



**ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ШТАММОВ БАКТЕРИЙ
РОДА *PAENIBACILLUS*, ВЫДЕЛЕННЫХ С СЕМЯН НУТА**

Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Коршунова Т.Ю.

Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук,
Россия, 450054, г. Уфа, Проспект Октября, 69, e-mail: lab.biotech@yandex.ru

Резюме

Для создания эффективных биологических препаратов комплексного действия необходимым условием является наличие штаммов бактерий, обладающих несколькими механизмами положительного влияния на растение. Предпочтение отдается таким микроорганизмам, которые способны выживать в неблагоприятных условиях окружающей среды. Цель исследования – поиск новых штаммов бактерий, характеризующихся антагонизмом по отношению к фитопатогенной микрофлоре и проявляющих толерантность к загрязнению почвы ионами свинца и хлорид-ионами. В результате проведенного скрининга с поверхности семян нута были выделены штаммы бактерий, которые на основании культурально-морфологических и физиолого-биохимических свойств, а также сравнительного анализа нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК идентифицированы как *Paenibacillus peoriae* АНТ 13 и *Paenibacillus jamilae* АНТ 14. Штаммы *P. peoriae* АНТ 13 и *P. jamilae* АНТ 14 проявляют антагонистическую активность в отношении фитопатогенных микромицетов. Штамм *P. jamilae* АНТ 14 обладает устойчивостью к NaCl (содержание в среде до 7%), штамм *P. peoriae* АНТ 13 способен расти в присутствии ионов Pb^{2+} в количестве до 3150 мг/л. Использование выделенных изолятов для предпосевной обработки семян пшеницы (*Triticum aestivum* L.) способствовало снижению распространения корневых гнилей проростков и увеличению длины побегов. Инокуляция семян люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) штаммами *P. peoriae* АНТ 13 и *P. jamilae* АНТ 14 повысила активность нодуляции и способствовала росту корневой системы растения; бактеризация семян нута (*Cicer arietinum* L.) повлияла на увеличение массы побегов и корней данной культуры. Результаты исследований позволяют рассматривать штаммы *P. peoriae* АНТ 13 и *P. jamilae* АНТ 14 как перспективные объекты сельскохозяйственной биотехнологии.

Ключевые слова: *Paenibacillus*; антагонистическая активность; устойчивость к NaCl, ионам свинца; ростстимулирующая активность.

Цитирование: Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Коршунова Т.Ю. Изучение свойств штаммов бактерий рода *Paenibacillus*, выделенных с семян нута // Биомика. 2020. Т.12(3). С. 404-410. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2020-32

© Авторы

**THE STUDY OF THE PROPERTIES OF BACTERIAL STRAINS
PAENIBACILLUS ALLOCATED FROM CHICKPEA SEEDS**

Kuzina E.V., Rafikova G.F., Korshunova T.Yu.

Ufa Institute of biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 69
Prospekt Oktyabrya, Ufa, Russia, e-mail: lab.biotech@yandex.ru

Resume

A necessary condition for the creation of effective biological preparations with a complex effect is the presence of bacterial strains that have several mechanisms of a positive effect on the plant. Preference is given to those microorganisms that are able to survive in adverse environmental conditions. The aim of the study was to search for new bacterial strains characterized by antagonism towards phytopathogenic microflora and exhibiting

tolerance to soil contamination by lead ions and chloride ions. As a result of the screening, bacterial strains were isolated from the surface of chickpea seeds that were identified as *Paenibacillus peoriae* ANT 13 and *Paenibacillus jamilae* ANT 14 based on cultural-morphological and physiological-biochemical properties, as well as a comparative analysis of the nucleotide sequences of the gene 16S rRNA. The strains *P. peoriae* ANT 13 and *P. jamilae* ANT 14 exhibit antagonistic activity against phytopathogenic micromycetes. The strain *P. jamilae* ANT 14 is resistant to NaCl (content in the medium is up to 7 %), the strain *P. peoriae* ANT 13 is able to grow in the presence of Pb^{2+} ions in an amount up to 3150 mg/l. The use of isolated isolates for presowing treatment of wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) helped to reduce the spread of root rot of seedlings and increase the length of shoots. Inoculation of seeds of alfalfa changeable (*Medicago varia* Mart.) of *P. peoriae* ANT 13 and *P. jamilae* ANT 14 increased the activity of nodulation and contributed to the growth of the root system of the plant, bacterization of chickpea seeds (*Cicer arietinum* L.) affected the increase in the mass of shoots and roots of this culture. The research results allow us to consider strains of *P. peoriae* ANT 13 and *P. jamilae* ANT 14 as promising objects of agricultural biotechnology.

