

Влияние культур *Bacillus Subtilis* на развитие болезней листового аппарата сахарной свеклы

Надежда В. Безлер ¹	bezler@list.ru	 0000-0001-9371-9564
Ольга А. Федорова ¹	fed-olga78@mail.ru	 0000-0001-7581-6141
Юлия Н. Санеева ¹	usaneeva69@gmail.com	 0000-0003-4137-1150
Валерий Д. Цомаея ¹	valera-comaya@ya.ru	 0000-0003-2714-3434

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова, ВНИИСС, 19, Рамонский район, 396030, Россия

Аннотация. Проблема использования в сельском хозяйстве химических средств защиты растений обостряется за счет их негативного действия на окружающую среду и получаемую продукцию. Интенсивное применение фунгицидов, гербицидов, инсектицидов против болезней, сорняков и вредителей в сельхозпроизводстве приводит к снижению плодородия почвы и качества продукции, сокращению агрономически ценных микроорганизмов. Повышается актуальность биологической защиты растений. Для восстановления гомеостаза микробного сообщества почвы, получения высокой и экологически безопасной продукции необходимо использовать биологические способы борьбы с заболеваниями сахарной свеклы. Для этого разрабатываются микробиологические биопрепараты на основе штаммов микробов-антагонистов фитопатогенов, один из них – *Bacillus subtilis*. Приведены результаты полевых исследований по влиянию внесения суспензии аборигенных штаммов *Bacillus Subtilis* на интенсивность развития и распространенность основных заболеваний листового аппарата сахарной свеклы. Согласно результатам исследований, суспензии штаммов *Bacillus subtilis* 20 и 17(8) проявляют себя эффективно в борьбе с такими заболеваниями как: альтернариоз, церкоспороз, фомоз, вирусная желтуха, мучнистая роса. Обработка листового аппарата микроорганизмами-антагонистами *Bacillus subtilis* 20 и *Bacillus subtilis* 17/8 способствовала увеличению урожайности корнеплодов сахарной свеклы на 5,2-10,7 т/га. Это связано с тем, что интродуценты успешно заселяли филлоплану развивающихся растений и почву, оптимизировали структуру микробного сообщества, способствовали снижению заболевания листового аппарата сахарной свеклы.

Ключевые слова: сахарная свекла, эффективные штаммы, *Bacillus subtilis*, альтернариоз, церкоспороз, фомоз, вирусная желтуха, мучнистая роса, урожайность.

Influence of *Bacillus Subtilis* cultures on the development of diseases of the leaf apparatus of shugar beet

Nadezhda V. Bezler ¹	bezler@list.ru	 0000-0001-9371-9564
Olga A. Fedorova ¹	fed-olga78@mail.ru	 0000-0001-7581-6141
Julia N. Saneeva ¹	usaneeva69@gmail.com	 0000-0003-4137-1150
Valeriy D. Tsomaia ¹	valera-comaya@ya.ru	 0000-0003-2714-3434

¹ All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A. L. Mazlumov, VNISS, 19, Ramonsky district, 396030, Russia

Abstract. The problem of using chemical plant protection products in agriculture is exacerbated by their negative impact on the environment and the resulting products. Intensive use of fungicides, herbicides, insecticides against diseases, weeds and pests in agricultural production leads to a decrease in soil fertility and product quality, a reduction in agronomically valuable microorganisms. The relevance of biological plant protection increases. To restore the homeostasis of the soil microbial community, to obtain high and environmentally safe products, it is necessary to use biological methods of combating sugar beet diseases. For this purpose, microbiological biopreparations are being developed based on strains of microbes that are antagonists of phytopathogens, one of them is *Bacillus subtilis*. The results of field studies on the effect of introducing a suspension of native strains of *Bacillus subtilis* on the intensity of development and prevalence of the main diseases of the leaf apparatus of sugar beet are presented. According to the research results, suspensions of *Bacillus subtilis* 20 and 17(8) strains are effective in combating diseases such as: alternaria, cercospora, phomosis, viral jaundice, powdery mildew. Treatment of the leaf apparatus with antagonist microorganisms *Bacillus subtilis* 20 and *Bacillus subtilis* 17/8 contributed to an increase in the yield of sugar beet root crops by 5.2-10.7 t/ha. This is due to the fact that the introducers successfully populated the phylloplane of developing plants and the soil, optimized the structure of the microbial community, and contributed to a decrease in the disease of the leaf apparatus of sugar beet.

