



ВЛИЯНИЕ *BACILLUS SUBTILIS* 12-2 - АНТАГОНИСТА ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ НА СОСТАВ МИКОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РИЗОСФЕРЫ *BETA VULGARIS* L.

Григориади А.С., Ильясова Е.Ю.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Россия, 450076, Уфа, ул. Заки Валиди, 32
e-mail: nysha111@yandex.ru

Резюме

В статье представлены результаты исследования влияния *Bacillus subtilis* 12-2 на комплекс микроскопических грибов ризосферы *Beta vulgaris* L. Обработка растений и почвы бактериальной культурой способствовала снижению численности микромицетов в 2,4-3,2 раза по сравнению с контрольными образцами почвы, отмечалось снижение индекса разнообразия микромицетов ризосферы на 0,5-1 единицы в зависимости от времени отбора проб, что свидетельствует об изменении структуры микологического сообщества ризосферы сахарной свеклы под влиянием исследуемого штамма. Внесение в почву *B. subtilis* 12-2 привело к выпадению из сообщества таких фитопатогенных видов, как *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Alternaria alternate*. Исследование по совместному культивированию фитопатогенов и *B. subtilis* 12-2 показало, что в присутствии штамма рост чистой культуры *A. alternate* тормозился в 2 раза.

Ключевые слова: *Bacillus subtilis* 12-2, сахарная свекла, *Beta vulgaris*, ризосфера, микологическое сообщество, фитотоксичные микромицеты

Цитирование: Григориади А.С., Ильясова Е.Ю. Влияние *Bacillus subtilis* 12-2 - антагониста фитопатогенных грибов на состав микологического комплекса ризосферы *Beta vulgaris* L. // Биомика. 2019. Т.11(1). С. 1–6. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2019-01

INFLUENCE OF *BACILLUS SUBTILIS* 12-2-ANTAGONIST OF PHYTOPATHOGENIC FUNGI ON THE MYCOLOGICAL COMPLEX OF RHIZOSPHERE *BETA VULGARIS* L.

Grigoriadi A.S., Ilyasova E.Yu.

Bashkir State University, 32 Zaki Validi str., 450076, Ufa, Russia. e-mail: nysha111@yandex.ru

Resume

In the article presents the results of the study of the influence of *Bacillus subtilis* 12-2 – the antagonist of phytopathogenic fungi on the mycological complex of the rhizosphere *Beta vulgaris* L. The treatment of plants and soil with this microorganism contributed to a decrease in the number of micromycetes by 2.4-3.2 times compared to control samples of soil and decrease in the index of the diversity of micromycetes of the rhizosphere by 0.5-1 units, depending on the time of sampling. The obtained results prove that there were changes in the structure of the mycological community of the sugar beet rhizosphere under the influence of the investigated strain. The introduction of *B. subtilis* 12-2 into the soil resulted in loss of such phytopathogenic species as *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Alternaria alternate* from the mycological community. A study on co-cultivation of phytopathogens and *B. subtilis* 12-2 showed that, in the presence of a strain, the growth of *A. alternate* was inhibited in 2 times.

Keywords: *Bacillus subtilis* 12-2, sugar beet, *Beta vulgaris*, rhizosphere, mycological community, phytotoxic micromycetes.

Citation: Grigoriadi AS, Ilyasova E.Yu. Influence of *Bacillus subtilis* 12-2-antagonist of phytopathogenic fungi on the mycological complex of rhizosphere *Beta vulgaris* L. *Biomics*. 2019. V.11(1). P. 1-6. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2019-01 (In Russian)

