

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 579.64:631.53.027:633.1
DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_1_136

Оценка стимулирующего действия микробиологического препарата на основе штамма *Bacillus subtilis* на посевные качества зерновых культур

Валентина Алексеевна Задорожная^{1✉}, Надежда Владимировна Подлесных²,
Галина Григорьевна Соколенко³

^{1, 2, 3}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия
¹valyaz2015@mail.ru[✉]

Аннотация. Увеличение производства органической продукции требует новых подходов к элементам агротехнологий. Отказ от химических препаратов для защиты растений от болезней создает предпосылки для поиска новых приемов обеззараживания семян и растений сельскохозяйственных культур. Перспективным в данном направлении является использование микроорганизмов. Один из способов использования бактериальных препаратов – предпосевная инокуляция семян сельскохозяйственных культур. Технология предпосевной обработки семян зерновых культур позволяет не только улучшить посевные качества и структуру урожая, но и повысить урожайность. Проведены исследования по оценке влияния бактериального препарата, полученного на основе штамма *Bacillus subtilis*, на посевные качества семян зерновых культур (яровая пшеница, овес, соя). Лабораторные исследования показали стимулирующее действие изучаемого препарата на посевные качества зерновых культур, которое выразилось в увеличении энергии прорастания и лабораторной всхожести: овса – соответственно на 8,2 и 9,7%, яровой пшеницы – на 13,2 и 1,0, сои – на 4,7 и 8,3%. При этом увеличивались длина и масса проростков: овса – на 2,0 см и 2,6 г, яровой пшеницы – на 2,9 см и 0,3 г, сои – на 3,4 см и 11,0 г. При проращивании контрольных образцов семян овса, яровой пшеницы и сои было выявлено плесневение семян, поражение грибом *Mucor* и неправильное прорастание семян, в то время как семена, обработанные биопрепаратом на основе штамма *Bacillus subtilis*, были здоровыми, что свидетельствует о фунгицидном и стимулирующем свойстве изучаемого препарата. На основании полученных результатов можно сделать вывод о целесообразности применения препарата на основе штамма *Bacillus subtilis* в системе предпосевной подготовки семян зерновых культур с целью повышения их посевных качеств.

Ключевые слова: микробиологический препарат, штамм *Bacillus subtilis*, зерновые культуры, овес, яровая пшеница, соя, семена, посевные качества

Для цитирования: Задорожная В.А., Подлесных Н.В., Соколенко Г.Г. Оценка стимулирующего действия микробиологического биопрепарата на основе штамма *Bacillus subtilis* на посевные качества зерновых культур // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 1(72). С. 136–142. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_1_136-142.

PLANT PROTECTION (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Evaluation of stimulating effect of microbiological preparation based on *Bacillus subtilis* strain on sowing qualities of grain crops

Valentina A. Zadorozhnaya^{1✉}, Nadezhda V. Podlesnykh², Galina G. Sokolenko³

^{1, 2, 3}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia
¹valyaz2015@mail.ru[✉]

Abstract. Increasing the production of organic products requires new approaches to the elements of agricultural technologies. The rejection of chemical preparations for protecting plants from diseases creates the prerequisites for searching for new methods of disinfecting the seeds and plants of agricultural crops. The use of microorganisms is promising in this direction. One of the ways of using bacterial preparations is the presowing inoculation of crop seeds. Presowing treatment of seeds with microbiological preparations is one of the methods for increasing the productivity and environmental friendliness of agricultural production. The technology of presowing treatment of grain crop seeds allows not only improving the sowing qualities and yield structure, but also increasing the yield. The authors have performed a research in order to evaluate the effect of a bacterial preparation obtained on the basis of *Bacillus subtilis* strain on sowing qualities of seeds of grain crops (e.g. spring wheat, oat, and soybean). Laboratory studies have shown the stimulating effect of the studied preparation on sowing qualities of grain crops, which resulted in the increase in germination energy and laboratory germination by 8.2% and 9.7%, respectively, for oat, 13.2% and 1.0% for spring wheat, and 4.7% and 8.3% for soybean. Moreover, the length and weight of seedlings increased by 2.0 cm and 2.6 g for oat, by 2.9 cm and 0.3 g for spring wheat, and by 3.4 cm and 11.0 g for soybean. Germination of control samples of seeds of oat, spring

wheat and soybean showed moldy seeds affected by the *Mucor* fungus and improper seed germination, while the seeds treated with the biological preparation based on *Bacillus subtilis* strain were healthy, which indicates the fungicidal and stimulating properties of the studied preparation. Based on the obtained results, it can be concluded that it is expedient to use the preparation of *Bacillus subtilis* strain in the system of presowing treatment of seeds of grain crops in order to improve the sowing qualities of seeds.

