

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 | |
| Валерий Д. Цомаея ¹ | valera-comaya@ya.ru | |

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

Аннотация. В статье представлены результаты полевых исследований, направленных на изучение влияния суспензий аборигенных штаммов *Bacillus subtilis* на распространение и интенсивность развития основных заболеваний листового аппарата сахарной свеклы. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки экологически безопасных методов защиты растений, снижения использования химических фунгицидов и повышения устойчивости культур к фитопатогенам. Авторы провели полевые испытания с применением штаммов *Bacillus subtilis* 20 и 17(8), которые продемонстрировали высокую эффективность в борьбе с основными заболеваниями сахарной свеклы: альтернариозом, церкоспорозом, фомозом, вирусной желтухой и мучнистой росой. Обработка растений суспензией *Bacillus subtilis* позволила снизить интенсивность развития и распространенность этих заболеваний по сравнению с контрольными образцами и стандартным биопрепаратом «Алирин-Б». Кроме того, результаты исследований подтвердили положительное влияние обработки *Bacillus subtilis* на продуктивность сахарной свеклы. Урожайность корнеплодов в обработанных вариантах увеличилась на 5,2–10,7 т/га по сравнению с контролем, что связано с улучшением фитосанитарного состояния посевов. Несмотря на то что содержание сахара в корнеплодах изменилось незначительно, общий сбор сахара с гектара увеличился на 1,26–1,82 т/га благодаря росту урожайности. Таким образом, проведенные исследования подтверждают эффективность штаммов *Bacillus subtilis* 20 и 17(8) в биологической защите сахарной свеклы. Их применение способствует снижению поражаемости растений, повышению урожайности и улучшению экологической безопасности агротехнологий. Использование антагонистических микроорганизмов может стать важным элементом интегрированных систем защиты растений, позволяя сократить применение химических фунгицидов и повысить устойчивость сельскохозяйственных культур к фитопатогенам.

Ключевые слова: сахарная свёкла, эффективные штаммы *Bacillus subtilis*, заболевания листового аппарата, урожайность сахарной свеклы, биологическая защита.

Influence of *Bacillus Subtilis* cultures on the development of diseases of the leaf apparatus of sugar 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 | |
| Valeriy D. Tsomaia ¹ | valera-comaya@ya.ru | |

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

Abstract. The article presents the results of field studies aimed at studying the effect of suspensions of native *Bacillus subtilis* strains on the spread and intensity of development of the main diseases of the sugar beet leaf apparatus. The relevance of the study is due to the need to develop environmentally friendly plant protection methods, reduce the use of chemical fungicides and increase crop resistance to phytopathogens. The authors conducted field trials using *Bacillus subtilis* strains 20 and 17(8), which demonstrated high effectiveness in combating the main diseases of sugar beet: alternariasis, cercosporosis, fomosis, viral jaundice and powdery mildew. Treatment of plants with a suspension of *Bacillus subtilis* allowed to reduce the intensity of development and prevalence of these diseases compared with control samples and the standard biological preparation Alirin-B. In addition, the research results confirmed the positive effect of *Bacillus subtilis* treatment on sugar beet productivity. The yield of root crops in the treated variants increased by 5.2–10.7 t/ha compared to the control, which is associated with an improvement in the phytosanitary condition of crops. Despite the fact that the sugar content in root crops has changed slightly, the total sugar harvest per hectare increased by 1.26–1.82 t/ha due to increased yields. Thus, the conducted studies confirm the effectiveness of *Bacillus subtilis* strains 20 and 17(8) in the biological protection of sugar beet. Their use helps to reduce plant damage, increase yields and improve the environmental safety of agricultural technologies. The use of antagonistic microorganisms can become an important element of integrated plant protection systems, reducing the use of chemical fungicides and increasing the resistance of crops to phytopathogens.

Keywords: sugar beet, effective strains of *Bacillus subtilis*, diseases of the leaf apparatus, sugar beet yield, biological protection.

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. № 4. С. 116–121. doi:10.20914/2310-1202-2024-4-116-121

For citation

Bezler N.V., Fedorova O.A., Saneeva Yu. Influence of *Bacillus Subtilis* cultures on the development of diseases of the leaf apparatus of sugar beet. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 4 pp. 116–121. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-4-116-121

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 посева 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, $0,26 \times 10^9$ *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 [6, 11].