Одним из приоритетных направлений сельского хозяйства является экологизация растениеводства. Однако под влиянием антропогенной нагрузки на почвенную экосистему в составе биоценоза часто происходят нарушения, которые могут приводить к увеличению доли фитопатогенных и фитотоксичных видов грибов в микологическом сообществе почвы. В настоящее время среди экологически чистых биотехнологий земледелия наиболее перспективным считается применение микробных препаратов. Препараты, созданные на основе живых микроорганизмов или их метаболитов, обладают ростостимулирующими свойствами, имеют антистрессовую и иммуномодулирующую активность, в том числе повышают устойчивость растений к фитопатогенной инфекции [Гельцер (Gel'cer), 1990]. Основой микробиологических препаратов чаще всего выступают бактерии [Боронин (Boronin), 1998; Рудаков (Rudakov), 2006; Киреева (Kireeva), 2010; Курилова (Kurilova), 2016]. Одними из перспективных агентов биологического контроля болезней растений являются бактерии рода *Bacillus* [Мелентьев (Melent'ev), 2005; Новикова (Novikova), 2005; Гилязетдинов и др. (Giljazetdinov et al.), 2008; Кругова (Krugova), 2009; Perez-Garcia et al., 2011].

Целью данной работы явилась оценка влияния штамма *Bacillus subtilis* 12-2 - антагониста фитопатогенных грибов на микологический комплекс под посевами *Beta vulgaris* L. Выбранный для исследования штамм был выделен в Башкирском НИИ сельского хозяйства НИЦ РАСН как антагонист фитопатогенов [Lastochkina et al., 2012], а также как микроорганизм, проявляющий протекторные свойства в отношении растений, произрастающих в неблагоприятных абиотических условиях [Ласточкина и др. (Lastochkina et al.), 2013]. Исследования проводились на мелких делянках площадью 5 м² (почва - чернозем выщелоченный). В качестве объекта исследования выступала ризосферная микробиота растений сахарной свеклы (*B. vulgaris*, сорт Кампай). Посев семян свеклы производился в конце мая, через 30 дней была осуществлена первая обработка микроорганизмами, повторные обработки проводились в конце июля (60 дней с начала эксперимента) и в конце вегетационного сезона перед сбором урожая. Бактерии вносили в виде водного раствора культуральной жидкости (2 мл бактериальной суспензии на 100 мл воды), содержащей штамм *B. subtilis* 12-2 с титром 10⁴ КОЕ/мл, путем опрыскивания растений и почвы. Отбор проб почвы проводился через 7 дней после обработки почвы и растений. В качестве контроля использовалась почва под растениями свеклы без какой-либо обработки. При изучении структуры комплекса почвенных грибов исследовали количественный и качественный состав микромицетов с учетом встречаемости видов и коэффициента разнообразия Шеннона и коэффициента

сходства Жаккара [Мифтахова и др. (Miftakhova et al.), 2005; Билай, Курбацкая (Bilaj, Kurbackaja), 1990].

В результате оценки численности микромицетов под посевами сахарной свеклы было отмечено, что в обоих образцах количество почвенных микромицетов снижалось примерно в 6 раз при втором и третьем отборе проб. Этот факт может быть связан с тем, что в начале сезона почва была более насыщена влагой после весеннего таяния снега и дополнительного полива при посеве свеклы. Далее дополнительные поливы производились редко и влажность почвы была обусловлена природными факторами. Таким образом, одинаковое изменение численности микромицетов наблюдалось в контрольных и обработанных образцах почвы, что не влечет дополнительной погрешности при оценке влияния внесения штамма бацилл на количественные показатели микоценоза почвы. Обработка растений сахарной свеклы и почвы разведенной культуральной жидкостью штамма *B. subtilis* 12-2 привела к снижению численности микромицетов. После первой и третьей обработки количество микромицетов уменьшилось в 2,4 раза по сравнению с соответствующим контрольным образцом, максимальное снижение численности (в 3,2 раза) отмечалось после второй обработки (рис.1).