Keywords: sugar beet, effective strains, *Bacillus subtilis*, alternaria, cercospora, phomosis, viral yellows, powdery mildew, yield.

Для цитирования

Безлер Н.В., Федорова О.А., Санеева Ю.Н., Цомаея В.Д. Влияние культур *Bacillus Subtilis* на развитие болезней листового аппарата сахарной свеклы // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 3. С. 83–88. doi:10.20914/2310-1202-2024-3-83-88

For citation

Bezler N.V., Fedorova O.A., Saneeva Ju.N., Tsomaia V.D. Influence of *Bacillus Subtilis* cultures on the development of diseases of the leaf apparatus of shugar beet. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 3. pp. 83–88. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-3-83-88

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В последние десятилетия проблема использования в сельском хозяйстве химических средств защиты растений обостряется за счет их негативного действия на окружающую среду и получаемую продукцию. Интенсивное применение фунгицидов, гербицидов, инсектицидов против болезней, сорняков и вредителей в сельхозпроизводстве приводит к снижению плодородия почвы и качества продукции, сокращению агрономически ценных микроорганизмов. Под влиянием химических средств загрязняется окружающая среда, что сопровождается нарушением круговорота азота, снижением супрессивности почвы, а выработка резистентности у фитопатогенов к пестицидам приводит к нежелательному увеличению норм расхода химикатов [1, 2]. Таким образом, повышается актуальность биологической защиты растений. Для восстановления гомеостаза микробного сообщества почвы, получения высокой и экологически безопасной продукции необходимо использовать биологические способы борьбы с заболеваниями сахарной свеклы. Для этого разрабатываются микробиологические биопрепараты на основе штаммов микробов-антагонистов фитопатогенов. Один из них – *Bacillus subtilis*, аборигенный штамм, который, адаптируясь к природным условиям места обитания, проявляет антагонистические свойства по отношению возбудителям заболеваний сахарной свеклы. К тому же, у многих видов рода *Bacillus* установлено продуцирование в почву физиологически активных веществ. Поэтому цель исследований – создать систему защиты сахарной свёклы от болезней листового аппарата на основе наиболее перспективных аборигенных штаммов *Bacillus subtilis* – антагонистов почвенных патогенов [3, 4].

Материалы и методы

Исследования проводили в полевых условиях на новом опытном поле ВНИИСС в посевах сахарной свеклы в зернопаропропашном севообороте с чередованием культур: пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень. Технология возделывания культуры – общепринятая для ЦЧР. Для посева использовали семена диплоидного гибрида РМС 127. В качестве объекта исследования были взяты штаммы бактерий-антагонистов *Bacillus subtilis* 20 и 17(8), выделенные из ризосферы сахарной свеклы и почвы. Культуры хранятся в коллекции эффективных микроорганизмов в лаборатории

агроэкологических методов исследований свекловичных агроценозов ВНИИСС. Микроорганизмы поддерживаются методом периодических пересевов на твердой питательной среде МПС. В полевом опыте посевы сахарной свеклы опрыскивали суспензией штаммов *Bacillus subtilis* 20 и 17(8) (использовалась водопроводная вода) с титром жизнеспособных бактериальных клеток 10^{10} КОЕ/мл. Расход рабочей жидкости – 200 л/га. В качестве контроля был взят вариант без обработки бактериальной суспензией, а в качестве стандарта – вариант с обработкой препаратом Алирин-Б. Учет основных болезней листового аппарата проводили в соответствии с «Основными методами фитопатологических исследований» под ред. Чумакова Е.А. (1974), а также «Рекомендациями по учету и выявлению вредителей и болезней...» (1984) [3, 5, 6].

Урожайность корнеплодов учитывали количественно-весовым методом путем подсчета и взвешивания корнеплодов с учетных делянок [7], сахаристость корнеплодов – определяли на автоматической поточной линии VENEMA, сбор сахара – расчетным методом [7].