Key words: microbiological preparation, *Bacillus subtilis*, sowing qualities, oat, spring wheat, soybean

For citation: Zadorozhnaya V.A., Podlesnykh N.V., Sokolenko G.G. Evaluation of stimulating effect of microbiological preparation based on *Bacillus subtilis* strain on sowing qualities of grain crops. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(1):136-142. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_1_136-142.

На современном этапе развития основной задачей отрасли растениеводства является производство качественной, экологически безопасной продукции с минимальными энергетическими и трудовыми затратами при максимальном выходе с единицы площади, что требует широкого внедрения интенсивных, энерго- и ресурсосберегающих экологически целесообразных технологий [7]. Одна из основных проблем растениеводства заключается в том, что посеянные семена не всегда наилучшим образом реализуют заложенный генетический потенциал продуктивности [1]. Для решения этой проблемы ведется поиск рациональных агроприемов в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе и способов предпосевной обработки семян. Предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур, включая зерновые, позволяет улучшить их посевные качества и, как следствие, повысить урожайность [11].

В настоящее время учеными разработаны способы предпосевной обработки семян с использованием различных микробиологических препаратов, вступающих во взаимодействие с развивающимися растениями и влияющих на физиологические процессы. При этом предпосевная обработка семян микробиологическими препаратами является одним из методов повышения не только продуктивности, но и экологичности сельскохозяйственного производства. В связи с этим исследования, направленные на изучение влияния микробиологических препаратов на посевные качества семян зерновых культур, являются актуальными.

Известно, что почвенная бактерия *Bacillus subtilis* способна вступать во взаимодействие с корневой системой растений, синтезировать биологически активные вещества, стимулирующие развитие проростка и его физиологические процессы, повышающие иммунитет растения и устойчивость к неблагоприятным факторам. К настоящему времени установлено, что микробиологические препараты, содержащие *Bacillus subtilis*, способны улучшать питательный режим растений, защищать от фитопатогенов, повышать урожайность, являясь существенной альтернативой агрессивным химическим удобрениям и пестицидам [1, 2, 4, 5, 8–16].

Целью проведенных исследований являлась оценка стимулирующего действия биопрепарата на основе почвенного микроорганизма *Bacillus subtilis* на посевные качества семян зерновых культур (яровой пшеницы, овса, сои).

Объекты исследования:

- микробиологический препарат, содержащий споры и метаболиты *Bacillus subtilis* (разработан в Центре биотехнологических исследований Воронежского государственного университета на основе штамма *Bacillus subtilis* путем микробной биоконверсии отходов картофелеперерабатывающего производства и содержит споры, вегетативные клетки и метаболиты *Bacillus subtilis*);

- семена овса посевного (сорт Яков), яровой пшеницы (сорт Дарья) и сои (сорт Воронежская 31).

Семенной материал получен на полях УНТЦ «Агротехнология» Воронежского государственного университета.

Посевные качества семян определяли лабораторным методом в соответствии с ГОСТ 12038-84 [3].

Исследуемые семена овса, пшеницы и сои замачивали в водном растворе биопрепарата с концентрацией спор 10^7 в 1 см^3 в течение 2 часов. В качестве контроля использовали семена, замоченные в воде.

Проращивание проводили рулонным методом [6].

Повторность опытов четырехкратная. Энергию прорастания определяли на 3-й день проращивания, лабораторную всхожесть – на 7-й, длину и массу проростков – на 10-й.

На первом этапе были определены исходные посевные качества семян овса, яровой пшеницы и сои (см. табл.).