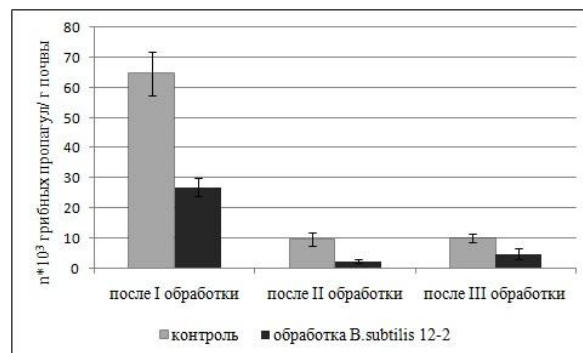


Рис.1. Изменение численности микромицетов в ризосфере сахарной свеклы после обработки суспензией штамма *Bacillus subtilis* 12-2

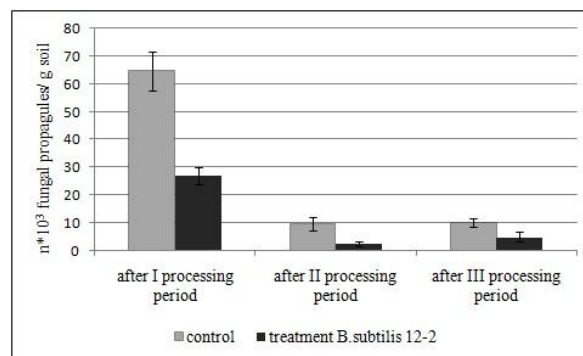


Fig.1. Changes in the number of micromycetes in the sugar beet rhizosphere after treatment with a suspension of the strain *Bacillus subtilis* 12-2

Таким образом, благодаря антагонистической активности данного штамма, описанной ранее [Lastochkina et al., 2012], можно ожидать снижение распространения заболеваний грибного происхождения в корневой системе сахарной свеклы.

Изучение видового состава микромицетов в ризосфере растений сахарной свеклы имеет большое значение для определения возможных возбудителей болезней растений и проявления фитотоксических свойств почвы. В нашем исследовании после первого внесения штамма-антагониста из образцов почвы удалось выделить 9 видов микромицетов (единично встречающиеся виды не учитывались при описании сообществ), из которых только *Mucor racemosus* Bull. был определен как фитопатоген, способный вызвать семенные инфекции. В этот же временной период в образцах почвы, отобранных из ризосферы необработанных растений, встречались такие фитопатогенные виды, как *Aspergillus niger* Tiegh. и *Penicillium funiculosum* Thom., что составило 22% от общего числа выделенных видов микромицетов. Таким образом, в микологическом сообществе уже после первой обработки растений и почвы суспензией изучаемого штамма отмечалось снижение доли фитопатогенов при одинаковом количестве выделенных видов.

Расчет индекса Шеннона, характеризующий разнообразие микологического сообщества разных вариантов опыта, не показал существенных отличий между изучаемыми образцами за весь период проведения исследования. Но, в целом, разнообразие микромицетов ризосферы снижалось в образцах, подвергнутых обработке почвы и растений, и показатель колебался в пределах от 2,7 до 3,6.

Повторная обработка растений и почвы суспензией штамма *B. subtilis* 12-2 существенно изменила состав микромицетов в ризосфере *B. vulgaris*. Сообщество микромицетов ризосферы необработанных растений оказались более разнообразными по сравнению с образцами, отобранными после внесения культуральной жидкости штамма *B. subtilis* 12-2. Из исследуемой почвы было выделено 18 видов микромицетов, относящихся к родам *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizoctonia*, из которых 50% представителей были представлены такими фитопатогенными видами, как *Asp. niger* Tiegh, *Asp. fumigatus* Fresen, *Asp. flavus* Raper & Fennell, *Fusarium oxysporum* Schltdl, *F. solani* Sacc, *Mucor racemosus* Bull, *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx, *P. glabrum* и *P. funiculosum* Thom.

Применение бактериальной культуры для обработки растений и почвы привело к снижению общего числа встречающихся видов микромицетов в 2 раза по сравнению с контролем, а фитопатогенных видов грибов – на 13%. В сообществе микромицетов,

несмотря на обработку микробной суспензией, появились такие фитопатогенные виды, как *A. alternata* Keissl, способная вызывать у растений сахарной свеклы альтернариозную листовую пятнистость, *Asp. flavus* Raper & Fennell, который также встречался в контрольных образцах, и *Penicillium roqueforti* Thom, являющийся возбудителем кагатной гнили. Такие виды как *F. solani* и *F. oxysporum*, которые являются возбудителями кагатной гнили сахарной свеклы, встречались в контрольных образцах, но отсутствовали в микоценозе почвы после внесения штамма-антагониста.

