina, 2017. P. 906–907 (in Russian).
19. Трубина В.С., Шипиевская Е.Ю., Горлова Л.А., Сердюк О.А. White mustard – значение, использование // Адаптивное кормопроизводство. 2020. № 2. С. 41–67.
20. Volovik V.T. White mustard – meaning, usage // Adaptivnoe kormoproizvodstvo. 2020. № 2. P. 41–67 (in Russian).
21. Нарушева Е.А. Методы исследований в агрохимии: учебное пособие. Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014. 90 с.
22. Narusheva E.A. Research methods in agrochemistry: a textbook. Saratov FGBOU VPO «Saratovskij GAU», 2014. 90 p. (in Russian).
23. Завалин А.А., Кожемяков А.П. Новые технологии производства и применения биопрепаратов комплексного действия. СПб.: Химиздат, 2010. 64 с.
24. Zavalin A.A., Kozhemyakov A.P. New technologies for the production and application of complex biological products. SPb.: Himizdat, 2010. 64 p. (in Russian).
25. Юртаева Н.М. Малый практикум по физиологии растений: учеб. пособие для вузов. Н. Новгород: ННГАСУ, 2015. 112 с.
26. Yurtaeva N.M. Small workshop on plant physiology: textbook. manual for universities. N. Novgorod: NNGASU, 2015. 112 p. (in Russian).
27. Гунес А., Инал А., Адак М.С., Багчи Е.Г., Цичек Н., Ераслан Ф. Влияние засухи до и после зацветания растений нуга на ряд физиологических параметров – возможные критерии засухоустойчивости // Физиология растений. 2008. Т. 55. № 1. С. 64–72.
28. Gunes A., Inal A., Adak M.S., Bagci E.G., Cicek N., Eraslan F. The effect of drought before and after chickpea flowering on a number of physiological parameters-possible criteria for drought resistance // Fiziologiya rastenij. 2008. Vol. 55. № 1. P. 64–72 (in Russian).