Схема полевого опыта включала следующие варианты:

- 1) Контроль;
- 2) Эталон – обработка биопрепаратом «Алирин-Б» превентивно, $0,26 \times 10 \times 9$ *Bacillus subtilis* визр-10/м²
- 3) Обработка штаммом *Bacillus subtilis* 17(8) превентивно, 2×10^{10} кл/м²;
- 4) Обработка штаммом *Bacillus subtilis* 20 превентивно, 2×10^{10} кл/м²;

Повторность опыта – 4-х кратная. Площадь делянки 54 м². Расположение делянок систематическое.

Результаты и обсуждение

Нерациональное использование химических средств защиты привели к деградации почвенного покрова, в частности, увеличению фитотоксичности, что изменяет соотношение групп микроорганизмов в сторону увеличения патогенной микрофлоры. Болезни растений снижают урожай на 16% [8, 15]. Обработка растений по вегетации *Bacillus subtilis* снижает интенсивность развития или распространенность заболеваний сахарной свеклы, за счет антагонистических свойств штамма по отношению к возбудителям заболеваний свекловичной культуры. В результате работы на полевом опыте были определены основные заболевания сахарной свеклы (таблица 1).

Таблица 1.

Болезни листового аппарата сахарной свеклы

Table 1.

Diseases of the leaf apparatus of sugar beet

Вариант Variant	Альтернариоз Alternaria		Церкоспороз Cercospora		Желтуха Jaundice		Фомоз Phoma	Мучнистая роса Powdery mildew	
	R(%)	P(%)	R(%)	P(%)	R(%)	P(%)	P%	R(%)	P(%)
Контроль Control	0,53	10,33	0,33	6,30	5,47	20,77	14,3	0,60	5,00
Алирин-Б Alirin-b	0,53	10,00	0,13	3,10	3,57	13,23	8,95	0,53	4,00
<i>Bacillus subtilis</i> 20	0,40	8,33	0,27	5,27	4,47	16,03	12,01	0,57	4,00
<i>Bacillus subtilis</i> 17(8)	0,37	8,33	0,30	4,43	2,67	10,17	12,33	0,37	2,67

R – интенсивность развития болезни, P – распространенность болезни

R is the intensity of the disease, P is the prevalence of the disease

Возбудитель церкоспороза – гриб *Cercospora beticola* Sacc. Болезнь приводит к увеличению содержания восстанавливающих сахаров, использование сахара в общем метаболизме сокращается. При церкоспорозе усиливается транспирация, что приводит к снижению веса корнеплода [8].

В условиях вегетационного периода 2023 года церкоспороз не получил значительного распространения. Так в контрольном варианте интенсивность развития болезни составила 0,33%, а распространенность – 6,3%. Использование препарата «Алирин-Б» способствовало сдерживанию интенсивности развития до 0,13%, а распространенности – до 3,10%. По результатам исследования препарат действительно способствует сдерживанию распространения и развития церкоспороза.

При обработке посевов *Bacillus subtilis* 20 и *Bacillus subtilis* 17(8) интенсивность развития церкоспороза составляла 0,27 и 0,30%, а распространенность – 5,27 и 4,43% соответственно. Обработка штаммами *Bacillus subtilis* 20 и 17(8) несколько улучшает состояние растений и защищает от болезни.

Фомоз (зональная пятнистость). Возбудителем болезни является гриб *Phoma betae* Frank. Вредоносность болезни велика, так как она приводит к снижению сахаристости, уменьшению урожая семян и их всхожести [8].

Обработка биологическим препаратом «Алирин-Б» имеет достаточно высокий уровень защиты растения от болезни: распространенность фомоза составила 8,95% (в контроле – 14,2). Однако, стоит отметить, что обработка суспензией *Bacillus subtilis* 20 и 17(8) так же имеет положительный результат и можно сделать вывод, что обработка превентивно в дозе 2×10^{10} кл/м² имеет тенденцию к защите растений сахарной свеклы от болезни.

Альтернариоз. Болезнь начинается с повреждения краев листьев, распространяясь к середине листа, и имеет вид бурых пятен. Возбудителем заболевания является *Alternaria alternata*. Поражение альтернариозом отмечается во время вегетации, интенсивность развития

нарастает к концу вегетации при продолжительной дождливой погоде [8].

Наиболее сильная распространенность заболевания отмечена в контроле и при обработке «Алирин-Б» до 10,33%, а интенсивность развития – до 0,53%.

Использование при обработке посевов *Bacillus subtilis* 20 и *Bacillus subtilis* 17(8) снижает распространенность до 8,33%, а интенсивность развития до 0,40% и 0,37% соответственно.