В конце эксперимента из ризосферы сахарной свеклы контрольных образцов было выделено 11 видов микромицетов, из них 7 относились к фитопатогенам (*Asp. niger*, *Asp. fumigatus*, *Asp. flavus*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *M. racemosus* и *P. glabrum*). Также отмечалось снижение общего числа выделенных видов на 40% относительно проб, отобранных через 60 дней с начала проведения опыта.

В конце вегетации растений внесение штамма *B. subtilis* 12-2 способствовало исключению фитопатогенных видов, встречающихся ранее. Из сообщества обработанной почвы также выпал вид *A. alternata*. Однако был обнаружен единственный фитопатогенный вид *Asp. niger*, который является космополитом и встречается практически во всех исследуемых почвах.

В связи с позиционированием изучаемого штамма как антагониста фитопатогенов [Lastochkina, 2012] было проведено дополнительное исследование по совместному культивированию *B. subtilis* 12-2 с грибами *A. alternata* и *Asp. niger*, выделенных из исследуемой почвы. Рост альтернарии уменьшился в 2 раза в присутствии бактерий, но на рост аспергилла штамм не оказал отрицательного влияния. Это объясняет наличие данного вида микромицета в сообществе ризосферы растений свеклы после внесения суспензии микроорганизма. Таким образом, проведенное исследование показало, что внесение штамма-антагониста фитопатогенных грибов приводило к уменьшению количества видов микромицетов в ризосфере сахарной свеклы, в том числе фитопатогенных.

Сходство микологических сообществ ризосферы сахарной свеклы, подвергнутых нескольким обработкам бактериальной культурой, оценивали по показателю коэффициента Жаккара. Наиболее близкими по видовому составу оказались сообщества почвенных образцов, отобранных под посевами необработанных растений, с отобранными через 60 дней с начала эксперимента и в конце перед сбором урожая (45%). В начале вегетационного периода наблюдалось полное несовпадение между составом микроскопических грибов в контрольных и обработанных почвенных образцах.

Однако к концу сезона сходство микобиот увеличилось до 31%. В целом, в результате расчета коэффициента Жаккара для комплексов микромицетов после внесении штамма бактерии-антагониста отмечались его минимальные значения (табл.1). Однако при анализе

изменения качественного состава, описанного ранее, было отмечено, что смена видового разнообразия микромицетов происходила с выпадением потенциально опасных видов.

Табл. 1.

Степень сходства микобиот ризосферы сахарной свеклы после обработки штаммом *Bacillus subtilis* 12-2 по коэффициенту Жаккара, %

	Контроль (К1)	К+ <i>B. subtilis</i> 12-2	Контроль (К2)	К+ <i>B. subtilis</i> 12-2	Контроль (К3)	К+ <i>B. subtilis</i> 12-2
	после 1-ой обработки		после 2-ой обработки		после 3-ей обработки	
Контроль (К1), отобранный в период 1-ой обработки	-	0	12,5	15,4	17,6	15,4
К+ <i>B. subtilis</i> 12-2 после 1-ой обработки	0	-	17,4	7,1	11,1	7,1
Контроль (К2), отобранный в период 2-ой обработки	12,5	17,4	-	9,1	45	9,1
К+ <i>B. subtilis</i> 12-2 после 2-ой обработки	15,4	7,1	9,1	-	9,1	9,1
Контроль (К3), отобранный в период 3-ей обработки	17,6	11,1	45	9,1	-	31
К+ <i>B. subtilis</i> 12-2 после 3-ей обработки	15,4	7,1	9,1	9,1	31	-

Table 1.