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, 12-15]. 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).

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 [8-10].

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* Grevf. 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 [16-20].

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 |
| НСП 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. 17–22.
- 2 Chojnacka K. Innovative bio-products for agriculture // Open Chemistry. 2015. V. 13. №. 1. P. 932-937.
- 3 Павлюшин И.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации 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 Алехин В.Т. Рекомендации по учету и выявлению вредителей и болезней сельскохозяйственных растений // Воронеж: ВНИИЗР, 1984. 274 с.
- 6 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) // М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- 7 Методика исследований сахарной свеклы // ВНИС, Киев. 1988. 292 с.
- 8 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.
- 9 Kusstatscher, P., Zachow, C., Harms, K., Maier, J. et al. Microbiome-driven identification of microbial indicators for postharvest diseases of sugar beets. Microbiome. 2019. V. 7. P. 1-12.

- 10 Ильяшенко Н.Г., Шабурова Л.Н., Мойсяк М.Б., Дубова М.В. Микробиологические аспекты в свеклосахарном производстве. *Сахар*. 2022. №8. С. 37-42. doi: 10.24412/2413-5518-2022-8-37-42
- 11 Sinclair J. B., Dhingra O. D. *Basic plant pathology methods*. CRC press. 2017. 448 p.
- 12 Avdeenko A., Avdeenko S., Domatskiy V., Platonov A. (2020). *Bacillus subtilis* based products as an alternative to agrochemicals. *Research on Crops*. 2020. V. 21. № 1. P. 156-159. doi: 10.31830/2348-7542.2020.026
- 13 Hoffmann C. M., Koch H. J., Märlander B. *Sugar beet. Crop physiology case histories for major crops*. Academic Press. 2021. P. 634-672.
- 14 Lazarte J. N., Valacco M. P., Moreno S., Salerno G. L. et al. Molecular characterization of a *Bacillus thuringiensis* strain from Argentina, toxic against Lepidoptera and Coleoptera, based on its whole-genome and Cry protein analysis. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2021. V. 183. P. 107563.
- 15 Chagas F. O., de Cassia Pessotti R., Caraballo-Rodríguez A. M., Pupo M. T. Chemical signaling involved in plant-microbe interactions. *Chemical Society Reviews*. 2018. V. 47. № 5. P. 1652-1704.
- 16 Kusstatscher P., Cernava T., Harms K., Maier J. et al. Disease incidence in sugar beet fields is correlated with microbial diversity and distinct biological markers. *Phytobiomes Journal*. 2019. V. 3. № 1. P. 22-30.
- 17 Stevanato P., Chiodi C., Broccanello C., Concheri G. et al. Sustainability of the sugar beet crop. *Sugar Tech*. 2019. V. 21. P. 703-716.
- 18 Swędrzyńska D., Grześ S. Microbiological parameters of soil under sugar beet as a response to the long-term application of different tillage systems // *Polish Journal of Environmental Studies*. 2015. V. 24. №. 1. P. 285-294.
- 19 Ab Rahman S. F. S., Singh E., Pieterse C. M., Schenk, P. M. Emerging microbial biocontrol strategies for plant pathogens. *Plant Science*. 2018. V. 267. P. 102-111.
- 20 Berg G., Kusstatscher P., Stocker F., Abdelfattah A. et al. *Microbial bioprotectants for plant disease management*. Burleigh Dodds Science Publishing. 2021. 400 p.