Key words: *Paenibacillus*; antagonistic activity; resistance to NaCl, lead ions; growth stimulating activity

Citation: Kuzina E.V., Rafikova G.F., Korshunova T.Yu. The study of the properties of bacterial strains *Paenibacillus* allocated from chickpea seeds. *Biomics*. 2020. Vol. 12(3). P. 404-410. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2020-32 (In Russian)

© The Authors

Введение

Как известно, бактерии, способные стимулировать рост растений, условно разделены на две группы PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) и PGPE (Plant Growth Promoting Endophytes). На сегодняшний день подавляющее большинство исследований посвящено ризосферным бактериям [Феоктистова и др. (Feoktistova et al.), 2016]. Среди эндофитных микроорганизмов наиболее изучены представители семейства *Rhizobiaceae*. Значительное количество источников сообщают также о штаммах родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Paenibacillus*, *Enterobacter*, выделенных из различных органов и растительных тканей, для которых установлено, что они оказывают стимулирующее воздействие на рост сельскохозяйственных культур [Максимов и др. (Maksimov et al.), 2011; Иванчина, Гарипова (Ivanchina, Garipova), 2012]. Поиску и изучению бактерий с PGP-свойствами среди сообществ эпифитных микроорганизмов уделялось гораздо меньше внимания. Недостаточно исследовано также влияние, которое бактерии, населяющие надземные органы растений и семена, оказывают на микроорганизмы, входящие в состав биологических препаратов.

Целью данной работы являлось выделение бактериальных штаммов с поверхности семян нута и исследование их на наличие полезных для растений свойств.

Материалы и методы

Объектами исследования служили штаммы бактерий, выделенные с семян нута бараньего (*Cicer arietinum* L.), предоставленных Башкирским научно-исследовательским институтом сельского хозяйства УФИЦ РАН в 2018 г. Для получения бактериальных

изолятов после поверхностной стерилизации семенной материал помещали на картофельно-глюкозный агар (КГА) и инкубировали в термостате при температуре 25°C. Выросшие на агаре вокруг семян и на их поверхности колонии бактерий использовали для получения чистых культур общепринятыми способами. Первичную идентификацию изолятов проводили по культурально-морфологическим и физиолого-биохимическим свойствам, видовую принадлежность уточняли на основании анализа нуклеотидных последовательностей гена 16S рПНК.

Антагонистическую активность исследуемых штаммов в отношении клубеньковых бактерий (штаммы *Mesorhizobium ciceri* 527, *Ensifer meliloti* L1) оценивали методом перпендикулярных штрихов. Штамм *Mesorhizobium ciceri* 527 (основа биопрепарата Ризоторфин В, Ж, предназначенного для нута) был предоставлен ФГБНУ ВНИИСХМ, штамм *Ensifer meliloti* L1 – из Коллекции микроорганизмов УИБ УФИЦ РАН. Наличие антагонизма в отношении фитопатогенных грибов устанавливали при совместном выращивании бактерий и микромицетов в чашках Петри [Четвериков, Логинов (Chetverikov, Loginov), 2009]. В качестве тест-объектов для определения антигрибной активности бактерий использовали следующие штаммы микроскопических грибов: *Fusarium culmorum* ВКМ-F-844, *F. oxysporum* ВКМ-F-137, *Bipolaris sorokiniana* ИБ Г-12, *Penicillium aurantiogriseum* Н-6, *P. chrysogenum* Н-12, *Aspergillus flavus* Н-1. Все микромицеты кроме грибов рода *Fusarium* являются местными изолятами и хранятся в Коллекции микроорганизмов УИБ УФИЦ РАН.