The degree of similarity of the mycobiota of the rhizosphere of sugar beet after treatment with strain *Bacillus subtilis* 12-2 according to the Jaccard coefficient, %

	Control (C1)	C+ <i>B. subtilis</i> 12-2	Control (K2)	C+ <i>B. subtilis</i> 12-2	Control (C3)	C+ <i>B. subtilis</i> 12-2
	the first processing period		the second processing period		the third processing period	
Control (C1) selected in the first processing period	-	0	12,5	15,4	17,6	15,4
C+ <i>B. subtilis</i> 12-2 selected in the first processing period	0	-	17,4	7,1	11,1	7,1
Control (C2) selected in the second processing period	12,5	17,4	-	9,1	45	9,1
C+ <i>B. subtilis</i> 12-2 selected in the second processing period	15,4	7,1	9,1	-	9,1	9,1
Control (C3), selected in the third processing period	17,6	11,1	45	9,1	-	31
C+ <i>B. subtilis</i> 12-2 selected in the third processing period	15,4	7,1	9,1	9,1	31	-

В исследованиях [Ильясова и др. (Il'jasova et al.), 2014; Пусенкова и др. (Pusenкова et al.), 2016] уже отмечались схожие изменения в сообществах почвенных микромицетов в ризосфере сахарной свеклы при изучении влияния уже известных микробных препаратов, как Фитоспорин-М и Витаплан. Данные препараты созданы на основе разных штаммов *B. subtilis*. В результате аналитического сравнения данных, описанных в этой работе и упомянутых выше исследованиях, можно заключить, что штамм *B. subtilis* 12-2 не уступает известным коммерческим препаратам.

Таким образом, можно сделать вывод, что обработка почвы и растений сахарной свеклы штаммом *Bacillus subtilis* 12-2 приводит к снижению численности микромицетов в ризосфере *B. vulgaris*, изменению микологического сообщества с выпадением фитопатогенных видов, что позволяет считать эффективным применение штамма *B. subtilis* 12-2 для профилактической обработки растений *B. vulgaris* от возможных грибковых заболеваний.

Литература

1. Билай В.И., Курбацкая З.А. Определитель токсинообразующих микромицетов. Киев: Наукова Думка, 1990. 236 с.
2. Боронин А.М. «Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas*, способствующие росту и развитию растений». Соросовский образовательный журнал. 1998. № 10. С. 25-31.
3. Гельцер Ф.Ю. Симбиоз с микроорганизмами – основа жизни растений. М.: МСХА, 1990. 134с.
4. Гилязетдинов Ш.Я., Нугуманов А.Х., Пусенкова Л.И. Эффективность антистрессовых препаратов и биофунгицидов в системе защиты сельскохозяйственных культур от неблагоприятных абиотических и биотических факторов. Уфа: Гилем, 2008. 372 с.
5. Ильясова Е.Ю., Рафикова З.И., Григориади А.С. «Изучение опосредованного влияния антифунгальных биопрепаратов на микробиологическую активность ризосферы *Beta vulgaris* в условиях загрязнения почвы фитопатогеном». Материалы научных докладов участников Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Киреевой Наили Ахняфовны «Биотехнология - от науки к практике». 2014. С. 123-126.
6. Киреева Н.А., Рафикова Г.Ф., Галимзянова Н.Ф., Логинов О.Н., Григориади А.С., Якупова А.Б. «Влияние биофунгицида Елена на комплексы микромицетов нефтезагрязненных почв различных типов при биоремедиации». Микология и фитопатология. 2010. № 1. С. 53-62.
7. Кругова Е.Д. «Специфические стратегии клубеньковых и фитопатогенных бактерий при инфицировании растений». Физиология и биохимия культурных растений. 2009. Т. 41. С. 3-15.
8. Курилова Д.А., Маслиенко Л.В. «Перспективный штамм *Pseudomonas chlororaphis* 14-3 для микробиологической защиты сои от фузариоза». Масличные культуры. Научно-техн. бюллетень ВНИИ масличных культур. 2016. Вып. 3(167). С. 70-77.
9. Ласточкина О.В., Ильясова Е.Ю., Широков А.В., Пусенкова Л.И. «Влияние бактерий *Bacillus subtilis* 10-4 и 12-2 на содержание пролина в проростках пшеницы в норме и при солевом стрессе». IV Международная научная Интернет-конференция: материалы конференции в 2 томах. Сервис виртуальных конференций Рак Grid. 2013. С. 163-166.
10. Мелентьев А.И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus Cohn* в агроэкосистемах. М.: Наука, 2005. 147 с.
11. Мифтахова А.М., Киреева Н.А., Бакаева М.Д. Экология почвенных микромицетов. Уфа: РИО БашГУ, 2005. 104 с.
12. Новикова И.И. Биологическое обоснование создания и применения полифункциональных биопрепаратов на основе микробов-антагонистов для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: Дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2005. 340 с.
13. Пусенкова Л.И., Ильясова Е.Ю., Ласточкина О.В., Максимов И.В., Леонова С.А. «Изменение видового состава микрофлоры ризосферы и филлосферы сахарной свеклы под влиянием биопрепаратов на основе эндофитных бактерий и их метаболитов». Почвоведение. 2016. № 10. С. 1205-1213. doi: 10.7868/S0032180X16100129
14. Рудаков В.О. «Биологический метод в системе защиты растений закрытого грунта». Тепличные технологии. 2006. № 3(8). С. 1-5.
15. Lastochkina O.V., Il'yasova E. Yu., Shirokov A.V., Pusenkova L.I. «Antifungal and growth stimulating activities of new *Bacillus subtilis* strains». Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. 2012. V. 1. P. 96-98.
16. Pérez-García A., Romero D., de Vicente A. «Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of *Bacillus* in agriculture». Curr. Opin. Biotechnol. 2011. V. 22. P. 187–193. doi: 10.1016/j.copbio.2010.12.003