Мучнистая роса (эризифоз). Признаки болезни проявляются в виде мучнистого налета, который покрывает обе стороны листовой поверхности. Возбудителем болезни является гриб *Erysiphe communis* Grev f. sp. *Betae* Jacz. Болезнь приводит к раннему отмиранию листьев, уменьшению урожая корнеплодов в среднем на 11%, сахаристости – на 0,5–1,5%, показатель лежкости корнеплодов при хранении снижается [8].

Обработка посевов «Алирин-Б» и *Bacillus subtilis* 20 и 17(8) способствовала снижению распространения мучнистой росы до 4,00–2,67%, а интенсивность развития болезни до 0,53–0,37%, что подтверждает возможности штамма защищать растения от патогенов.

Вирусная желтуха. Желтуха сахарной свеклы вызывается двумя видами вирусов: *Beet yellow* и *Beet mild yellowing virus*, с преобладанием первого вида, проявляется в середине вегетации и представлена на более старых листьях в виде пожелтения, которое начинается с края листа и увеличивается к середине. Постепенно все листья желтеют. Заболевание способствует снижению урожая корнеплодов и их сахаристости, а также увеличению содержания мелассы, азотных веществ и зольных соединений [8].

По результатам исследований желтуха наиболее интенсивно развитое и распространенное заболевание на опыте, что связано с быстрым развитием болезни от очага заражения. Так, контрольный вариант имеет интенсивность развития 5,47%, распространенность 20,77%.

Обработка препаратом «Алирин-Б» снижает интенсивность развития желтухи до 3,53%, а распространенность – до 13,21%, что доказывает эффективность препарата. Обработка суспензией

Bacillus subtilis 20 снижает интенсивность и распространенность заболевания до 4,47 и 16,03 соответственно. При обработке суспензией *Bacillus subtilis* 17(8) интенсивность развития и распространенность имеет самые маленькие показатели: 2,67 и 10,17% соответственно, что позволяет говорить о том, что обработка защищает листовую аппарат сахарной свеклы.

Благодаря изменениям в ризосфере и фотосинтетическом аппарате культуры сахарной свеклы при внесении штаммов антагонистов-патогенов создана предпосылка для повышения ее продуктивности. Интегральным показателем продуктивности сахарной свеклы служит сбор сахара с гектара, который в большей степени связан с ее урожайностью (таблица 2).

Таблица 2.
Продуктивность сахарной свеклы
Table 2.
Productivity of the sugar beet

Вариант Variant	Урожайность Productivity		Сахаристость Sugar content		Сбор сахара Sugar harvest	
	т/га	±d	%	±d	т/га	±d
Контроль Control	17,2		18,42		3,17	
Алирин-Б Alirin-b	22,4	5,2	18,01	-0,41	4,03	0,86
<i>B.subtilis</i> 20	27,9	10,7	17,92	-0,50	4,99	1,82
<i>B.subtilis</i> 17 (8)	24,1	6,9	18,39	-0,03	4,43	1,26
НСР ₀₅		3,6		-		

Урожайность сахарной свеклы в контроле составила 17,2 т/га. Следует отметить, что по объективным причинам сахарную свеклу посеяли 29 мая. Удобрения не вносили. Обработка листового аппарата штаммами *Bacillus subtilis* 20, *Bacillus subtilis* 17/8, способствовала росту урожайности корнеплодов до 27,9 и 24,1 т/га (прибавка урожая – 10,7 и 6,9 т/га). Достоверного влияния на сахаристость корнеплодов выявлено не было: его содержание составило 17,92 и 18,29%. Несмотря на это, был отмечен рост сбора сахара с гектара на 1,82 и 1,26 т/га за счет увеличения урожайности корнеплодов.

Заключение

Согласно результатам исследований препарат «Алирин-Б» имеет высокую степень защиты от наиболее распространенных заболеваний сахарной свеклы, однако результаты доказывают, что суспензии *Bacillus subtilis* 20 и 17(8) действуют аналогично препарату «Алирин-Б», и даже в некоторых случаях проявляют себя более эффективно. Обработка листового аппарата сахарной свеклы микроорганизмами-антагонистами *Bacillus subtilis* 20 и *Bacillus subtilis* 17/8 способствовала росту урожайности корнеплодов. Это связано с тем, что интродуценты успешно заселяли филлоплану развивающихся растений и почву, оптимизировали структуру микробного сообщества, способствовали снижению заболевания листового аппарата сахарной свеклы.