References

- 1 Kozlova E.A. Biologization of systems for protecting crops from diseases // *Bulletin of Agrarian Science*. 2022. №1 (94). С. 17–22.
- 2 Chojnacka K. Innovative bio-products for agriculture // *Open Chemistry*. 2015. V. 13. №. 1. P. 932-937.
- 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 Sumsкая M.A. Application of a bacterial suspension of *Bacillus subtilis* on sugar beet seed plants // *Sugar beet*. 2018. pp. 3. pp. 33–37. (in Russian).
- 5 Alekhin V.T. Recommendations for recording and identifying pests and diseases of agricultural plants // *Voronezh: VNIIZR*, 1984. 274 p. (in Russian).
- 6 Dospheov B.A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)* // M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (in Russian).
- 7 *Research methods for sugar beets* // VNIS, Kyiv. 1988. 292 p. (in Russian).
- 8 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.
- 9 Kusstatscher, P., Zachow, C., Harms, K., Maier, J. et al. Microbiome-driven identification of microbial indicators for postharvest diseases of sugar beets. *Microbiome*, 2019. Vol. 7. pp. 1-12.
- 10 Ильяшенко Н.Г., Шабурова Л.Н., Мойсяк М.Б., Дубова М.В. et al. Microbiological aspects in light production. *Sugar*. 2022. no. 8. pp. 37-42. doi: 10.24412/2413-5518-2022-8-37-42 (in Russian).
- 11 Sinclair J. B., Dhingra O. D. *Basic plant pathology methods*. CRC press. 2017. 448 p.
- 12 Avdeenko, A., Avdeenko, S., Domatskiy, V., Platonov, A. *Bacillus subtilis* based products as an alternative to agrochemicals. *Research on Crops*. 2020. Vol. 21. no 1. pp. 156-159. doi: 10.31830/2348-7542.2020.026
- 13 Hoffmann C. M., Koch H. J., Märlander B. *Sugar beet //Crop physiology case histories for major crops*. Academic Press, 2021. pp. 634-672.
- 14 Lazarte, J. N., Valacco, M. P., Moreno, S., Salerno, G. L., & Berón, C. M. Molecular characterization of a *Bacillus thuringiensis* strain from Argentina, toxic against Lepidoptera and Coleoptera, based on its whole-genome and Cry protein analysis. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2021. Vol. 183. pp. 107563.
- 15 Chagas F. O., de Cassia Pessotti R., Caraballo-Rodríguez A. M., Pupo, M. T. Chemical signaling involved in plant-microbe interactions. *Chemical Society Reviews*, 2018. Vol. 47. no 5. pp. 1652-1704.
- 16 Kusstatscher P., Cernava T., Harms K., Maier J. et al. Disease incidence in sugar beet fields is correlated with microbial diversity and distinct biological markers. *Phytobiomes Journal*. 2019. Vol. 3. no 1. pp. 22-30.
- 17 Stevanato P., Chiodi C., Broccanello C., Concheri G. et al. Sustainability of the sugar beet crop. *Sugar Tech*. 2019. Vol. 21. pp. 703-716.
- 18 Swędrzyńska D., Grześ S. Microbiological parameters of soil under sugar beet as a response to the long-term application of different tillage systems. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2015. Vol. 24. no. 1. pp. 285-294.
- 19 Ab Rahman, S. F. S., Singh, E., Pieterse, C. M., Schenk, P. M. Emerging microbial biocontrol strategies for plant pathogens. *Plant Science*. 2018. Vol. 267. pp. 102-111.
- 20 Berg, G., Kusstatscher, P., Stocker, F., Abdelfattah. et al. *Microbial bioprotectants for plant disease management*. Burleigh Dodds Science Publishing. 2021. 400 p.

Сведения об авторах

Надежда В. Безлер д.х.н., ведущий научный сотрудник, ВНИИСС 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, ВНИИСС 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, ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова, ВНИИСС, 19, Рамонский район, 396030, Россия, usaneeva69@gmail.com

Валерий Д. Цома магистр, младший научный сотрудник, ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова, ВНИИСС, 19, Рамонский район, 396030, Россия, valera-comaya@ya.ru

Information about authors

Nadezhda V. Bezler Dr. Sci. (Agric.), leading researcher, VNISS 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, VNISS 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 Cand. Sci. (Econ.), engineer, junior researcher, VNISS named after A.L. Mazlumov, VNISS, 19, Ramonsky district, 396030, Russia, usaneeva69@gmail.com

Valeriy D. Tsomaia master, junior researcher, VNISS named after A.L. Mazlumov, VNISS, 19, Ramonsky district, 396030, Russia, valera-comaya@ya.ru

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.

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 25/10/2024 | После редакции 18/11/2024 | Принята в печать 29/11/2024 |
| Received 25/10/2024 | Accepted in revised 18/11/2024 | Accepted 29/11/2024 |