References

1. Bilaj V.I., Kurbackaja Z.A. Opredelitel' toksinoobrazujujuih mikromicetov. Kiev: Naukova

- Dumka, 1990. 236 s. [The determinant of the toxine producing micromycetes]. (In Russian).
2. Boronin A.M. Rizosfernye bakterii roda *Pseudomonas*, sposobstvujushhie rostu i razvitiyu rastenij. *Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal*. 1998. № 10. S. 25-31. [Rhizospheric bacteria of the genus *Pseudomonas*, which promote the growth and development of plants]. (In Russian).
 3. Gel'cer F.Ju. Simbioz s mikroorganizmami – osnova zhizni rastenij. M.: MSHA, 1990. 134s. [Symbiosis with microorganisms is the basis of plant life]. (In Russian).
 4. Giljazetdinov Sh.Ja., Nugumanov A.H., Pusenkova L.I. Effektivnost' antistressovyh preparatov i biofungicidov v sisteme zashchity sel'skohozjajstvennyh kul'tur ot neblagoprijatnykh abioticheskikh i bioticheskikh faktorov. Ufa: Gilem, 2008. 372 s. [The effectiveness of anti-stress products and biofungicides in the system of protecting crops from adverse abiotic and biotic factors]. (In Russian).
 5. Il'jasova E.Ju., Rafikova Z.I., Grigoriadi A.S. Izuchenie oposredovannogo vlijaniya antifungal'nykh biopreparatov na mikrobiologicheskuyu aktivnost' rizosfery *Beta vulgaris* v uslovijakh zagriznenija pochvy fitopatogenom. Materialy nauchnykh dokladov uchastnikov Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashchennoj pamjati professora Kireevoj Naili Ahn'jafovny «Biotehnologija - ot nauki k praktike». 2014. S. 123-126. [Study of the mediated influence of antifungal bioproducts on the microbiological activity of the *Beta vulgaris* rhizosphere in soil contaminated with phytopathogenic]. (In Russian).
 6. Kireeva N.A., Rafikova G.F., Galimzjanova N.F., Loginov O.N., Grigoriadi A.S., Jakupova A.B. Vlijanie biofungicida Elena na komplekсы mikromicetov neftezagriznennykh pochv razlichnykh tipov pri bioremediacii. *Mikologija i fitopatologija*. 2010. № 1. S. 53-62. [Influence of the biofungicide Elena on the complexes of micromycetes of oil-contaminated soils of various types with bioremediation]. (In Russian).
 7. Krugova E.D. Specificheskie strategii klubenkovykh i fitopatogennykh bakterij pri inficirovanii rastenij. *Fiziologija i biokhimiya kul'turnykh rastenij*. 2009. № 1. T. 41. S. 3-15. [Specific strategies of nodule and phytopathogenic bacteria in plant infection]. (In Russian).
 8. Kurilova D.A., Maslienko L.V. Perspektivnyj shtamm *Pseudomonas chlororaphis* 14-3 dlja mikrobiologicheskogo zashchity soi ot fusarioza. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehn. bjulleten' VNII maslichnykh kul'tur*. 2016. Vol. 3(167). S. 70-77. [A promising strain of *Pseudomonas chlororaphis* 14-3 for microbiological protection of soybean from fusariosis]. (In Russian).