Способность к гидролизу фосфатов изучали на среде Муромцева со свежесажленным фосфатом кальция, целлюлазную активность – на среде

Гетчинсона с фильтровальной бумагой [Дзержинская (Dzerzhinskaja), 2008]. Галофильность бактерий исследовали на мясо-пептонном бульоне, варьируя содержание NaCl от 1 до 10%. Устойчивость бактерий к уксусно-кислому свинцу оценивали, выращивая штаммы на среде (г/л): пептон ферментативный – 10; дрожжевой экстракт – 3; NaCl – 5; глюкоза – 1. Свинец в среду добавляли в виде водного раствора соли $Pb(CH_3COO)_2$, исследуемый диапазон концентраций иона Pb^{2+} составил 630 – 3150 мг/л.

В опытах с растениями для обработки семян использовали жидкую культуру бактерий с титром 10^5 КОЕ/мл, выращенных на питательной среде (г/л): K_2HPO_4 – 0,5; $MgSO_4$ – 0,2; NaCl – 0,1; $CaCO_3$ – следы; дрожжевой экстракт – 1,0; сахароза – 10,0; вода водопроводная. Контролем служили семена, замоченные в дистиллированной воде.

Изучение эффективности применения штаммов против комплекса возбудителей корневых гнилей проводили в лабораторных условиях с использованием рулонов фильтровальной бумаги [Свешникова (Sveshnikova), 2003] на семенах мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Башкирская 28. В качестве эталона задействовали биопрепарат Фитоспорин-М, Ж согласно рекомендуемой дозировке [Государственный каталог ... (Gosudarstvennyj katalog ...), 2020]. Распространение и развитие корневых гнилей проростков, а также наличие признаков альтернариоза оценивали через 7 суток после начала эксперимента.

Исследование влияния штаммов на бобовые культуры проводили на растениях нута (*Cicer arietinum* L.) сорта Заволжский и люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) сорта Галия в условиях вегетационного опыта. В конце эксперимента (через 3 и 6 недель для нута и люцерны соответственно) оценивали нодуляцию и сухой вес побегов и корней растений. В качестве эталона использовали разработанный в Уфимском Институте биологии УФИЦ РАН препарат Бациспектин БМ, СХП на основе штамма *Paenibacillus ehimensis* IB 739, который рекомендован к использованию на ряде сельскохозяйственных культур в качестве биологического регулятора роста растений [Кузина и др. (Kuzina et al.), 2018; Миннебаев и др. (Minnebaev et al.), 2019]. Норма расхода препарата составила 1,0 г/кг семян.

Результаты и обсуждение

Среди бактериальных штаммов, обнаруженных на семенах нута, преобладали спорообразующие микроорганизмы родов *Bacillus* и *Paenibacillus*. Для дальнейшего изучения были отобраны штаммы АНТ 13 и АНТ 14, обладающие наибольшей антагонистической активностью в отношении фитопатогенного гриба *Bipolaris*

sorokiniana. Штаммы АНТ 13 и АНТ 14 не обладали фитопатогенной активностью, о чем свидетельствовало отсутствие мацерации на ломтиках картофеля при нанесении на них уколом живых клеток бактерий.

Первичная идентификация штаммов бактерий показала наличие у данных культур следующих культурально-морфологических и физиолого-биохимических признаков.

Колонии штамма АНТ 13 на КГА – гладкие, выпуклые, слизистые, круглой формы. Клетки – грамположительные подвижные палочки длиной 1,0–2,5 мкм. Образуют овальные субтерминальные споры. Штамм каталазоположительный, оксидазоотрицательный, аэробный. Не способен к нитратредукции. Гидролизует казеин, желатин, эскулин, крахмал. Растет на безазотистой среде. Реакция Фогеса-Проскауэра – положительная. Продуцирует кислоту из L-арабинозы, D-глюкозы, D-маннитола, лактозы, мальтозы, D-раффинозы, рибозы, крахмала. Не образует аргининдегидрогеназу, не гидролизует мочевины.

Колонии штамма АНТ 14 на КГА – выпуклые, слизистые, непрозрачные, округлой или ризоидной формы. Клетки – грамположительные подвижные палочки длиной до 3,0–4,5 мкм. Образуют овальные споры. Штамм каталазоположительный, оксидазоотрицательный, аэробный. Способен к нитратредукции. Гидролизует казеин, эскулин, желатин, крахмал. Растет на безазотистой среде. Реакция Фогеса-Проскауэра – положительная. Образует кислоту при использовании L-арабинозы, фруктозы, галактозы, D-глюкозы, D-маннитола, глицерина, лактозы, мальтозы, рибозы, сахарозы, D-раффинозы, D-ксилозы, эскулина.