Исходные посевные качества семян овса, яровой пшеницы и сои

Культура	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Длина проростка, см	Масса 100 проростков, г
Овес	71,8	80,0	11,0	11,2
Яровая пшеница	82,8	95,8	16,2	8,25
Соя	68,3	84,0	15,0	103,7

Как следует из данных таблицы, самое низкое значение энергии прорастания имели семена сои (68,3%), самое высокое – семена яровой пшеницы (82,8%). Что касается лабораторной всхожести, то сельскохозяйственные культуры расположились следующим образом по возрастанию значений этого показателя: овес – 80,0%, соя – 84,0, яровая пшеница – 95,8%.

Различные исходные посевные качества исследуемых культур определили различную ответную реакцию на бактеризацию микробиологическим препаратом на основе *Bacillus subtilis*.

Анализ результатов исследования показал, что обработка семян препаратом на основе *Bacillus subtilis* оказала положительное влияние на посевные качества всех исследованных культур (рис. 1, 2).

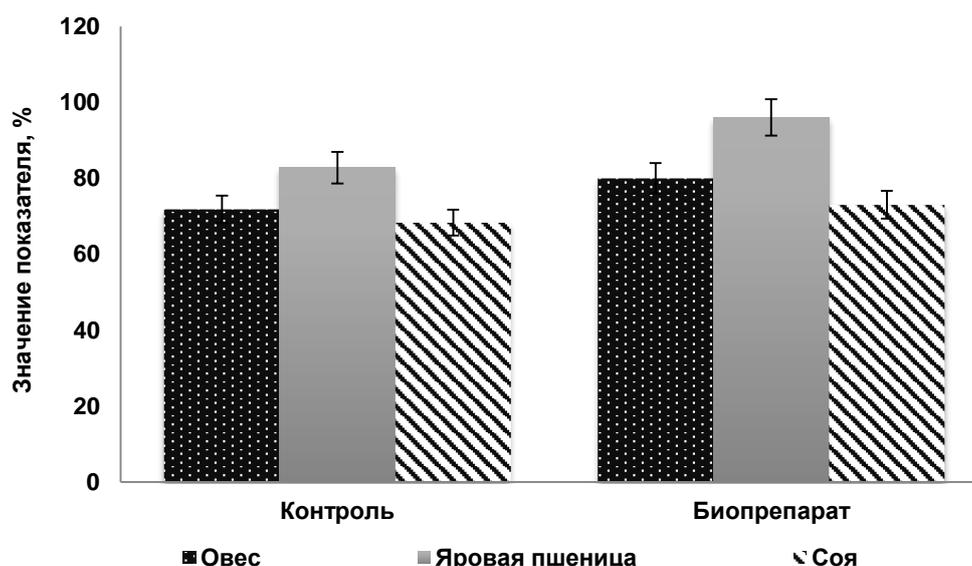


Рис. 1. Влияние предпосевной обработки биопрепаратом на основе *Bacillus subtilis* на энергию прорастания зерновых культур