Литература

- 1 Козлова Е.А. Биологизация систем защиты сельскохозяйственных культур от болезней // Вестник аграрной науки. 2022. № 1 (94). С. 28–33.
- 2 Тихонович И.А., Кожемяков А.П., Чеботарь В.К. и др. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). М.: Россельхозакадемия. 2005. 154 с.
- 3 Павлюшин И.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизационной агроэкосистем: теория и практика // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 59. № 3. С. 421–438.
- 4 Сумская М.А. Применение бактериальной суспензии *Bacillus subtilis* на семенных растениях сахарной свеклы // Сахарная свекла. 2018. № 3. С. 33–37.
- 5 Lastochkina O., Pusenkova L., Yuldashev R., Ilyasova E.Y. et al. Effect of *Bacillus subtilis* based microbials on physiological and biochemical parameters of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants infected with *Alternaria alternata* // Sel'skhozyaistvennaya Biologiya. 2018. V. 53. P. 958-968.
- 6 El-Fawy M.M., Abo-Elyousr K.A., Ahmed S.A., Korrat R.A. et al. Efficacy of N-alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride and *Bacillus subtilis* for control of *Cercospora* leaf spot disease of sugar beet: in vitro and in vivo studies // Gesunde Pflanzen. 2023. V. 75. №. 6. P. 2247-2256. doi: 10.1007/s10343-023-00921-5
- 7 Sehseh M.D., El-Kot G.A., El-Nogoumy B.A., Alorabi M. et al. Efficacy of *Bacillus subtilis*, *Moringa oleifera* seeds extract and potassium bicarbonate on *Cercospora* leaf spot on sugar beet // Saudi journal of biological sciences. 2022. V. 29. №. 4. P. 2219-2229.
- 8 Sarhan E.A.D. Induction of induced systemic resistance in fodder beet (*Beta vulgaris* L.) to *Cercospora* leaf spot caused by (*Cercospora beticola* Sacc.) // Egyptian Journal of Phytopathology. 2018. V. 46. №. 2. P. 39-59.
- 9 Емцев В.Т. Микробиология: учебник для вузов. М.: Дрофа, 2014. 445 с.
- 10 Ahmed M.F.A., Mikhail S.P.H., Shaheen S.I. Performance efficiency of some biocontrol agents on controlling *Cercospora* leaf spot disease of sugar beet plants under organic agriculture system // European Journal of Plant Pathology. 2023. V. 167. №. 2. P. 145-155. doi: 10.3390/растения 11233258
- 11 Hassan Hameed S.H. Potential Impacts of Eminent Fungicide, Certain Bacterial and Fungal Antagonists for Controlling *Cercospora* Leaf Spot Disease in Sugar Beet // Journal of Sustainable Agricultural Sciences. 2023. V. 49. №. 1. P. 1-12.
- 12 Esh A., Taghian S. Etiology, epidemiology, and management of sugar beet diseases // Sugar beet cultivation, management and processing. Singapore, Springer Nature Singapore, 2022. P. 505-540. doi: 10.1007/978-981-19-2730-0_25
- 13 El-Nogoumy B.A., Salem M.A., El-Kot G.A., Hamden S. et al. Evaluation of the impacts of potassium bicarbonate, *Moringa oleifera* seed extract, and *Bacillus subtilis* on sugar beet powdery mildew // Plants. 2022. V. 11. №. 23. P. 3258.