Для уточнения видовой принадлежности изолятов АНТ 13 и АНТ 14 были определены нуклеотидные последовательности гена, кодирующего 16S рРНК (1398 п. н. каждая). Наибольший уровень видового сходства у изолята АНТ 13 обнаружен со штаммом *Paenibacillus peoriae* DSM 8320^T (99,71%), у изолята АНТ 14 – со штаммом *Paenibacillus jamilae* CECT 5266^T (99,73%).

При изучении *in vitro* антагонистических свойств новых штаммов показано, что они активны как в отношении фитопатогенных грибов, вызывающих корневые гнили растений, так и возбудителей плесневения семян (табл. 1). Было установлено, что способностью к растворению неорганических соединений фосфора обладает только штамм *P. peoriae* АНТ 13. Целлюлазная активность у исследуемых изолятов не выявлена.

Для оценки перспективности выделенных штаммов как объектов биотехнологии имеет значение наличие у них устойчивости к повышенным

концентрациям хлоридов и солей тяжелых металлов. 5%. Оба изучаемых штамма продемонстрировали устойчивость к ионам свинца. Более толерантным оказался себя штамм *P. peoriae* АНТ 13: он способен сохранять высокую численность клеток в среде с концентрацией ионов Pb^{2+} порядка 3 г/л.

Таблица 1

Хозяйственно-ценные свойства бактериальных изолятов, выделенных с семян нута
Table 1 - Practically-valuable properties of bacterial isolates isolated from chickpea seeds

Штамм Strain	Антагонистическая активность Antagonistic activity		Фосфатмобилизующая активность Phosphate-mobilizing activity	Рост на питательной среде с добавлением Growth on a nutrient medium with the addition of			
	Возбудители корневых гнилей (<i>Fusarium</i> spp., <i>Bipolaris sorokiniana</i>) Root rot pathogens (<i>Fusarium</i> spp., <i>Bipolaris sorokiniana</i>)	Плесневые грибы (<i>Penicillium</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp.) Mold fungi (<i>Penicillium</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp.)		NaCl, %		Pb ²⁺ , мг/мл	
				5	7	1890	3150
<i>Paenibacillus peoriae</i> АНТ 13	+	+	+	+	-	+	+
<i>P. jamilae</i> АНТ 14	+	+	-	+	+	+	-

Необходимо отметить также, что штаммы АНТ 13 и АНТ 14 при росте на богатых жидких питательных средах способны продуцировать экзополисахариды (ЭПС). Это важное свойство для бактериального препарата, поскольку ЭПС способствует прочному связыванию микроорганизмов с поверхностью семян, а также препятствует высушиванию и гибели клеток.

Таблица 2

Эффективность использования штаммов бактерий против семенной инфекции пшеницы
Table 2 - The effectiveness of using bacterial strains against seed infection of wheat

Вариант опыта Option of experiment	Всхожесть, % Germination, %	Количество проростков пшеницы, пораженных болезнями The number of wheat seedlings affected by diseases		Длина побега, см The length of sprouts, cm
		Альтернариоз Alternaria	Гельминтоспориозные и фузариозные корневые гнили Helminthosporious and fusarious root rot	
Контроль Control	89,0±4,6	48,6±1,2	12,6±0,8	13,0±0,9
Фитоспорин - М, Ж Fitosporin – M, fluid	92,0±2,6	28,6±2,6*	4,6±0,3*	14,4±0,6
<i>Paenibacillus peoriae</i> АНТ 13	87,4±6,5	22,0±1,4*	3,0±0,1*	15,0±0,4*
<i>P. jamilae</i> АНТ 14	91,0±3,4	22,6±1,6*	3,0±0,1*	14,8±0,5*

Примечание: * – различия с контролем статистически значимы при $p \leq 0,05$

Note: * – differences with the control are statistically significant at $p \leq 0,05$

Изучение эффективности новых штаммов-антагонистов против комплекса возбудителей семенной инфекции пшеницы показало, что обработка семян бактериями способствовала снижению количества проростков, пораженных корневыми гнилями на 76,2%. Бактеризация привела также к уменьшению распространения грибов р. *Alternaria* на 54,7 и 53,5% для штаммов *P. peoriae* АНТ 13, *P. jamilae* АНТ 14 соответственно (табл. 2). Статистическая обработка данных по количеству проросших семян пшеницы не выявила увеличения всхожести в опытных вариантах, но при этом установлено, что оба штамма положительно влияли на длину проростков пшеницы, увеличивая ее в среднем на 13,8 – 15,4% по сравнению с контролем. Одним из важных результатов опыта стало также то, что изучаемые микроорганизмы по эффективности подавления фитопатогенной микрофлоры семян и ростстимулирующему воздействию на растения не уступали известному биологическому препарату Фитоспорин-М, Ж.