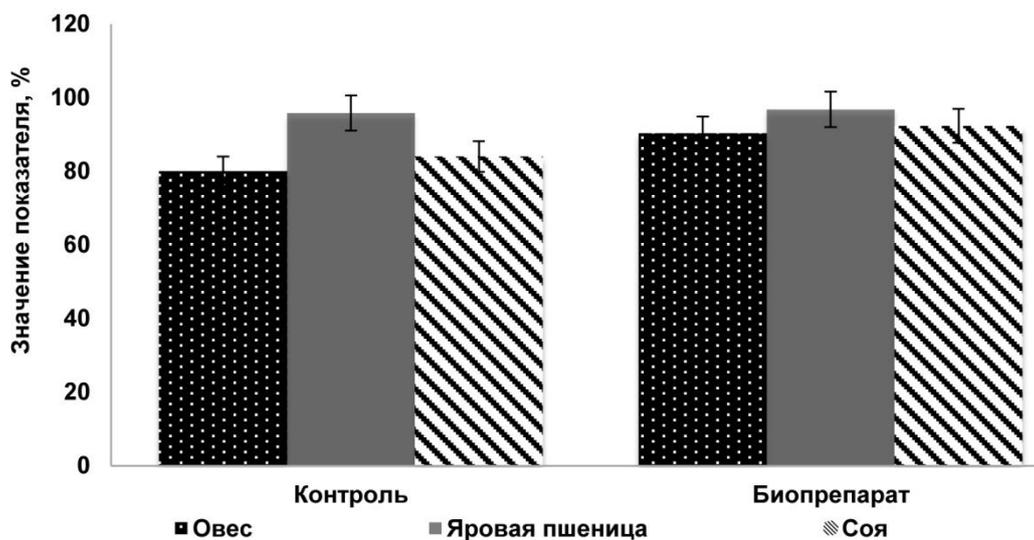


Рис. 2. Влияние предпосевной обработки биопрепаратом на основе *Bacillus subtilis* на лабораторную всхожесть зерновых культур