- 14 Sauka D.H. et al. Characterization of an Argente isolate of *Bacillus thuringiensis* similar to the HD-1 strain // Neotropical Entomology. 2010. V. 39. № 5. P. 767–773.
- 15 Khan M.R., Siddiqui Z.A. Potential of *Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis*, and their mixture on the management of *Meloidogyne incognita*, *Pectobacterium betavasculorum*, and *Rhizoctonia solani* disease complex of beetroot (*Beta vulgaris* L.) // Egyptian Journal of Biological Pest Control. 2019. V. 29. P. 1-14. doi: 10.1186/s41938-019-0174-0
- 16 Miljković D., Marinković J., Balešević-Tubić S. The significance of *Bacillus* spp. in disease suppression and growth promotion of field and vegetable crops // Microorganisms. 2020. V. 8. № 7. P. 1037. doi: 10.3390/microorganisms8071037
- 17 El Housni Z., Ezrari S., Radouane N., Tahiri A. et al. Evaluating Rhizobacterial Antagonists for Controlling *Cercospora beticola* and Promoting Growth in *Beta vulgaris* // Microorganisms. 2024. V. 12. № 4. P. 668. doi: 10.3390/microorganisms12040668
- 18 Руденко Т.С., Хуссейн А.С., Безлер Н.В., Налбандян А.А. Идентификация и применение аборигенных изолятов *Bacillus subtilis* в агроценозе сахарной свёклы // Сахар. 2021. № 6. С. 52-56.
- 19 Ласточкина О.В., Пусенкова Л.И., Юлдашев Р.А., Ильясова Е.Ю. Физиолого-биохимические ответы растений сахарной свёклы (*Beta vulgaris* L.), зараженных грибом *Alternaria alternata*, на применение микробных препаратов на основе *Bacillus subtilis* // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 5. С. 958-968.
- 20 Смирнов М.А., Селиванова Г.А. Влияние фунгицидов на возбудителей кагатной гнили маточных корнеплодов сахарной свёклы // Сахар. 2019. № 6. С. 39-41.

References

- 1 Kozlova E.A. Biologization of crop protection systems against diseases. Bulletin of agricultural science. 2022. no. 1 (94). pp. 28–33. (in Russian).
- 2 Tikhonovich I.A., Kozhemyakov A.P., Chebotar V.K. et al. Biological products in agriculture (Methodology and practice of using microorganisms in crop production and forage production). Moscow, Russian Agricultural Academy. 2005. 154 p. (in Russian).
- 3 Pavlyushin I.A., Novikova I.I., Boykova I.V. Microbiological plant protection in technologies of phytosanitary optimization of agroecosystems: theory and practice. Agricultural biology. 2020. vol. 59. no. 3. pp. 421–438. (in Russian).
- 4 Sumskaya M.A. Application of bacterial suspension *Bacillus subtilis* on seed plants of sugar beet. Sugar beet. 2018. no. 3. pp. 33–37. (in Russian).
- 5 Lastochkina O., Pusenkov L., Yuldashev R., Ilyasova E.Y. et al. Effect of *Bacillus subtilis* based microbials on physiological and biochemical parameters of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants infected with *Alternaria alternata*. Sel'skokhozyaystvennaya Biologiya. 2018. vol. 53. pp. 958-968.
- 6 El-Fawy M.M., Abo-Elyousr K.A., Ahmed S.A., Korrat R.A. et al. Efficacy of N-alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride and *Bacillus subtilis* for control of *Cercospora* leaf spot disease of sugar beet: in vitro and in vivo studies. Gesunde Pflanzen. 2023. vol. 75. no. 6. pp. 2247-2256. doi: 10.1007/s10343-023-00921-5
- 7 Sehsah M.D., El-Kot G.A., El-Nogoumy B.A., Alorabi M. et al. Efficacy of *Bacillus subtilis*, *Moringa oleifera* seeds extract and potassium bicarbonate on *Cercospora* leaf spot on sugar beet. Saudi journal of biological sciences. 2022. vol. 29. no. 4. pp. 2219-2229.
- 8 Sarhan E.A.D. Induction of induced systemic resistance in fodder beet (*Beta vulgaris* L.) to *Cercospora* leaf spot caused by (*Cercospora beticola* Sacc.). Egyptian Journal of Phytopathology. 2018. vol. 46. no. 2. pp. 39-59.
- 9 Emtsev V.T. Microbiology: textbook for universities. Moscow, Drofa, 2014. 445 p. (in Russian).
- 10 Ahmed M.F.A., Mikhail S.P.H., Shaheen S.I. Performance efficiency of some biocontrol agents on controlling *Cercospora* leaf spot disease of sugar beet plants under organic agriculture system. European Journal of Plant Pathology. 2023. vol. 167. no. 2. pp. 145-155.
- 11 Hassan Hameed S.H. Potential Impacts of Eminent Fungicide, Certain Bacterial and Fungal Antagonists for Controlling *Cercospora* Leaf Spot Disease in Sugar Beet. Journal of Sustainable Agricultural Sciences. 2023. vol. 49. no. 1. pp. 1-12.
- 12 Esh A., Taghian S. Etiology, epidemiology, and management of sugar beet diseases. Sugar beet cultivation, management and processing. Singapore, Springer Nature Singapore, 2022. pp. 505-540. doi: 10.1007/978-981-19-2730-0_25
- 13 El-Nogoumy B.A., Salem M.A., El-Kot G.A., Hamden S. et al. Evaluation of the impacts of potassium bicarbonate, *Moringa oleifera* seed extract, and *Bacillus subtilis* on sugar beet powdery mildew. Plants. 2022. vol. 11. no. 23. pp. 3258.
- 14 Sauka D.H. et al. Characterization of an Argente isolate of *Bacillus thuringiensis* similar to the HD 1 strain. Neotropical Entomology. 2010. vol. 39. no. 5. pp. 767–773.
- 15 Khan M.R., Siddiqui Z.A. Potential of *Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis*, and their mixture on the management of *Meloidogyne incognita*, *Pectobacterium betavasculorum*, and *Rhizoctonia solani* disease complex of beetroot (*Beta vulgaris* L.). Egyptian Journal of Biological Pest Control. 2019. vol. 29. pp. 1-14. doi: 10.1186/s41938-019-0174-0
- 16 Miljković D., Marinković J., Balešević-Tubić S. The significance of *Bacillus* spp. in disease suppression and growth promotion of field and vegetable crops. Microorganisms. 2020. vol. 8. no. 7. pp. 1037. doi: 10.3390/microorganisms8071037
- 17 El Housni Z., Ezrari S., Radouane N., Tahiri A. et al. Evaluating Rhizobacterial Antagonists for Controlling *Cercospora beticola* and Promoting Growth in *Beta vulgaris*. Microorganisms. 2024. vol. 12. no. 4. pp. 668. doi: 10.3390/microorganisms12040668
- 18 Rudenko T.S., Khussein A.S., Bezler N.V., Nalbandyan A.A. Identification and use of native isolates of *Bacillus subtilis* in the agroecosis of sugar beet. Sakhar. 2021. no. 6. pp. 52-56. (in Russian).
- 19 Lastochkina O.V., Pusenkova L.I., Yuldashev R.A., Ilyasova E.Yu. Physiological and biochemical responses of sugar beet plants (*Beta vulgaris* L.) infected with the fungus *Alternaria alternata* to the use of microbial preparations based on *Bacillus subtilis*. Agricultural Biology. 2018. vol. 53. no. 5. pp. 958-968. (in Russian).
- 20 Smirnov M.A., Selivanova G.A. The effect of fungicides on pathogens causing clamp rot of sugar beet mother roots. Sakhar. 2019. no. 6. pp. 39-41. (in Russian).