При исследовании влияния новых штаммов бактерий на бобовые культуры в условиях

вегетационного опыта установлено, что обработка семян микроорганизмами способствовала улучшению роста и развития растений (табл. 3). Бактеризация семян нута повлияла на увеличение веса побегов и корней данной культуры; на люцерне была отмечена только стимуляция роста корневой системы. Установлено, что инокуляция бактериями также оказывала положительное влияние на процесс клубенькообразования у растений люцерны. Через шесть недель эксперимента в вариантах с внесением штамма *P. jamilae* АНТ 14 выявлено увеличение числа клубеньков в 1,5 раза по сравнению с контрольным вариантом. На корнях нута клубеньки не были обнаружены. Это связано с тем, что в рамках данного опыта не проводили обработку семян бобовых растений штаммами ризобий. В то же время специфичные для этой культуры аборигенные штаммы клубеньковых бактерий в почве отсутствуют, поскольку нут не относится к числу широко возделываемых в Республике Башкортостан сельскохозяйственных культур.

Таблица 3

Влияние штаммов бактерий на морфометрические показатели и количество клубеньков бобовых растений
Table 3 - Influence of bacterial strains on morphometric indicators and the number of nodules of legume

Вариант опыта Option of experiment	Сухой вес, мг Dry weight, mg		Количество клубеньков, шт. Number of nodules
	Корень root	Побег shoot	
	Люцерна изменчивая Alfalfa changeable		
Контроль Control	1,18±0,08	9,75±0,94	7,7±0,43
Бациспектин БМ, СХП Bacispecin BM, dry powder	1,62±0,16*	10,95±0,78	10,1±0,63*
<i>Paenibacillus peoriae</i> АНТ 13	1,55±0,09*	10,26±1,10	7,6±0,71
<i>P. jamilae</i> АНТ 14	1,58±0,10*	10,43±0,69	11,7±0,84*
	Нут Chickpeas		
Контроль Control	32,18±3,50	53,81±3,69	н/о n/f
Бациспектин БМ, СХП Bacispecin BM, dry powder	38,93±3,15*	61,15±3,10*	н/о n/f
<i>P. peoriae</i> АНТ 13	40,30±4,17*	60,98±2,87*	н/о n/f
<i>P. jamilae</i> АНТ 14	39,85±3,52*	60,91±2,11*	н/о n/f

Примечания: * – различия с контролем статистически значимы при $p \leq 0,05$; н/о – не обнаружено
Note: * – differences with the control are statistically significant at $p \leq 0,05$; n/f – not found

Таким образом, с семян нута выделены и идентифицированы до вида два новых штамма бактерий-антагонистов рода *Paenibacillus*, обладающие такими хозяйственно-ценными свойствами как устойчивость к повышенной концентрации соли и к загрязнению ионами свинца. Данный факт имеет особое значение, поскольку на сегодняшний день значительные площади сельскохозяйственных земель характеризуются высоким содержанием водорастворимых солей и токсичных соединений.

Результаты лабораторных и вегетационных опытов свидетельствуют, что инокуляция семян штаммами *Paenibacillus peoriae* АНТ 13 и *Paenibacillus jamilae* АНТ 14 способствует снижению инфицирования проростков растений, а также оказывает положительное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190100-9 с использованием оборудования РЦКП УФИЦ РАН «Агидель» (Уфа, Россия).