 9. Lastochkina O.V., Il'jasova E.Ju., Shirokov A.V., Pusenkova L.I. Vlijanie bakterij *Bacillus subtilis* 10-4 i 12-2 na sodержanie prolina v prorostkakh pshenicy v norme i pri solevom stresse. IV Mezhdunarodnaja nauchnaja Internet-konferencija: materialy konferencii v 2 tomakh. Servis virtual'nykh konferencij Pax Grid. 2013. S. 163-166. [Influence of bacteria *Bacillus subtilis* 10-4 and 12-2 on the content of proline in wheat germs in normal and salt stress]. (In Russian).
 10. Lastochkina O.V., Il'jasova E. Yu., Shirokov A.V., Pusenkova L.I. Antifungal and growth stimulating activities of new *Bacillus subtilis* strains. *Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach*. 2012. V. 1. P. 96-98.
 11. Melent'ev A.I. Ajerobnye sporoobrazujushhie bakterii *Bacillus* Cohn v agroekosistemakh. M.: Nauka, 2005. 147 s. [Aerobic spore-forming bacteria *Bacillus* Cohn in agroecosystems]. (In Russian).
 12. Miftakhova A.M., Kireeva N.A., Bakaeva M.D. Ekologija pochvennykh mikromicetov. Ufa: RIO BashGU, 2005. 104 s. [Ecology of soil micromycetes]. (In Russian).
 13. Novikova I.I. Biologicheskoe obosnovanie sozdanija i primeneniya polifunkcional'nykh biopreparatov na osnove mikrobov-antagonistov dlja fitosanitarnoj optimizacii agroekosistem: Dis. ... d-ra biol. nauk. SPb., 2005. 340 s. [Biological substantiation of the creation and application of polyfunctional bioproducts on the basis of microbes-antagonists for phytosanitary optimization of agroecosystems]. (In Russian).
 14. Pérez-García A., Romero D., de Vicente A. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of *Bacillus* in agriculture. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2011. V. 22. P. 187–193. doi: 10.1016/j.copbio.2010.12.003
 15. Pusenkova L.I., Il'jasova E.Ju., Lastochkina O.V., Maksimov I.V., Leonova S.A. Izmenenie vidovogo sostava mikroflory rizosfery i fillosfery saharnoj svekly pod vlijaniem biopreparatov na osnove endofitnykh bakterij i ikh metabolitov. *Eurasian Soil Science*. 2016. № 10. S. 1205-1213. [Changes in the species composition of the microflora of the rhizosphere and phyllosphere of sugar beet under the influence of biological preparations based on endophytic bacteria and their metabolites]. (In Russian). doi: 10.7868/S0032180X16100129
 16. Rudakov V.O. Biologicheskij metod v sisteme zashchity rastenij zakrytogo grunta. *Teplichnye tehnologii*. 2006. № 3(8). S. 1-5. [Biological method in plant protection system of closed ground]. (In Russian).