Сведения об авторах

Надежда В. Безлер д.х.н, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова, ВНИИСС, 19, Рамонский район, 396030, Россия, bezler@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9371-9564>

Ольга А. Федорова к.б.н., старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова, ВНИИСС, 19, Рамонский район, 396030, Россия, fed-olga78@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7581-6141>

Юлия Н. Санеева магистр, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова, ВНИИСС, 19, Рамонский район, 396030, Россия, usaneeva69@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4137-1150>

Валерий Д. Цомая магистр, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова, ВНИИСС, 19, Рамонский район, 396030, Россия, valera-comaya@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2714-3434>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Nadezhda V. Bezler Dr. Sci. (Chem.), leading researcher, All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A. L. Mazlumov, VNISS, 19, Ramonsky district, 396030, Russia, bezler@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9371-9564>

Olga A. Fedorova Cand. Sci. (Biol.), senior researcher, All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A. L. Mazlumov, VNISS, 19, Ramonsky district, 396030, Russia, fed-olga78@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7581-6141>

Julia N. Saneeva master student, junior researcher, All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov, VNISS, 19, Ramonsky district, 396030, Russia, usaneeva69@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4137-1150>

Valeriy D. Tsomaia master student, junior researcher, All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov, VNISS, 19, Ramonsky district, 396030, Russia, valera-comaya@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2714-3434>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 10/07/2024	После редакции 29/07/2024	Принята в печать 14/08/2024
Received 10/07/2024	Accepted in revised 29/07/2024	Accepted 14/08/2024