Литература

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: Минсельхоз России. 2020.
2. Дзержинская И.С. Питательные среды для выделения и культивирования микроорганизмов. Астрахань: Изд-во АГТУ. 2008. 348 с.
3. Иванчина Н.В., Гарипова С.Р. Влияние ростстимулирующих бактерий (PGPB) на продуктивность и устойчивость растений // *Агрохимия*. 2012. № 7. С. 87-95.
4. Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Мелентьев А.И., Логинов О.Н. Оценка эффективности применения нового регулятора роста растений на культуре гречихи обыкновенной // *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2018. № 4. С. 71-76. DOI: 10.31040/2222-8349-2018-0-4-71-76
5. Максимов И.В., Абизгильдина Р.Р., Пусенкова Л.И. Стимулирующие рост растений микроорганизмы как альтернатива химическим средствам защиты от патогенов (обзор) // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2011. Т. 47(4). С. 373-385.
6. Миннебаев Л.Ф., Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Чанышев И.О., Логинов О.Н. Продуктивность бобово-ризобияльного комплекса под влиянием ростстимулирующих штаммов микроорганизмов // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. Т. 54(3). С.481-493. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.481rus
7. Свешникова Е.В. Новые бактерии рода *Pseudomonas* – антагонисты фитопатогенов и перспективы их использования в сельскохозяйственной практике: дис. ... канд. биол. наук. Уфа. 2003.
8. Феоктистова Н.В., Марданова А.М., Хадиева Г.Ф., Шарипова М.Р. Ризосферные бактерии // *Ученые записки Казанского Университета. Серия Естественные науки*. 2016. Т. 158(2). С. 207-224.
9. Четвериков С.П., Логинов О.Н. Новые метаболиты *Azotobacter vinelandii*, обладающие антигрибной активностью // *Микробиология*. 2009. Т. 78(4). С. 479-483.

References

1. Chetverikov S.P., Loginov O.N. New metabolites of *Azotobacter vinelandii* exhibiting antifungal activity. *Microbiology (Mikrobiologiya)*. 2009. 78. (4). P. 428-432.
2. Dzerzhinskaja I.S. Pitatel'nye sredy dlja vydelenija i kul'tivirovanija mikroorganizmov. Astrahan': Izd-vo AGTU. 2008. 348 s. [Culture media for the isolation and cultivation of microorganisms]. (In Russian).
3. Feoktistova N.V., Mardanova A.M., Hadieva G.F., Sharipova M.R. Rizosfernye bakterii. Uchenye zapiski Kazanskogo Universiteta. Serija Estestvennye nauki. 2016. V. 158(2). S. 207-224. [Rhizospheric bacteria]. (In Russian).
4. Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agrohimikatov, razreshennyh k primeneniju na territorii Rossijskoj Federacii. M.: Minsel'hoz Rossii. 2020. [State catalog of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation]. (In Russian).
5. Ivanchina N.V., Garipova S.R. Vlijanie roststimulirujushchih bakterij (PGPB) na produktivnost' i ustojchivost' rastenij. *Agrohimija*. 2012. № 7. S. 87-95. [Effect of Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) on the Productivity and sustainability of plants]. (In Russian).
6. Kuzina E.V., Rafikova G.F., Melent'ev A.I., Loginov O.N. Ocenka jeffektivnosti primenenija novogo regulatora rosta rastenij na kul'ture grechihi obyknovennoj. *Izvestija Ufimskogo nauchnogo centra RAN*. 2018. № 4. S. 71-76. doi: 10.31040/2222-8349-2018-0-4-71-76 [Evaluation of efficacy of a new plant growth regulator in the common buckwheat culture]. (In Russian).
7. Maksimov I.V., Abizgil'dina R.R., Pusenkova L.I. Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens (review).

Applied Biochemistry and Microbiology. 2011. 47 (4). P. 333-345.

8. Minnebaev L.F., Kuzina E.V., Rafikova G.F., Chanyshiev I.O., Loginov O.N. Produktivnost' bobovo-rizobial'nogo kompleksa pod vlijaniem roststimulirujushhih shtammov mikroorganizmov. *Sel'skhozjajstvennaja biologija*. 2019. V. 54(3). S. 481-493. doi: 10.15389/agrobiology.2019.3.481rus [Productivity of legume-rhizobial complex under the

influence of growth-stimulating microorganisms]. (In Russian).

9. Sveshnikova E.V. Novye bakterii roda *Pseudomonas* – antagonisty fitopatogenov i perspektivy ih ispol'zovanija v sel'skhozjajstvennoj praktike: diss. ... kand. biol. nauk. Ufa. 2003. [New bacteria *Pseudomonas* - antagonists of phytopathogens and prospects for using them in agricultural practice]. (In Russian).