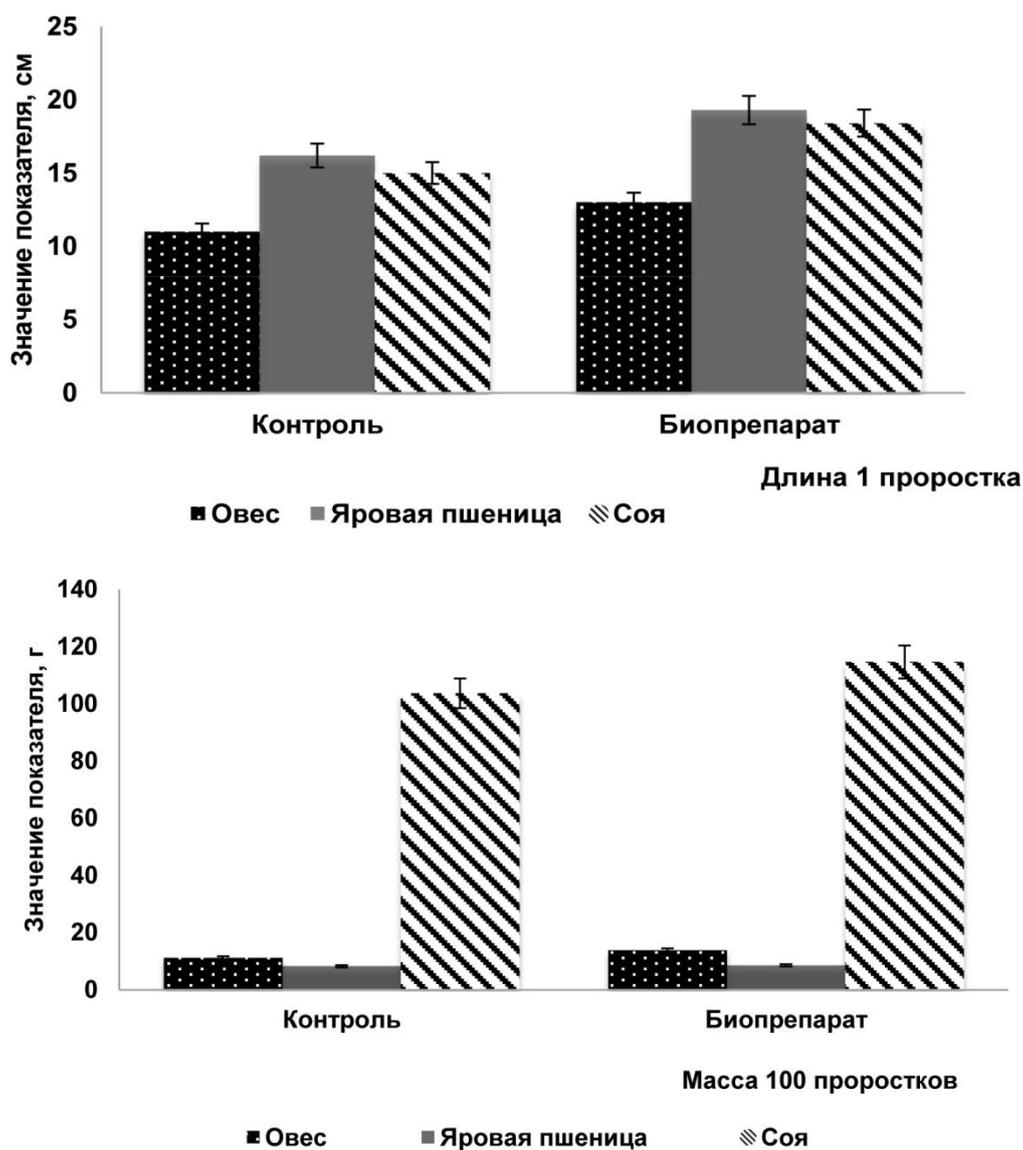


Рис. 3. Сила роста зерновых культур (длина 1 проростка, масса 100 проростков) в зависимости от предпосевной обработки биопрепаратом на основе *Bacillus subtilis*

Стимулирующий эффект изучаемого микробиологического препарата на основе штамма *Bacillus subtilis* на энергию прорастания был различным, просматривается зависимость от исходного значения данного показателя семян исследуемых культур: так, у пшеницы, имевшей наиболее высокое исходное значение энергии прорастания, выявлено повышение на 13,2%, у овса – на 8,2, а у сои, имевшей самое низкое исходное значение, – на 4,7%.

Использованный биопрепарат существенно ускорил начальные ростовые процессы семян яровой пшеницы, повысив энергию прорастания до 96,8%. Этот показатель весьма важен в растениеводстве, так как позволяет получить дружные всходы за короткий период и иметь выровненные по степени развития посеvy. При этом закономерно, что лабораторная всхожесть пшеницы увеличилась по сравнению с контролем лишь на 1%.

У семян овса и сои стимулирующий эффект биопрепарата на лабораторную всхожесть различался незначительно – соответственно на 9,7 и 8,3%.

При оценке влияния предпосевной обработки биопрепаратом на ростовые процессы проростка установлено выраженное стимулирующее действие на такие показатели, как длина проростка и масса 100 проростков (рис. 3).

После обработки семян биопрепаратом наибольшее увеличение длины 1 проростка отмечено у сои (22%) и наименьшее – у овса (18%).

Стимулирующий эффект биопрепарата на массу 100 проростков максимальным был у овса (23%), средним – у сои (10%), минимальным – у пшеницы (3%). Не выявлено корреляции массы 100 проростков с длиной проростков исследуемых культур. Эти показатели определяются их морфологическими особенностями.

При проращивании контрольных образцов семян овса, яровой пшеницы и сои было выявлено плесневение семян, поражение грибом *Mucor* и неправильное прорастание семян, в то время как семена, обработанные биопрепаратом, были здоровыми. Это позволяет говорить о фунгицидном и стимулирующем свойстве изучаемого препарата.

Качественный семенной материал позволяет без дополнительных энергетических затрат (удобрения, гербициды, пестициды) обеспечить надлежащий рост растений, снизить негативное влияние сорняков, болезней, вредителей и на этой основе повысить урожайность культуры и качество получаемой продукции, улучшить экологическое состояние поля.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод, что предпосевная обработка семян овса, яровой пшеницы и сои оказывает стимулирующее действие на их посевные качества: энергию прорастания, лабораторную всхожесть, развитие проростка (длину проростка и массу 100 проростков). Кроме того, применение этого биопрепарата открывает возможности использования семян с низкими посевными качествами в сельскохозяйственном производстве.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения биологического препарата на основе *Bacillus subtilis* в системе предпосевной подготовки семян зерновых культур.

Список источников

1. Алексеичук Г.Н. Сила роста семян зерновых культур и ее оценка методом ускоренного старения. Минск: Право и экономика, 2009. 44 с.
2. Бизюкова О.В. Обзор мирового рынка биопрепаратов // Защита и карантин растений. 2012. № 3. С. 17–20.
3. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Москва: Стандартинформ, 2011. 64 с.
4. Зубарева К.Ю., Прудникова Е.Г. Влияние биопрепаратов на начальные ростовые процессы семян сои // Вестник аграрной науки. 2020. № 5(86). С. 33–38.
5. Лихачев Б.С., Захарова Л.Г. Критерии оценки состояния зерновых культур при длительном хранении // Научно-технический Бюллетень ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова. 1985. № 152. С. 26–30.
6. Лихачев Б.С. Морфофизиологическая оценка проростков и сила роста семян // Селекция и семеноводство. 1977. № 3. С. 67–68.
7. Рудой Е.В. Прогнозирование научно-технологического развития отрасли растениеводства // Участие аграрных вузов в научно-техническом обеспечении развития сельского хозяйства: материалы Всероссийского семинара совещания проректоров по научной работе вузов Минсельхоза России. Курск: Курская ГСХА, 2018. С. 48–55.
8. Соколенко Г.Г., Задорожная В.А., Подлесных Н.В. Изучение влияния микробиологического препарата на основе *Bacillus subtilis* на посевные качества семян пшеницы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13, № 1(64). С. 85–89. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.1.85.
9. Строна И.Г. Методика изучения силы роста семян полевых культур. Москва: Колос, 1964. 24 с.
10. Ульяненко Л.Н., Филипас А.С., Лой Н.Н. и др. Эффективность предпосевной обработки семян яровой пшеницы микробиологическим препаратом Бисолбисан в условиях загрязнения почвы кадмием // Агрехимия. 2009. № 3. С. 76–83.
11. Федотов В.А., Подлесных Н.В., Купряжкин Е.А. и др. Влияние предпосевной обработки семян на урожайность и качество зерна твердой озимой пшеницы // Аграрная наука. 2016. № 5. С. 13–14.
12. Фирсова М.К. Семенной контроль. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос, 1969. 295 с.
13. Beers E.P., McDowell J.M. Regulation and execution of programmed cell death in response to pathogens, stress and development cues // Current Opinion in Plant Biology. 2001. Vol. 4(6). Pp. 561–567. DOI: 10.1016/s1369-5266(00)00216-8.
14. Hampton J.G. What is Seed Quality? // Seed Science and Technology. 2002. Vol. 30(1). Pp. 1–10. DOI:10.1201/b10312-2.
15. Meriaux B., Wagner M.H., Ducoumau S., Ladonne F., Fougereux J.A. Using sodium chloride saturated solution to standardize accelerated aging test for wheat seeds // Seed Science and Technology. 2007. Vol. 35(3). Pp. 722–732. DOI:10.15258/SST.2007.35.3.18.
16. Zhu C., Chen J. Changes in soluble sugar and antioxidant enzymes in peanut seeds during ultra dry storage and after accelerated aging // Seed Science and Technology. 2007. Vol. 35(2). Pp. 387–401. DOI: 10.15258/SST.2007.35.2.14.

References

1. Alekseichuk G.N. Sila rosta semyan zernovykh kul'tur i ee otsenka metodom uskorennoy stareniya [Seed vigor of cereal crops and its evaluation with accelerated aging method]. Minsk: Law and Economics Press; 2009. 44 p. (In Russ.).
2. Bizyukova O.V. Obzor mirovogo rynka biopreparatov [Overview of the world market of biological products]. *Zashchita i karantin rastenij = Protection and Quarantine of Plants*. 2012;3:17-20. (In Russ.).
3. GOST 12038-84. Semena sel'skokhozyajstvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti [Agricultural seeds. Methods for determination of germination]. Moscow: Standartinform Press; 2011. 64 p. (In Russ.).
4. Zubareva K.Yu., Prudnikova E.G. Vliyanie biopreparatov na nachal'nye rostovye protsessy semyan soi [The influence of biopreparations on the initial growth processes of soybean seeds]. *Vestnik agrarnoy nauki = Bulletin of Agrarian Science*. 2020;5(86):33-38. (In Russ.).
5. Likhachev B.S., Zakharova L.G. Kriterii otsenki sostoyaniya zernovykh kul'tur pri dlitel'nom khranении [Criteria for assessing the state of grain crops during long-term storage]. *Nauchno-tekhnicheskij Byulleten' VNIИ rastenievodstva im. N.I. Vavilova = Scientific and Technical Bulletin of N.I. Vavilov Institute of Plant Breeding*. 1985;152:26-30. (In Russ.).
6. Likhachev B.S. Morfofiziologicheskaya otsenka prorostkov i sila rosta semyan [Morphophysiological assessment of seedlings and the strength of seed growth]. *Selektsiya i semenovodstvo = Breeding and Seed Production*. 1977;3:67-68. (In Russ.).

7. Rudoj E.V. Prognozirovaniye nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya otrasli rastenievodstva [Forecasting the technological development of plant production]. Uchastie agrarnykh vuzov v nauchno-tekhnicheskom obespechenii razvitiya sel'skogo khozyajstva: materialy Vserossijskogo seminaru soveshchaniya prorektorov po nauchnoj rabote vuzov Minsel'khoza Rossi [Participation of agrarian universities in scientific and technical support of agricultural development: Proceedings of the All-Russian seminar of the meeting of vice-rectors for scientific work of universities of the Ministry of Agriculture of Russia]. Kursk: Kursk State Agricultural Academy Press; 2018:48-55. (In Russ.).

8. Sokolenko G.G., Zadorozhnaya V.A., Podlesnykh N.V. Izuchenie vliyaniya mikrobiologicheskogo preparata na osnove *Bacillus subtilis* na posevnye kachestva semyan pshenitsy [Studies of the influence of the microbiological preparation containing *Bacillus subtilis* cell culture on sowing qualities of wheat seeds]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020;13(1):85-89. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.1.85. (In Russ.).

9. Strona I.G. Metodika izucheniya sily rosta semyan polevykh kul'tur [Methodology for studying the growth force of field crop seeds]. Moscow: Kolos Press; 1964. 24 p. (In Russ.).

10. Ul'yanenko L.N., Filipas A.S., Loi N.N., et al. Effektivnost' predposevnoj obrabotki semyan yarovoj pshenitsy mikrobiologicheskim preparatom Bisolbisan v usloviyakh zagryazneniya pochvy kadmiem [Effect of the preplant treatment of wheat seeds with the microbiological preparation Bisolbisan under conditions of soil contamination with cadmium]. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*. 2009;3:76-83. (In Russ.).

11. Fedotov V.A., Podlesnykh N.V., Kupryazhkin E.A., et al. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan na urozhajnost' i kachestvo zerna tverdoj ozimoy pshenitsy [The influence of pre-sowing seed treatment on the yield and grain quality of hard winter wheat]. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*. 2016;5:13-14. (In Russ.).

12. Firsova M.K. Semenoj kontrol'. 3-e izd., pererab. i dop. [Seed control. 3rd ed., revised and enlarged]. Moscow: Kolos Press; 1969. 295 p. (In Russ.).

13. Beers E.P., McDowell J.M. Regulation and execution of programmed cell death in response to pathogens, stress and development cues. *Current Opinion in Plant Biology*. 2001;4(6):561-567. DOI: 10.1016/s1369-5266(00)00216-8.

14. Hampton J.G. What is Seed Quality? *Seed Science and Technology*. 2002;30(1):1-10. DOI:10.1201/b10312-2.

15. Meriaux B., Wagner M.H., Ducoumau S., Ladonne F., Fougereux J.A. Using sodium chloride saturated solution to standardize accelerated aging test for wheat seeds. *Seed Science and Technology*. 2007;35(3):722-732. DOI:10.15258/SST.2007.35.3.18.

16. Zhu C., Chen J. Changes in soluble sugar and antioxidant enzymes in peanut seeds during ultra dry storage and after accelerated aging. *Seed Science and Technology*. 2007;35(2):387-401. DOI: 10.15258/SST.2007.35.2.14.

Информация об авторах

В.А. Задорожная – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», valyaz2015@mail.ru.

Н.В. Подлесных – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», env.05@mail.ru.

Г.Г. Соколенко – доктор технических наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», galigri@mail.ru.

Information about the authors

V.A. Zadorozhnaya, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agriculture, Crop Production and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, valyaz2015@mail.ru.

N.V. Podlesnykh, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agriculture, Crop Production and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, env.05@mail.ru.

G.G. Sokolenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, galigri@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 11.12.2021; одобрена после рецензирования 28.01.2022; принята к публикации 09.02.2022.

The article was submitted 11.12.2021; approved after revision 28.01.2022; accepted for publication 09.03.2022.

© Задорожная В.А., Подлесных Н.В., Соколенко Г.Г., 2022